

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIK *RANDOM ROTATION PERTURBATION*
DAN *RANDOM PROJECTION PERTURBATION* DALAM
MENGACAK DATA UNTUK PENAMBANGAN DATA**



Chris Eldon

NPM: 2016730073

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2020**

UNDERGRADUATE THESIS

**ANALYSIS OF RANDOM ROTATION PERTURBATION AND
RANDOM PROJECTION PERTURBATION TECHNIQUES IN
RANDOMIZING DATA FOR DATA MINING**



Chris Eldon

NPM: 2016730073

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIK *RANDOM ROTATION PERTURBATION* DAN *RANDOM PROJECTION PERTURBATION* DALAM MENGACAK DATA UNTUK PENAMBANGAN DATA

Chris Eldon

NPM: 2016730073

Bandung, 12 Juni 2020

Menyetujui,

Pembimbing

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Rosa De Lima, M.Kom.

Luciana Abednego, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS TEKNIK *RANDOM ROTATION PERTURBATION DAN RANDOM PROJECTION PERTURBATION* DALAM MENGACAK DATA UNTUK PENAMBANGAN DATA

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 12 Juni 2020

Meterai
Rp. 6000

Chris Eldon
NPM: 2016730073

ABSTRAK

Pada proses penambangan data, data yang digunakan seringkali diberikan kepada pihak lain dan ada kemungkinan privasi di dalam data tersebut tersebar kepada pihak yang tidak berhak. Data privasi tersebut dapat tersebar kepada pihak yang tidak bertanggung jawab dan disalahgunakan. Dalam menghindari hal tersebut, *privacy-preserving data mining* perlu dilakukan. Privasi dapat diartikan sebagai sebuah informasi personal seseorang yang dapat mengidentifikasi sesuatu hal pada orang tersebut. Salah satu cara untuk melakukan *privacy-preserving data mining* adalah mengacak data menggunakan metode *Randomization*. Metode *Randomization* bekerja dengan cara mengacak data tetapi data tersebut masih dapat digunakan untuk penambangan data. Pada penelitian ini dibangun sebuah perangkat lunak yang mengimplementasikan 2 buah teknik yang menggunakan metode *Randomization* yaitu teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.

Pengujian dilakukan dengan menerapkan penambangan data klasifikasi dengan algoritma *k-nearest neighbors* dan penambangan data *clustering* dengan algoritma *k-means* masing-masing untuk menhitung akurasi model dan kemiripan hasil *cluster*. Berdasarkan hasil pengujian, model penambangan data yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* atau *Random Projection Perturbation* memiliki kualitas yang sama atau sangat mirip. Kedua teknik tersebut hanya dapat digunakan untuk data yang bersifat numerik dan khususnya untuk teknik *Random Projection Perturbation* hanya dapat digunakan untuk data yang memenuhi syarat teknik tersebut yaitu jumlah fitur pada data harus cukup banyak.

Kata-kata kunci: Privasi, *privacy-preserving data mining*, *Randomization*, *Random Rotation Perturbation*, *Random Projection Perturbation*, penambangan data, klasifikasi, *clustering*, *k-nearest neighbors*, *k-means*

ABSTRACT

In the data mining process, the data used is often given to other parties and there is the possibility of privacy in the data being spread to unauthorized parties. The privacy data can be spread to irresponsible and misused parties. To avoid this, privacy-preserving data mining needs to be done. Privacy can be interpreted as a person's personal information that can identify something about that person. One way to do privacy-preserving data mining is to randomize data using the Randomization method. The Randomization method works by randomizing data but the data can still be used for data mining. In this research, a software will be built that implements 2 techniques that use the Randomization method, namely the Random Rotation Perturbation technique and the Random Projection Perturbation.

The test will be carried out by applying classification data mining with the k-nearest neighbors algorithm and clustering data mining with the k-means algorithm respectively to calculate the accuracy of the model and the similarity of the cluster results. Based on the test results, the data mining model that is trained with the original dataset and the dataset that has been randomized with the Random Rotation Perturbation technique or Random Projection Perturbation has the same or very similar quality. Both of these techniques can only be used for numerical data and specifically for the Random Projection Perturbation technique can only be used for data that meet the technical requirement that is the number of features in the data must be quite a lot.

Keywords: Privacy, privacy-preserving data mining, Randomization, Random Rotation Perturbation, Random Projection Perturbation, data mining, classification, clustering, k-nearest neighbors, k-means

Dipersembahkan untuk Tuhan YME, keluarga tercinta, Ibu Mariskha sebagai dosen pembimbing, teman-teman yang telah membantu dan memberi semangat dalam penyusunan skripsi ini, dan diri sendiri

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Analisis Teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* dalam Mengacak Data untuk Penambangan Data". Selama penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi banyak kendala dan berbagai masalah. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Secara khusus, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik berupa doa atau dukungan mental serta materiil.
2. Ibu Mariskha Tri Adithia, S.Si., M.Sc., PDEng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dan memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Rosa De Lima, M.Kom. dan Ibu Luciana Abednego, M.T. selaku dosen pengaji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
4. Teman-teman penulis di jurusan Teknik Informatika UNPAR angkatan 2016 yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dari awal semester sampai akhir semester penulis selesai menyusun skripsi ini serta teman-teman di luar jurusan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
5. Teman seperjuangan skripsi, khususnya Kevin Arnold dan Apsari Ayusya Cantika yang berdosen pembimbing sama dengan penulis, bimbingan bersama, saling membantu, dan saling memberikan dukungan satu sama lain selama menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberi informasi yang bermanfaat dan menjadi inspirasi untuk penelitian-penelitian berikutnya.

Bandung, Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
2 DASAR TEORI	5
2.1 Privasi Data	5
2.1.1 Privasi	5
2.1.2 <i>Personally Identifiable Information</i>	6
2.2 Penambangan Data	6
2.2.1 Klasifikasi	7
2.2.2 <i>Clustering</i>	8
2.3 <i>Privacy Preserving Data Mining</i>	10
2.4 Metode <i>Randomization</i>	11
2.4.1 <i>Random Noise Addition</i>	11
2.4.2 <i>Random Rotation Perturbation</i>	12
2.4.3 <i>Random Projection Perturbation</i>	14
2.5 Bahasa Pemrograman Python	15
3 ANALISIS	17
3.1 Analisis Masalah	17
3.1.1 Implementasi Metode <i>Randomization</i>	17
3.1.2 Pengujian Dengan Penambangan Data	19
3.2 Studi Kasus	21
3.2.1 <i>Random Rotation Perturbation</i>	22
3.2.2 <i>Random Projection Perturbation</i>	23
3.3 Gambaran Umum Perangkat Lunak	25
3.3.1 Diagram Aktivitas	25
3.3.2 Diagram Kelas	28
4 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK	31
4.1 Perancangan Antarmuka	31

4.2	Perancangan Kelas	33
4.2.1	Diagram <i>Package</i>	33
4.2.2	Diagram Kelas pada <i>Package Perturbation</i>	36
4.2.3	Diagram Kelas pada <i>Package Matrix</i>	39
4.2.4	Diagram Kelas pada <i>Package Preprocessor</i>	42
4.3	Masukan dan Keluaran Perangkat Lunak	45
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	47
5.1	Implementasi Antarmuka	47
5.1.1	Masukan dan Pengaturan	47
5.1.2	Deskripsi <i>Dataset</i>	56
5.1.3	Deskripsi Hasil Pengacakan	58
5.2	Pengujian Fungsional	59
5.2.1	Teknik <i>Random Rotation Perturbation</i>	60
5.2.2	Teknik <i>Random Projection Perturbation</i>	62
5.3	Pengujian Eksperimental	66
5.3.1	Properti Data	66
5.3.2	Penambangan Data Klasifikasi	69
5.3.3	Penambangan Data <i>Clustering</i>	74
5.3.4	Kesimpulan Akhir	82
6	KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
DAFTAR REFERENSI		87
A	KODE PERANGKAT LUNAK <i>Randomization</i>	89
A.1	<i>Package Perturbation</i>	89
A.1.1	Kelas <i>Perturbation</i>	89
A.1.2	Kelas <i>RandomRotationPerturbation</i>	89
A.1.3	Kelas <i>RandomProjectionPerturbation</i>	90
A.2	<i>Package Matrix</i>	90
A.2.1	Kelas <i>Matrix</i>	90
A.2.2	Kelas <i>RandomRotationMatrix</i>	91
A.2.3	Kelas <i>RandomTranslationMatrix</i>	91
A.2.4	Kelas <i>RandomProjectionMatrix</i>	91
A.3	<i>Package Preprocessor</i>	91
A.3.1	Kelas <i>CSVPreprocessor</i>	91
A.3.2	Kelas <i>ProjectionMatrixPreprocessor</i>	92
A.3.3	Kelas <i>RotationMatrixPreprocessor</i>	92
A.4	<i>Package View</i>	93
A.4.1	Dokumen <i>main_menu.py</i>	93
A.4.2	Dokumen <i>randomization_app.py</i>	98
A.4.3	Dokumen <i>randomization.kv</i>	99
B	KODE PERANGKAT LUNAK PENGUJIAN	103
B.1	Pengujian Penambangan Data Klasifikasi	103
B.1.1	<i>Random Rotation Perturbation</i>	103
B.1.2	<i>Random Projection Perturbation</i>	104
B.2	Pengujian Penambangan Data <i>Clustering</i>	106
B.2.1	<i>Random Rotation Perturbation</i>	106

B.2.2	<i>Random Projection Perturbation</i>	108
B.3	Pengujian Lainnya	109

DAFTAR GAMBAR

1.1	Berbagai macam teknik modifikasi data untuk <i>privacy preserving data mining</i>	1
2.1	Ilustrasi penjelasan teknik <i>Random Rotation Perturbation</i> pada bidang Euclidean	12
3.1	Diagram aktivitas perangkat lunak <i>Randomization</i>	26
3.2	Diagram kelas perangkat lunak <i>Randomization</i>	29
4.1	Halaman saat memilih teknik <i>Random Rotation Perturbation</i>	32
4.2	Halaman saat memilih teknik <i>Random Projection Perturbation</i>	32
4.3	<i>Popup</i> yang ditampilkan apabila pengacakan sukses dilakukan	33
4.4	<i>Popup</i> yang ditampilkan apabila pengacakan gagal dilakukan	34
4.5	<i>Popup</i> yang ditampilkan apabila persyaratan pada <i>dataset</i> tidak terpenuhi	34
4.6	Diagram <i>package</i> perangkat lunak	35
4.7	Diagram kelas pada <i>package Perturbation</i>	36
4.8	Diagram kelas pada <i>package Matrix</i>	40
4.9	Diagram kelas pada <i>package Preprocessor</i>	42
5.1	Tampilan perangkat lunak yang pertama ditampilkan saat perangkat lunak baru dibuka	48
5.2	Bagian-bagian pada antarmuka perangkat lunak	48
5.3	Bagian antarmuka masukan dan pengaturan perangkat lunak	49
5.4	Jendela untuk memilih <i>dataset</i> yang berupa dokumen CSV	49
5.5	Tampilan <i>popup</i> yang ditampilkan saat proses memuat dokumen berlangsung	50
5.6	Tampilan antarmuka setelah sebuah dokumen dipilih	51
5.7	Tampilan antarmuka saat pengguna memilih teknik	52
5.8	Tampilan antarmuka saat perangkat lunak membuat dan menyimpan matriks	53
5.9	Tampilan <i>popup</i> yang ditampilkan apabila matriks yang ingin diimpor tidak sesuai dengan <i>dataset</i>	53
5.10	Tampilan <i>popup</i> peringatan apabila pengguna belum memilih <i>dataset</i> yang diinginkan untuk diacak	54
5.11	Tampilan antarmuka parameter teknik <i>Random Projection Perturbation</i>	54
5.12	Tampilan <i>popup</i> peringatan tombol “Hitung Nilai Min K”	55
5.13	Tampilan saat perangkat lunak sedang melakukan proses pengacakan	56
5.14	Tampilan <i>popup</i> untuk memberitahukan pengguna bahwa pengacakan berhasil dilakukan	57
5.15	Tampilan <i>popup</i> peringatan apabila pengguna belum memilih atau membuat matriks rotasi/proyeksi	57
5.16	Tampilan antarmuka deskripsi <i>dataset</i> setelah pengguna memilih <i>dataset</i> yang ingin diacak	58
5.17	Tampilan antarmuka deskripsi hasil pengacakan setelah perangkat berhasil melakukan pengacakan	59
5.18	Matriks rotasi dan translasi acak yang dibuat perangkat lunak dan disimpan pada satu dokumen <i>comma-separated values</i>	60

5.19 Dua puluh baris pertama <i>dataset mall_customers</i> asli	61
5.20 Dua puluh baris pertama <i>dataset mall_customers</i> setelah diacak	61
5.21 Matriks proyeksi acak yang dibuat perangkat lunak dan disimpan pada sebuah dokumen <i>comma-separated values</i>	64
5.22 Dua puluh baris terakhir <i>dataset mobile_sensor</i> yang asli	64
5.23 Dua puluh baris terakhir <i>dataset mobile_sensor</i> setelah diacak	65
5.24 Dua puluh baris pertama <i>dataset diabetes</i> asli	67
5.25 Dua puluh baris pertama <i>dataset diabetes</i> setelah diacak	68
5.26 Grafik akurasi model klasifikasi pada <i>training set</i> dan <i>test set</i> <i>dataset diabetes</i>	71
5.27 Grafik akurasi model klasifikasi pada <i>training set</i> dan <i>test set</i> <i>dataset mobile_sensor</i>	72
5.28 Grafik <i>Sum of Squared Error</i> model <i>clustering</i> pada <i>dataset mall_customers</i>	75
5.29 Grafik <i>Silhouette Score</i> model <i>clustering</i> pada <i>dataset mall_customers</i>	75
5.30 Visualisasi <i>cluster</i> pada <i>dataset mall_customers</i> yang asli	77
5.31 Visualisasi <i>cluster</i> pada <i>dataset mall_customers</i> yang telah diacak	78
5.32 Grafik <i>Sum of Squared Error</i> model <i>clustering</i> pada <i>dataset mobile_sensor</i>	79
5.33 Grafik <i>Silhouette Score</i> model <i>clustering</i> pada <i>dataset mobile_sensor</i>	79
5.34 Visualisasi <i>cluster</i> pada <i>dataset mobile_sensor</i>	81

DAFTAR TABEL

3.1	Tabel <i>dataset iris</i> yang digunakan sebagai contoh kasus	22
5.1	Contoh perbedaan jarak Euclidean antara <i>dataset mall_customers</i> asli dan yang telah diacak dengan <i>Random Rotation Perturbation</i>	62
5.2	Contoh perbedaan jarak Euclidean antara <i>dataset mobile_sensor</i> asli dan yang telah diacak dengan <i>Random Projection Perturbation</i>	65
5.3	Properti-properti pada <i>dataset diabetes</i> asli	67
5.4	Properti-properti pada <i>dataset diabetes</i> yang telah diacak	68
5.5	Properti-properti pada <i>dataset mobile_sensor</i> asli	69
5.6	Properti-properti pada <i>dataset mobile_sensor</i> yang telah diacak	69
5.7	Perbandingan Properti Data	70
5.8	Perbandingan Model <i>k-nearest neighbors</i> antara model yang dilatih dengan <i>dataset</i> asli dan yang telah diacak	73
5.9	Perbandingan model <i>k-means</i> antara model yang dilatih dengan <i>dataset</i> asli dan yang telah diacak	82

BAB 1

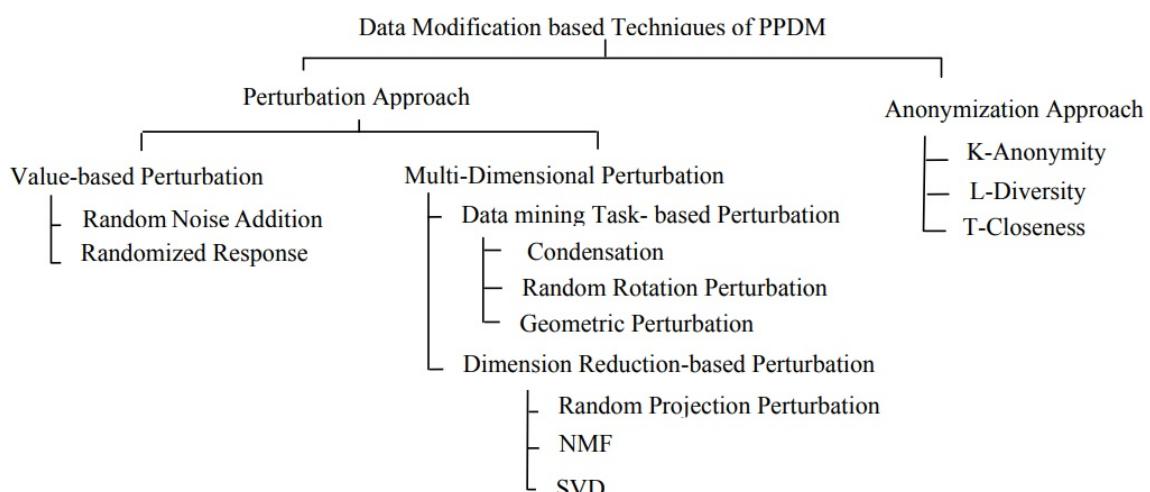
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin banyaknya penambangan data yang dilakukan dan data yang digunakan juga semakin banyak, semakin banyak juga privasi di dalam data tersebut yang tersebar kepada pihak yang melakukan penambangan data. Data privasi tersebut dapat tersebar kepada pihak yang tidak bertanggung jawab dan disalahgunakan. Oleh karena itu perlu adanya suatu cara untuk mencegah privasi tersebut pada proses penambangan data, menjaga privasi pada data tersebut. Istilah untuk hal tersebut adalah *privacy preserving data mining* [1].

Ada kesulitan dalam menentukan data seperti apa yang dapat disebut sebagai privasi. Privasi dapat dikatakan adalah sebuah informasi personal seseorang yang dapat mengidentifikasi suatu hal pada orang tersebut. Konsep yang sering kali digunakan untuk mendeskripsikan informasi personal adalah *Personally Identifiable Information* yang disingkat PII. PII [2] adalah segala informasi mengenai individu yang dikelola oleh sebuah instansi, termasuk segala informasi yang dapat digunakan untuk membedakan atau mengusut identitas seseorang dan juga segala informasi yang berhubungan atau dapat dihubungkan kepada suatu individu, seperti informasi medis, pendidikan, finansial, dan pekerjaan seseorang.

Salah satu cara untuk melakukan *privacy preserving data mining* adalah dengan melakukan modifikasi data yang ada sebelum diberikan kepada pihak lain. Ada macam-macam teknik dan algoritma yang bertujuan modifikasi data untuk *privacy preserving data mining*, dibagi menjadi dua jenis yaitu *Perturbation Approach* dan *Anonymization Approach*. *Perturbation Approach* adalah pendekatan untuk *privacy preserving data mining* dengan cara mengacaukan data yang ada, tetapi hasil data yang dikacaukan masih tetap dapat ditambah. *Perturbation Approach* dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *Value-based Perturbation Techniques* dan *Multi-Dimensional Perturbation*.



Gambar 1.1: Berbagai macam teknik modifikasi data untuk *privacy preserving data mining*

Value-based Perturbation Techniques adalah teknik yang bekerja dengan cara menyisipkan *random noise* pada data. Sedangkan terdapat dua jenis teknik *Multi-Dimensional Perturbation* yaitu *Data mining Task-based Perturbation* dan *Dimension Reduction-based Perturbation*. *Data mining Task-based Perturbation* adalah teknik yang bekerja dengan cara modifikasi data sehingga properti yang bertahan pada data yang telah dimodifikasi spesifik hanya properti yang digunakan oleh suatu teknik penambangan data tertentu. Sedangkan *Dimension Reduction-based Perturbation* adalah teknik yang bekerja dengan cara modifikasi data sekaligus mengurangi dimensi dari data asli.

Dari berbagai macam teknik modifikasi data untuk *privacy preserving data mining* yang dapat dilihat pada Gambar 1.1, terdapat empat teknik yang menggunakan metode *Randomization* yaitu *Random Noise Addition*, *Randomized Response*, *Random Rotation Perturbation*, dan *Random Projection Perturbation*. Pada penelitian ini, dibuat sebuah perangkat lunak yang dapat memproses data yang akan ditambah menjadi data yang telah dimodifikasi dengan metode *Randomization* sehingga privasi pada data tersebut terlindungi, tetapi masih dapat ditambah. Dari berbagai macam teknik dengan metode *Randomization* yang ada, dipilih dua buah teknik yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* untuk diimplementasikan pada perangkat lunak serta membandingkan hasil dari kedua teknik tersebut.

Pengujian dilakukan dengan menerapkan penambangan data klasifikasi dengan algoritma *k-nearest neighbors* dan penambangan data *clustering* dengan algoritma *k-means*. Pada penambangan data klasifikasi, dihitung akurasinya dan dibandingkan antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Tujuannya untuk melihat apakah antara kedua model tersebut memiliki akurasi yang sama. Pada penambangan data *clustering*, *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak masing-masing digunakan untuk membuat model *clustering*. Kemudian visualisasi hasil *clustering*-nya dibandingkan untuk melihat hasil *cluster* tersebut apakah sama. Kemiripan model *clustering* juga dihitung dengan metode *Adjusted Rand Index*. Tujuannya untuk melihat apakah antara kedua model tersebut memiliki hasil *cluster* yang sama.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara kerja teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* untuk *privacy preserving data mining*?
2. Bagaimana implementasi dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* pada perangkat lunak?
3. Bagaimana perbandingan antara hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempelajari cara kerja dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* untuk *privacy preserving data mining*.
2. Mengimplementasikan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* pada perangkat lunak.
3. Melakukan analisis dan pengujian untuk membandingkan hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* dengan menggunakan penambangan data.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya menguji dengan teknik penambangan data klasifikasi dengan algoritma *k-nearest neighbors* dan *clustering* dengan algoritma *k-means*.
2. Perangkat lunak yang dibuat hanya dapat menerima masukan yang valid yaitu seluruh datanya bersifat numerik.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan studi literatur dasar-dasar privasi data.
2. Melakukan studi literatur teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* untuk *privacy preserving data mining*.
3. Melakukan studi literatur teknik penambangan data yang digunakan.
4. Melakukan analisis terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* serta bagaimana penerapannya dengan teknik penambangan data yang digunakan.
5. Melakukan perancangan perangkat lunak yang mengimplementasikan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.
6. Membangun perangkat lunak yang mengimplementasikan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.
7. Menguji perangkat lunak secara fungsional dan eksperimental dengan menggunakan *real data*.
8. Menerapkan teknik penambangan data terhadap data yang telah diacak untuk menganalisis hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.
9. Melakukan analisis dan pengujian untuk membandingkan hasil penambangan data menggunakan data yang telah diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.
10. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Pembahasan

Laporan penelitian tersusun ke dalam enam bab secara sistematis sebagai berikut.

- Bab 1 Pendahuluan
Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika pembahasan.
- Bab 2 Dasar Teori
Berisi dasar teori tentang dasar-dasar privasi data, metode *Randomization*, teknik penambangan data, dan bahasa pemrograman Python.
- Bab 3 Analisis
Berisi analisis masalah terkait implementasi metode *Randomization* dan pengujian dengan teknik penambangan data, studi kasus teknik *Randomization* yang diimplementasikan, dan gambaran umum perangkat lunak yang meliputi diagram aktivitas dan diagram kelas.

- Bab 4 Perancangan Perangkat Lunak

Berisi perancangan perangkat lunak yang dibangun meliputi perancangan antarmuka, diagram kelas yang lengkap, serta masukan dan keluaran perangkat lunak.

- Bab 5 Implementasi dan Pengujian

Berisi implementasi antarmuka perangkat lunak, pengujian fungsional perangkat lunak, pengujian eksperimental menggunakan teknik penambangan data, dan kesimpulan dari pengujian.

- Bab 6 Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari awal hingga akhir penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

Dalam menjaga privasi data, perlu adanya definisi privasi yang konkret untuk menentukan data seperti apa yang menjadi privasi. Pada penambangan data, perlu ada teknik yang baik untuk menjaga privasi tidak tersebar kepada orang yang tidak berhak. Ada beberapa teknik untuk menjaga privasi pada penambangan data antara lain modifikasi data dengan metode *Randomization* yaitu teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Pada bab ini dijelaskan dasar teori yang melandaskan penelitian ini.

2.1 Privasi Data

Pada umumnya sebuah data dapat dikatakan privasi apabila data tersebut dapat dikaitkan dengan identitas seseorang. Tetapi setiap orang memiliki kepentingan privasi yang berbeda-beda sehingga definisi dari privasi sulit untuk dijelaskan secara eksak. Oleh karena itu, perlu adanya konsep privasi yang dapat menjadi acuan untuk menentukan data seperti apa yang termasuk privasi atau bukan.

2.1.1 Privasi

Dalam mendefinisikan privasi, sulit untuk mendapatkan definisi yang tepat untuk privasi karena setiap individu memiliki kepentingan yang berbeda-beda sehingga privasi pada setiap individu dapat berbeda-beda juga. Beberapa definisi privasi telah dikemukakan dan definisi tersebut bermacam-macam berdasarkan konteks, budaya, dan lingkungan [3]. Menurut Warren dan Brandeis pada papernya, mereka mendefinisikan privasi sebagai “*the right to be alone.*”, hak untuk menyendiri. Lalu pada papernya, Westin mendefinisikan privasi sebagai “*the desire of people to choose freely under what circumstances and to what extent they will expose themselves, their attitude, and their behavior to others*”, keinginan orang untuk memilih secara bebas dalam segala situasi dan dalam hal mengemukakan diri mereka, sikap mereka, dan tingkah laku mereka pada orang lain.

Schoeman mendefinisikan privasi sebagai “*the right to determine what (personal) information is communicated to others*”, hak untuk menentukan informasi pribadi apa saja yang dikomunikasikan kepada yang lain, atau “*the control an individual has over information about himself or herself.*”, kendali seorang individu terhadap informasi tentang dirinya sendiri. Lalu baru-baru ini, Garfinkel menyatakan bahwa “*privacy is about self-possession, autonomy, and integrity.*”, privasi adalah tentang penguasaan diri sendiri, otonomi, dan integritas. Di samping itu, Rosenberg berpendapat bahwa privasi sebenarnya bukan sebuah hak tetapi sebuah rasa: “*If privacy is in the end a matter of individual taste, then seeking a moral foundation for it – beyond its role in making social institutions possible that we happen to prize – will be no more fruitful than seeking a moral foundation for the taste for truffles.*”, intinya setiap orang memiliki perhatian yang berbeda-beda terhadap privasi mereka sendiri sehingga hal tersebut tergantung apa yang dirasakan oleh setiap individu.

Dari definisi-definisi privasi yang telah disebutkan di atas, dapat disimpulkan bahwa privasi dilihat sebagai konsep sosial dan budaya [3]. Konsep privasi pada suatu lingkungan dapat berbeda dari lingkungan lainnya dan hal ini menyebabkan sulitnya menentukan apakah sebuah data termasuk privasi atau bukan. Oleh karena itu, perlu adanya sebuah standar privasi untuk menentukan data

mana yang dapat disebut sebuah privasi. Organisasi National Institute of Standards and Technology dari Amerika Serikat, membuat standar mereka sendiri untuk menentukan informasi seperti apa yang dapat disebut sebagai privasi. Mereka mengemukakan konsep *Personally Identifiable Information* sebagai informasi yang dapat dikatakan personal untuk setiap individu.

2.1.2 *Personally Identifiable Information*

Privasi dapat dikatakan adalah sebuah informasi personal seseorang yang dapat mengidentifikasi suatu hal pada orang tersebut. Konsep yang sering kali digunakan untuk mendeskripsikan informasi personal adalah *Personally Identifiable Information* yang disingkat PII. PII adalah segala informasi mengenai individu yang dikelola oleh sebuah instansi, termasuk segala informasi yang dapat digunakan untuk membedakan atau mengusut identitas seseorang dan juga segala informasi yang berhubungan atau dapat dihubungkan kepada suatu individu, seperti informasi medis, pendidikan, finansial, dan pekerjaan seseorang [2].

Informasi yang termasuk membedakan individu adalah informasi yang dapat mengidentifikasi seorang individu. Informasi seperti ini adalah data privasi yang secara langsung bisa didapatkan. Beberapa contoh informasi yang mengidentifikasi seorang individu adalah nama, nomor KTP, tempat tanggal lahir, nama ibu kandung, atau catatan medis. Sedangkan, data yang hanya berisi misalkan saldo tabungan tanpa ada informasi lain mengenai identitas seseorang yang berkaitan tidak menyediakan informasi yang cukup untuk mengidentifikasi seorang individu.

Dari sebuah data, bisa saja data tersebut secara tidak langsung mengandung privasi, identitas seseorang bisa didapatkan tanpa data tersebut memberikan langsung identitas orang tersebut. Mengusut identitas seseorang adalah proses dari membuat perkiraan tentang aspek spesifik dari aktivitas atau status seseorang. Jika sebuah data dapat dianalisis datanya sampai identitas seseorang dapat diakses, berarti data tersebut secara tidak langsung mengandung privasi. Contohnya adalah sebuah catatan finansial seseorang dapat digunakan untuk memperkirakan aktivitas dari individu tersebut.

Informasi yang berhubungan dapat didefinisikan sebagai informasi yang berkaitan dengan seorang individu yang mana terkait secara logis dengan informasi lain tentang individu tersebut. Informasi tersebut secara tidak langsung mengandung privasi dan dapat diolah agar identitas seseorang bisa didapatkan. Contohnya adalah apabila ada dua buah basis data yang memiliki data berbeda dari seorang individu, maka seseorang yang memiliki akses pada 2 basis data tersebut berpotensi dapat mengaitkan data-data tersebut lalu mengidentifikasi individu yang ada pada data tersebut.

2.2 Penambangan Data

Pada era teknologi informasi, sangat banyak data terkumpul pada basis data. Data yang masif ini dapat dimanfaatkan untuk menggali informasi penting yang berguna untuk pembuatan keputusan. Proses pada aktivitas ini secara kasar dapat disebut dengan penambangan data.

Penambangan data adalah proses mengekstrak sebuah pola atau sebuah pengetahuan dari kumpulan data yang besar, yang mana dapat direpresentasikan dan diinterpretasikan [4]. Pada penambangan data, teknik *machine learning* dan *pattern recognition* intensif digunakan untuk mendapatkan pola maupun pengetahuan baru dari data. Tujuan utama dari penambangan data adalah untuk membentuk model deskriptif dan prediktif dari suatu data. Model deskriptif berusaha untuk mengubah pola-pola yang ada pada data menjadi deskripsi yang dapat dimengerti oleh orang awam. Sedangkan model prediktif digunakan untuk memprediksi data yang tidak diketahui atau data yang berpotensi muncul di kemudian hari.

Model tersebut biasanya dibuat dengan menggunakan teknik *machine learning*, yang mana terdapat dua teknik *machine learning* yang paling sering digunakan yaitu klasifikasi dan *clustering*. Subbab berikutnya menjelaskan secara singkat kedua teknik tersebut dan contohnya.

2.2.1 Klasifikasi

Tujuan utama klasifikasi adalah membuat model yang dalam kasus ini disebut *classifier* yang mana dapat mengidentifikasi nilai kelas dari suatu data [4]. Dalam kata lain, sebuah *classifier* dibuat dari sebuah *training set* dan model ini digunakan untuk mengklasifikasi data tidak diketahui ke dalam salah satu kelas.

Ada dua tahap dalam proses klasifikasi yaitu tahap latihan dan tahap klasifikasi. Pada tahap latihan, model dibuat dengan menggunakan *training set*. *Training set* yang dimaksud adalah data yang sudah diketahui kelasnya sehingga model yang ada melatih dirinya. Setelah *classifier* terbentuk, barulah tahap klasifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan *classifier* yang tadi sudah dibuat. *Classifier* akan memprediksi data yang kelasnya tidak diketahui. *Classifier* akan semakin baik performanya seiring dengan banyaknya tahap latihan yang dilakukan.

Teknik *machine learning* yang paling dikenal untuk klasifikasi antara lain *K-nearest Neighbors*, *Decision Tree*, dan *Naive Bayes*. Dalam penelitian ini, hanya teknik *K-nearest Neighbors* yang digunakan untuk pengujian sehingga berikutnya hanya dijelaskan teknik *K-nearest Neighbors* saja. Teknik *K-nearest Neighbors* adalah teknik penambangan data klasifikasi yang mencari label terbanyak pada sejumlah tetangga terdekatnya. Teknik ini bergantung pada jarak Euclidean antara titik yang merepresentasikan sebuah objek data yang ingin diprediksi dengan titik-titik lain yang terdekat (tetangga-tetangganya). Setiap objek data pada *dataset* dipetakan ke bidang Euclidean dengan nilai dari beberapa atribut yang menentukan letaknya pada bidang Euclidean [5].

Berikut langkah kerja dari teknik *K-nearest Neighbors*.

1. Tentukan nilai k yang menentukan seberapa banyak tetangga yang digunakan.
2. Lakukan perulangan dengan iterasi sebanyak rekord yang ada selain rekord yang ingin diprediksi labelnya.
 - (a) Hitung jarak Euclidean antara rekord iterasi sekarang dengan rekord yang ingin diprediksi labelnya.
 - (b) Catat jarak Euclidean dari rekord yang ingin diprediksi dan indeks rekord iterasi sekarang.
3. Urutkan jarak Euclidean titik-titik yang sudah dihitung pada perulangan pada langkah sebelumnya secara menaik.
4. Pilih rekord teratas (jarak Euclidean yang paling kecil) sebanyak k dari urutan pada langkah sebelumnya.
5. Ambil label dari semua rekord yang terpilih pada langkah sebelumnya. Label terbanyak adalah hasil prediksi label pada rekord yang ingin diprediksi.

Dalam mengevaluasi model klasifikasi dapat dihitung akurasi model dalam memprediksi label suatu data. Akurasi pada model klasifikasi berupa persentase jumlah prediksi yang benar dengan jumlah data yang diprediksi [5]. Misalkan apabila model klasifikasi menebak dengan benar 8 buah objek data dari total berjumlah 10 objek data, berarti model tersebut memiliki akurasi sebesar 80%. Berikut penjelasan rumus untuk menghitung akurasi model klasifikasi.

Misalkan sebuah *dataset* yang mempunyai label dan hanya memiliki 2 buah kelas label yang masing-masing disebut dengan *positive tuples* dan *negative tuples*. *Dataset* tersebut dibagi menjadi 2 bagian masing-masing yaitu *training set* dan *test set*. *Training set* digunakan untuk melatih model klasifikasi. Kemudian model tersebut dipakai untuk memprediksi label pada *test set*. Rumus untuk menghitung akurasi model tersebut memprediksi *test set* dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$\text{akurasi} = \frac{TP + TN}{P + N} \quad (2.1)$$

Berikut penjelasan variabel-variabel yang ada pada Persamaan 2.1.

- P adalah jumlah objek data yang memiliki label *positive tuples*.
- N adalah jumlah objek data yang memiliki label *negative tuples*.
- TP (*true positives*) adalah jumlah objek data yang diprediksi dengan benar oleh model klasifikasi bahwa labelnya adalah *positive tuples*.
- TN (*true negatives*) adalah jumlah objek data yang diprediksi dengan benar oleh model klasifikasi bahwa labelnya adalah *negative tuples*.

2.2.2 Clustering

Clustering adalah proses mengelompokan kumpulan objek ke dalam sebuah kelompok (*cluster*) sedemikian rupa sehingga objek-objek dari suatu *cluster* memiliki lebih banyak kemiripan dari pada objek-objek dari *cluster* lainnya [4].

Salah satu contoh teknik *clustering* adalah *K-means*. Teknik *k-means* adalah teknik penambangan data *clustering* yang memanfaatkan jarak Euclidean antara titik-titik yang ada untuk menentukan titik mana saja yang masuk ke kluster mana.

Berikut langkah kerja dari teknik *K-means*. [5]

1. Tentukan nilai variabel k yang menentukan seberapa banyak kluster yang diinginkan dan sebuah *threshold* untuk menentukan batas perubahan nilai *centroid*.
2. Tentukan secara acak sebuah *centroid* sebanyak k untuk setiap kluster.
3. Lakukan perulangan sampai nilai fitur-fitur semua *centroid* (titik tengah kluster) relatif tidak berubah atau dengan kata lain perubahannya kurang dari *threshold*.
 - (a) Menghitung jarak Euclidean setiap titik dari *centroid* ke titik tersebut dengan menggunakan beberapa fitur yang dipilih.
 - (b) Kluster yang memiliki jarak Euclidean paling kecil dengan sebuah titik adalah kluster titik tersebut.
 - (c) Tentukan kembali *centroid* setiap kluster dengan cara menghitung rata-rata setiap fitur pada seluruh objek data pada kluster tersebut.

Dalam menentukan nilai variabel k (jumlah *cluster*) terbaik ada 2 metode yang dapat dipakai yaitu menghitung nilai *Silhouette Score* tertinggi dan metode Elbow. Metode Elbow bekerja dengan menggunakan *Sum of Squared Error* untuk membuat sebuah grafik hubungan antara nilai variabel k dengan nilai *Sum of Squared Error*. Penentuan nilai variabel k dapat dilihat pada grafik tersebut nilai variabel k mana yang perbedaan nilai *Sum of Squared Error*-nya dengan nilai variabel k sebelumnya memiliki perbedaan yang paling besar atau apabila dilihat pada grafiknya akan berbentuk seperti siku atau bengkokan.

Sum of Squared Error adalah jumlah dari kuadrat jarak Euclidean setiap objek data terhadap *centroid* pada masing-masing *clusternya* [5]. Rumus untuk menghitung *Sum of Squared Error* dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} dist(\mathbf{p}, \mathbf{c}_i)^2 \quad (2.2)$$

Variabel \mathbf{p} adalah titik pada bidang Euclidean yang merepresentasikan sebuah objek data. Variabel \mathbf{c}_i adalah *centroid* pada *cluster* C_i .

Silhouette Score adalah rata-rata dari koefisien *Silhouette* setiap objek data yang ada. Sementara koefisien *Silhouette* adalah ukuran seberapa mirip suatu objek data dengan *cluster*-nya sendiri

dibandingkan dengan *cluster* lain. Nilai dari koefisien *Silhouette* berada di antara -1 dan 1. Rumus untuk menghitung koefisien *Silhouette* dapat dilihat pada Persamaan 2.3. [5]

$$s(\mathbf{o}) = \frac{b(\mathbf{o}) - a(\mathbf{o})}{\max \{a(\mathbf{o}), b(\mathbf{o})\}} \quad (2.3)$$

Variabel \mathbf{o} adalah sebuah objek data. Fungsi $a(\mathbf{o})$ adalah rata-rata jarak Euclidean antara sebuah objek data dan seluruh objek data pada *cluster*-nya sendiri. Rumus dari fungsi ini dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$a(\mathbf{o}) = \frac{\sum_{\mathbf{o}' \in C_i, \mathbf{o} \neq \mathbf{o}'} dist(\mathbf{o}, \mathbf{o}')}{|C_i| - 1} \quad (2.4)$$

Sementara fungsi $b(\mathbf{o})$ adalah rata-rata jarak Euclidean paling kecil antara sebuah objek data dan seluruh objek data pada *cluster* lain yang bukan *cluster*-nya sendiri. Rumus dari fungsi ini dapat dilihat pada Persamaan 2.5.

$$b(\mathbf{o}) = \min_{C_j: 1 \leq j \leq k, j \neq i} \left\{ \frac{\sum_{\mathbf{o}' \in C_j} dist(\mathbf{o}, \mathbf{o}')}{|C_j|} \right\} \quad (2.5)$$

Dalam membandingkan kedua model *clustering* terdapat suatu metode yang baik untuk digunakan yaitu metode *Adjusted Rand Index*. *Adjusted Rand Index* [6] adalah metode untuk menghitung kemiripan dari sebuah model *clustering* dengan model *clustering* lainnya. Nilai dari *Adjusted Rand Index* menunjukkan kemiripan anggota *cluster-cluster* yang ada pada dua model *clustering* yang ingin dibandingkan. Rumus untuk menghitung nilai *Adjusted Rand Index* dapat dilihat pada Persamaan 2.6.

$$ARI(\Pi, \Pi') = \frac{r - exp}{max - exp} \quad (2.6)$$

Dimana Π dan Π' masing-masing merepresentasikan sebuah model *clustering* yang berbeda dari *dataset* yang sama. r merepresentasikan banyaknya dua buah objek data yang berbeda berada di *cluster* yang sama pada Π maupun Π' . Rumus untuk menghitung variabel *exp* dapat dilihat pada Persamaan 2.7. Rumus untuk menghitung variabel *max* dapat dilihat pada Persamaan 2.8.

$$exp = (np(\Pi)np(\Pi'))/(n(n - 1)/2) \quad (2.7)$$

Dimana n adalah jumlah objek data pada *dataset*. $np(\Pi)$ adalah $r + s$ dimana s merepresentasikan banyaknya dua buah objek data yang berbeda berada di *cluster* yang sama pada Π tetapi tidak pada Π' . $np(\Pi')$ adalah $r + t$ dimana t merepresentasikan banyaknya dua buah objek data yang berbeda berada di *cluster* yang sama pada Π' tetapi tidak pada Π .

$$max = 0.5(np(\Pi) + np(\Pi')) \quad (2.8)$$

Apabila model *clustering* dibuat dengan data yang berdimensi sangat besar, ada kesulitan untuk melakukan visualisasi. Oleh karena itu, ada suatu cara untuk mempermudah visualisasi model yaitu mereduksi dimensi dengan teknik *Principal Component Analysis* tanpa merusak data secara signifikan. *Principal Component Analysis* [5] yang disingkat menjadi PCA bekerja dengan cara “menggabungkan” intisari dari atribut-atribut yang ada dengan membuat *dataset* alternatif yang lebih kecil. PCA mencari k n -dimensi vektor *orthogonal* yang terbaik untuk merepresentasikan data yang ingin direduksi dimensinya. Berikut adalah gambaran kasar cara kerja teknik *Principal Component Analysis*.

1. *Dataset* dinormalisasi sehingga nilai pada setiap atribut yang ada jatuh pada rentang yang sama.
2. PCA menghitung k vektor *orthogonal* yang menyediakan dasar untuk *dataset* yang telah dinormalisasi.

3. *Principal components* diurutkan secara menurun menurut “kepentingan” atau kekuatannya.
4. Oleh karena komponen yang ada diurutkan secara menurun menurut “kepentingannya” maka ukuran data dapat direduksi dengan mengeliminasi komponen yang lebih lemah.

2.3 *Privacy Preserving Data Mining*

Aktivitas penambangan data melibatkan jumlah data yang sangat masif. Data-data yang digunakan memiliki privasi banyak individu di dalamnya. Hal ini berpotensi menyebabkan pelanggaran privasi dalam kasus tidak adanya proteksi yang cukup dan penyalahgunaan privasi data untuk tujuan lain [1]. Faktor utama pelanggaran privasi pada penambangan data adalah penyalahgunaan data sehingga hal ini dapat merugikan seorang individu maupun sebuah organisasi. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menghindari penyebaran informasi pribadi yang rahasia maupun pengetahuan lainnya yang dapat diambil dari data yang digunakan untuk aktivitas penambangan data.

Konsep privasi sering kali lebih kompleks dari pada yang dibayangkan. Dalam kasus penambangan data, definisi dari menjaga privasi masih tidak jelas. Ada sebuah paper yang mendefinisikan *privacy preserving data mining* sebagai “getting valid data mining results without learning the underlying data values”, mendapatkan hasil penambangan data yang valid tanpa nilai pada data. Tetapi pada saat ini setiap teknik *privacy preserving data mining* yang ada memiliki definisi privasinya masing-masing.

Salah satu cara untuk melakukan *privacy preserving data mining* adalah dengan melakukan modifikasi data yang ada sebelum diberikan kepada pihak lain. Berbagai macam pendekatan modifikasi data untuk *privacy preserving data mining* telah dikembangkan antara lain *Perturbation Approach* dan *Anonymization Approach*, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.1 [1]. *Perturbation Approach* adalah pendekatan untuk *privacy preserving data mining* dengan cara mengacaukan data yang ada, tetapi hasil data yang dikacaukan masih tetap dapat ditambah. Sedangkan pada *Anonymization Approach*, data diterapkan de-identifikasi di mana *dataset* mentah disebarluaskan setelah menghapus inti dari identitas setiap rekord [1].

Perturbation Approach dapat dibagi menjadi dua jenis lagi yaitu *Value-based Perturbation Techniques* dan *Multi-Dimensional Perturbation*. *Value-based Perturbation Techniques* adalah teknik yang bekerja dengan cara menyisipkan *random noise* pada data. Sedangkan terdapat dua jenis teknik *Multi-Dimensional Perturbation* yaitu *Data mining Task-based Perturbation* dan *Dimension Reduction-based Perturbation*. *Data mining Task-based Perturbation* adalah teknik yang bekerja dengan cara modifikasi data sehingga properti yang bertahan pada data yang telah dimodifikasi spesifik hanya properti yang digunakan oleh suatu teknik penambangan data tertentu. Sedangkan *Dimension Reduction-based Perturbation* adalah teknik yang bekerja dengan cara modifikasi data sekaligus mengurangi dimensi dari data asli.

Hal yang sering kali diperhatikan pada teknik-teknik *Perturbation Approach* adalah perbandingan antara jumlah privasi yang hilang dan jumlah informasi yang hilang. Idealnya teknik *Perturbation Approach* yang baik adalah teknik yang fokus meminimalkan jumlah privasi yang hilang dan jumlah informasi yang hilang sehingga hasil penambangan dan akurasinya sama baiknya dengan tanpa menerapkan teknik *Perturbation Approach*. Setiap teknik penambangan data memakai properti yang berbeda-beda pada data yang ditambah. Oleh karena itu, properti yang terjaga juga sebaiknya berdasarkan properti yang digunakan pada teknik penambangan data yang digunakan [7]. Pada saat ini, teknik modifikasi data yang ada sering kali memiliki perbedaan pada properti-properti yang terjaga. Teknik-teknik modifikasi data tertentu sering kali memiliki fungsi yang berbeda atau teknik penambangan data yang dapat digunakan berbeda karena properti yang terjaga pada teknik-teknik tersebut berbeda juga.

2.4 Metode *Randomization*

Dari berbagai macam teknik modifikasi data untuk *privacy preserving data mining* yang dapat dilihat pada Gambar 1.1, terdapat empat teknik yang menggunakan metode *Randomization* yaitu *Random Noise Addition*, *Randomized Response*, *Random Rotation Perturbation*, dan *Random Projection Perturbation*.

Berbagai macam teknik dengan metode *Randomization* umumnya menerapkan perusakan nilai pada data. Salah satu teknik yang pertama kali menggunakan metode *Randomization* untuk *privacy preserving data mining* adalah teknik *Random Noise Addition* yang dikemukakan oleh Agrawal dan Srikant pada paper berikut [8]. Teknik *Random Noise Addition* ini dilakukan dengan cara menambahkan nilai random (*noise*) pada data. Nilai random tersebut diambil dari sebuah distribusi. Untuk menambah data yang telah ditambahkan *noise* ini perlu dilakukan rekonstruksi distribusi untuk mendapatkan distribusi yang asli. Oleh karena itu, teknik *Random Noise Addition* ini hanya menjaga distribusi data asli sehingga hanya teknik penambangan data yang bergantung pada distribusi data saja yang dapat digunakan. Penyesuaian pada algoritma penambangan data yang digunakan juga perlu dilakukan agar teknik *Random Noise Addition* ini dapat digunakan dan mendapatkan hasil penambangan data yang hampir sama dengan penambangan data tanpa menggunakan teknik *Random Noise Addition*.

Setelah teknik *Random Noise Addition* ditemukan, berbagai macam teknik lain juga dikembangkan terinspirasi dari teknik *Random Noise Addition* ini. Teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* adalah teknik adalah salah satunya, tetapi teknik tersebut tidak dilakukan dengan cara menambahkan *noise* melainkan mengkalikan data asli dengan nilai random. Bagaimanapun juga, inti dari metode *Randomization* yang telah disebutkan di atas masih sama yaitu merusak data sehingga data yang dirilis bukanlah data asli melainkan data yang sudah rusak sehingga data yang dirilis tidak mengandung privasi sehingga privasinya terjaga. Masing-masing dari dua teknik tersebut dijelaskan lebih detil pada subbab-subbab berikutnya.

2.4.1 *Random Noise Addition*

Ide utama dari teknik *Random Noise Addition* [8] adalah mendistorsi nilai pada data dengan cara menambahkan *random noise* yang diambil dari distribusi *Uniform* atau *Gaussian* dan memiliki rata-rata bernilai 0. Tetapi menurut penelitian yang telah dilakukan, distribusi *Gaussian* lebih baik digunakan untuk teknik ini. *Random noise* yang digunakan memiliki nilai yang berbeda untuk setiap nilai pada data.

Pada teknik *Random Noise Addition*, data yang sudah didistorsi bisa didapatkan kembali distribusi data asli dengan merekonstruksi distribusinya tanpa mendapatkan setiap nilai-nilai yang ada pada data asli. Metode rekonstruksi yang digunakan berdasarkan pada aturan *Bayes*. Algoritma rekonstruksi untuk mendapatkan distribusi dari data asli dapat dilihat pada Algoritma 1. Algoritma ini berhenti sampai kriteria berhentinya terpenuhi. Kriteria tersebut adalah perbedaan estimasi distribusi iterasi sekarang dengan yang sebelumnya sangat kecil. Algoritma ini akan menghasilkan estimasi distribusi data asli dengan menggunakan data yang telah terdistorsi tanpa menggunakan nilai-nilai pada data asli, sehingga nilai-nilai pada data asli tidak tersebar. Oleh karena teknik *Random Noise Addition* hanya menjaga distribusi pada data maka teknik penambangan data yang dapat digunakan hanya teknik-teknik yang bergantung pada distribusi data saja.

Modifikasi pada algoritma penambangan data yang digunakan juga perlu dilakukan. Contohnya apabila algoritma pohon keputusan digunakan, maka perlu modifikasi pada algoritma pohon keputusan tersebut. Hal ini menimbulkan masalah pada aplikasi pada dunia nyata karena tidak efisien dan memakan waktu untuk memodifikasi setiap algoritma yang ingin digunakan untuk menyesuaikan dengan teknik *Random Noise Addition*. Masalah mengenai algoritma yang dapat digunakan juga menjadi perhatian karena teknik *Random Noise Addition* hanya dapat digunakan untuk algoritma yang bergantung pada distribusi saja sedangkan teknik lain tidak menjaga distribusi pada data sehingga sulit untuk membandingkan dengan teknik lain pada penelitian ini. Ada juga

Algorithm 1: Merekonstruksi distribusi data yang asli dari data yang telah diacak

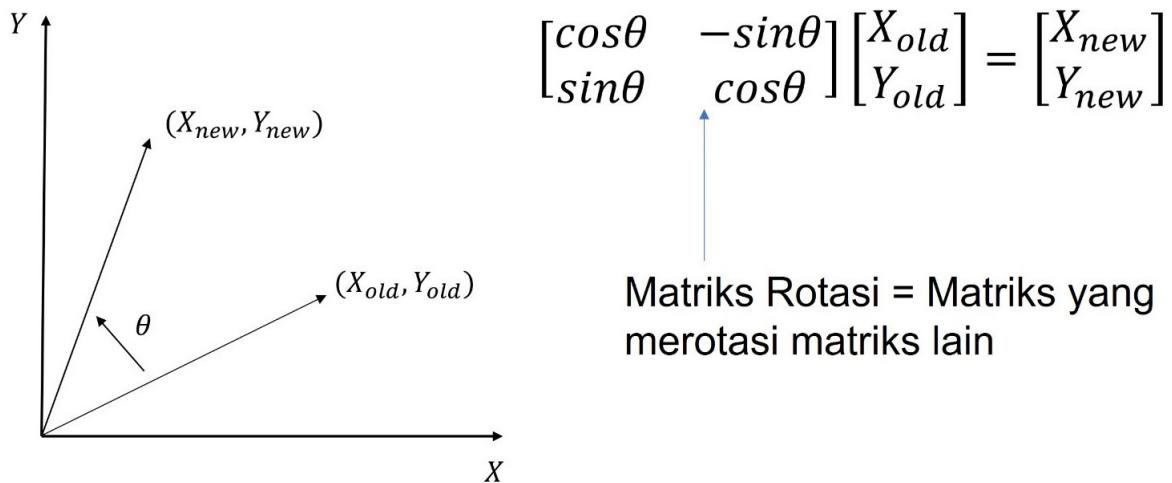
```

Function rekonstruksiDistribusi(data):
    Masukan : Data yang telah diacak
    Keluaran : Distribusi data yang asli hasil rekonstruksi

1   begin
2        $f_X^0 :=$ Uniform distribution
3        $j := 0$ 
4       repeat
5           
$$f_X^{j+1}(a) := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_Y(w_i - a) f_X^j(a)}{\int_{-\infty}^{\infty} f_Y(w_i - z) f_X^j(z) dz}$$

6            $j := j + 1$ 
7       until stopping criterion met
8   end

```



Gambar 2.1: Ilustrasi penjelasan teknik *Random Rotation Perturbation* pada bidang Euclidean

penelitian yang mengatakan bahwa teknik *Random Noise Addition* ini memiliki kualitas yang kurang baik dalam menjaga privasi data karena banyaknya celah yang dapat diserang pada teknik ini. Oleh karena masalah-masalah tersebut, akhirnya teknik ini juga tidak digunakan untuk penelitian ini. Teknik *Random Projection Perturbation* digunakan untuk menggantikan teknik *Random Noise Addition*.

2.4.2 Random Rotation Perturbation

Ide utama dari teknik *Random Rotation Perturbation* adalah melakukan transformasi rotasi pada data. Dalam rangka memahami teknik ini, dapat dilihat ilustrasi penjelasannya pada Gambar 2.1. Misalkan sebuah data yang memiliki 2 buah fitur dipetakan kepada bidang Euclidean 2 dimensi. Ada sebuah objek data yang direpresentasikan sebagai titik pada bidang Euclidean dengan nilai X_{old} dan Y_{old} . Teknik *Random Rotation Perturbation* melakukan rotasi terhadap bidang Euclidean tersebut sebesar θ derajat sehingga nilai objek data tersebut berubah menjadi X_{new} dan Y_{new} . Apabila rotasi tersebut dilakukan pada data yang direpresentasikan sebagai matriks maka diperlukan sebuah matriks rotasi. Pada teknik *Random Rotation Perturbation*, matriks rotasi dibuat secara acak.

Jika data direpresentasikan sebagai matriks $X_{n \times d}$, *rotation perturbation* dari dataset X didefinisikan sebagai berikut.

$$G(X) = X_{n \times d} R_{d \times d} \quad (2.9)$$

Dimana $R_{d \times d}$ adalah matriks rotasi yang dibuat secara acak. Matriks rotasi berukuran d dimensi

dapat dibuat dengan cara membuat matriks *special orthogonal* secara acak karena sebuah matriks *special orthogonal* pasti merupakan matriks rotasi. Matriks *special orthogonal* adalah matriks yang memiliki sifat *orthogonal* dan determinannya bernilai +1, yang mana matriks *orthogonal* adalah matriks yang menghasilkan matriks identitas apabila dikalikan dengan transposenya sendiri. Matriks rotasi ini dapat dibuat secara efisien mengikuti distribusi Haar [9]. Dari definisi di atas dapat disimpulkan transformasi rotasi tersebut menjaga jarak Euclidean [7].

Teknik ini menjaga beberapa properti pada data antara lain yaitu jarak Euclidean, *inner product*, dan *geometric shape hyper* pada bidang multi-dimensi [1]. Oleh karena itu, beberapa teknik penambangan data tidak berpengaruh (dapat digunakan) terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* antara lain yaitu *K-nearest Neighbors*, *Support Vector Machines*, dan *Perceptrons* [7]. Teknik ini dipercaya dapat memberikan hasil penambangan yang maksimal, hasil penambangan data yang telah dirusak persis sama dengan hasil penambangan data aslinya. Sehingga jumlah informasi yang hilang tidak ada, tetapi jumlah privasi yang hilangnya tinggi. Walaupun demikian ada beberapa penelitian yang mengatakan bahwa karena teknik *Random Rotation Perturbation* ini memiliki sifat demikian sehingga teknik ini dikatakan tidak aman dan dapat diserang dengan beberapa teknik untuk mendapatkan data asli yang lengkap.

Transformasi translasi juga perlu dilakukan agar rotasi yang dilakukan merusak data secara menyeluruh. Apabila tidak dilakukan translasi, nilai pada data yang mendekati nilai nol akan menghasilkan nilai yang mendekati nol juga setelah dirotasi. Implikasi dari hal tersebut adalah lemahnya dalam menjaga privasi. Translasi dapat dilakukan dengan cara membuat matriks translasi yang acak lalu kalikan dengan matriks data asli. Translasi dapat dilakukan karena translasi tidak mengubah properti geometris dari matriks yang ditranslasi sehingga jarak Euclidean terjaga dan hasil penambangan data yang bergantung pada jarak Euclidean tetap sama.

Algoritma

Algoritma *Random Rotation Perturbation* memiliki beberapa langkah yaitu sebagai berikut.

1. *Dataset* yang memiliki atribut sebanyak d dan rekord sebanyak n direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran $n \times d$.
2. Buatlah matriks translasi acak yang diambil mengikuti distribusi *uniform* dengan rentang $[0, 100]$ berdimensi $(d + 1) \times (d + 1)$.
3. Untuk keperluan transformasi translasi, matriks *dataset* perlu ditambahkan sebuah kolom dengan nilai 1 pada seluruh barisnya.
4. Lakukan transformasi translasi dengan cara mengkalikan matriks *dataset* dengan matriks translasi yang telah dibuat pada langkah kedua.
5. Oleh karena transformasi translasi yang dilakukan, hasil translasi akan berupa matriks berdimensi $n \times (d + 1)$ dengan kolom terakhir berisi nilai 1 pada setiap barisnya. Oleh karena itu, kolom tersebut perlu dibuang agar dimensi matriks *dataset* kembali sesuai aslinya $n \times d$.
6. Buatlah matriks rotasi berukuran $d \times d$ dengan membuat matriks *special orthogonal* secara acak. Matriks *special orthogonal* memiliki sifat yaitu determinannya sebesar 1 dan hasil perkalian matriks tersebut dengan transposenya adalah matriks identitas.
7. Lakukan transformasi rotasi dengan cara mengkalikan matriks *dataset* dengan matriks rotasi yang telah dibuat pada langkah keenam.
8. Hasil matriks yang telah dirotasi sudah dapat langsung digunakan untuk penambangan data.

2.4.3 Random Projection Perturbation

Ide utama dari teknik *Random Projection Perturbation* adalah mereduksi dimensi dari representasi matriks data asli dengan syarat dimensi matriks tersebut cukup besar. Dasar dari teknik *Random Projection Perturbation* berdiri pada *Johnson-Lindenstrauss Lemma*. [10]

Lemma 1 (JOHNSON-LINDENSTRAUSS LEMMA). *For any $0 < \epsilon < 1$ and any integer s , let k be a positive integer such that $k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n$. Then, for any set S of $s = |S|$ data points in \mathbb{R}^m , there is a map $f : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^k$ such that, for all $x, y \in S$, $(1 - \text{eps})\|u - v\|^2 < \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \text{eps})\|u - v\|^2$, where $\|\cdot\|$ denotes the vector 2-norm.*

Inti dari Lemma ini menunjukkan bahwa titik-titik pada bidang Euclidean d -dimensi dapat diproyeksikan ke bidang Euclidean yang berdimensi lebih kecil dari d tetapi jarak Euclidean antara setiap titik tetap terjaga dengan distorsi yang terkontrol tetapi dengan syarat d harus cukup besar. Oleh karena adanya distorsi yang muncul, model yang dibuat dengan data tersebut mempunyai akurasi yang lebih kecil dibandingkan data aslinya. [11]

Projection perturbation dari dataset X didefinisikan sebagai berikut.

$$G(X) = X_{n \times d} R_{d \times k} \quad (2.10)$$

Dimana $R_{d \times k}$ adalah *random projection matrix* yang dihasilkan mengikuti distribusi normal, dengan rata-rata bernilai 0 dan standar deviasi bernilai $1/\sqrt{k}$. Ukuran matriks $R_{d \times k}$ disesuaikan dengan matriks $X_{n \times d}$ yang mana *dataset* asli dengan jumlah rekord n dan jumlah atribut d , yang mana d adalah jumlah fitur pada *dataset* atau dimensi matriks tersebut. Tentunya dalam mereduksi dimensi nilai k harus lebih kecil dari pada d , yang mana k adalah dimensi dari matriks baru yang dihasilkan dari *Random Projection Perturbation* ini.

Jika *random projection matrix* yang digunakan dihasilkan secara acak saja, hasil dari *random projection perturbation* akan terlalu merusak nilai pada data sehingga akurasi pada model yang dibuat menggunakan data tersebut kemungkinan berkurang drastis. Cara menanggulangi hal tersebut adalah menggunakan matriks *orthogonal* sebagai *random projection matrix*. Tetapi membuat matriks *orthogonal* yang berdimensi tinggi memiliki kompleksitas yang tinggi sehingga memerlukan *cost* yang besar. Pada observasi yang dilakukan Hecht-Neilsen menunjukkan bahwa “*that in a high-dimensional space, vectors with random directions are almost orthogonal*” [12]. Dapat disimpulkan bahwa dalam kasus matriks berdimensi tinggi apabila sebuah matriks dihasilkan secara acak mengikuti suatu distribusi, matriks tersebut akan bersifat kurang lebih hampir *orthogonal*. Oleh karena itu, matriks yang dibuat untuk *Random Projection Perturbation* cukup matriks acak yang mengikuti suatu distribusi saja.

Menurut *Johnson-Lindenstrauss Lemma*, reduksi dimensi pada matriks berdimensi tinggi minimal berdimensi k , yang mana k didefinisikan sebagai berikut.

$$k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n \quad (2.11)$$

Sebuah matriks yang akan diproyeksikan ke dimensi yang lebih kecil akan memiliki distorsi pada jarak Euclidean yang dimiliki oleh titik-titik (setiap elemen dari matriks) pada bidang Euclidean tersebut. Distorsi tersebut ditentukan oleh variabel ϵ , yang mana ϵ menjadi ukuran seberapa baik proyeksi dilakukan. Semakin kecil nilai ϵ maka semakin besar k , yang mana k adalah dimensi minimal matriks yang dihasilkan. Semakin titik-titik pada bidang Euclidean diproyeksikan ke dimensi lebih kecil, semakin besar kerusakan yang timbul pada jarak Euclidean titik-titik tersebut.

Persamaan berikut menyatakan rentang error yang terjadi pada *Random Projection Perturbation* dengan ϵ (eps) yang ditentukan berada pada rentang $(0, 1)$.

$$(1 - \text{eps})\|u - v\|^2 < \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \text{eps})\|u - v\|^2 \quad (2.12)$$

Pada hasil proyeksi, jarak Euclidean antara suatu titik dengan suatu titik lainnya dapat dipastikan

berada pada rentang tersebut dan tidak akan melebihi distorsi yang ditentukan.

Algoritma

Algoritma *Random Projection Perturbation* memiliki beberapa langkah yaitu sebagai berikut.

1. *Dataset* yang memiliki atribut sebanyak d dan rekord sebanyak n direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran $n \times d$.
2. Tentukan nilai variabel ϵ (epsilon) yang diinginkan dan berada pada rentang $(0, 1)$.
3. Hitung nilai minimal variabel k (dimensi minimal) dengan rumus berikut $k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n$.
4. Tentukan nilai variabel k yang diinginkan dengan memenuhi persyaratan pada langkah ketiga dan nilai variabel k yang dipilih harus lebih kecil dari d (dimensi *dataset* aslinya).
5. Buatlah matriks proyeksi berukuran $d \times k$ dengan cara membuat matriks acak yang diambil mengikuti distribusi normal dengan rata-rata bernilai 0 dan standar deviasi bernilai $1/\sqrt{k}$.
6. Lakukan proyeksi dengan cara mengkalikan matriks *dataset* dengan matriks proyeksi yang telah dibuat pada langkah kelima.
7. Hasil matriks yang telah diproyeksi sudah dapat langsung digunakan untuk penambangan data.

2.5 Bahasa Pemograman Python

Bahasa pemograman Python [13] adalah bahasa pemograman yang sudah umum digunakan untuk melakukan penambangan data. Oleh karena itu, komunitas pada bahasa pemograman Python sudah sangat besar dan banyak pihak yang membuat *library* dan *tools* yang mendukung dalam melakukan penambangan data pada bahasa pemograman ini. Tetapi bahasa pemograman Python tidak semata-mata hanya dapat digunakan untuk penambangan data, Python merupakan bahasa pemograman yang multifungsi dan banyak juga digunakan pada bidang lain selain penambangan data. Bahasa pemograman Python dapat juga digunakan untuk membuat antarmuka dengan dukungan *framework* tertentu. Selain itu, Python juga merupakan bahasa pemograman yang berorientasi objek. Berikut penjelasan beberapa *library*, *framework*, dan *tools* yang berguna untuk membuat antarmuka perangkat lunak, mendukung implementasi metode *Randomization*, dan mendukung proses penambangan data.

- Kivy¹ adalah *framework* yang berfungsi untuk membuat antarmuka perangkat lunak. Kivy dapat membuat antarmuka perangkat lunak pada berbagai *platform* seperti Windows, OS X, Android, iOS, dan Raspberry Pi.
- Numpy dan Scipy [14] adalah *library* yang berfungsi untuk memanipulasi struktur data matriks atau melakukan operasi matematis yang berkaitan struktur data *array* atau matriks. Contohnya yang dipakai pada penelitian ini adalah membuat matriks *orthogonal* secara acak.
- Pandas [15] adalah *library* yang berfungsi untuk menganalisis dan memanipulasi data berbentuk struktur data yang lebih kompleks seperti *dataframe*. Pandas juga menyediakan fungsi untuk membaca dokumen dan mengkonversinya ke struktur data *dataframe* dan sebaliknya.
- Scikit-learn [16] adalah *library* yang berfungsi untuk melakukan proses pembelajaran mesin dan memiliki berbagai macam fungsi pembelajaran mesin yang dapat digunakan untuk penambangan data seperti teknik *k-nearest neighbors* dan *k-means*.

¹<https://kivy.org/>

- Matplotlib [17], Plotly², dan Seaborn³ adalah *library* yang berfungsi untuk melakukan berbagai macam visualisasi dengan mudah. Contohnya yang dipakai pada penelitian ini adalah visualisasi dengan *scatter plot* dan *line plot*.
- Spyder⁴ adalah sebuah perangkat lunak *integrated development environment* (IDE) yang berfungsi sebagai editor dan *compiler* bahasa pemrograman Python serta berfungsi untuk menampilkan berbagai macam visualisasi. Perangkat lunak ini sudah umum digunakan untuk penambangan data karena kemudahannya.
- Anaconda⁵ adalah *tools* yang berfungsi sebagai *platform data science* dengan bahasa pemrograman Python yang memudahkan pengguna dalam manajemen *package*, *setup* seluruh perangkat lunak, *library*, IDE, dan berbagai macam keperluan lainnya yang berkaitan dengan bahasa pemrograman Python serta berbagai hal yang mendukung proses penambangan data.

²<https://plotly.com/>

³<https://seaborn.pydata.org/>

⁴<https://www.spyder-ide.org/>

⁵<https://www.anaconda.com/>

BAB 3

ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan analisis yang telah dilakukan terhadap *privacy preserving data mining*, metode *Randomization*, studi kasus, teknik penambangan data, dan gambaran umum perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak dijelaskan melalui diagram aktivitas dan diagram kelas yang telah dibuat berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

3.1 Analisis Masalah

Pada penelitian ini masalah yang ingin dicoba untuk diselesaikan adalah privasi yang terlanggar tidak sebanding dengan hasil yang didapatkan pada penambangan data. Privasi pada data yang digunakan untuk proses penambangan data mungkin saja didapatkan oleh pihak yang tidak berhak. Oleh karena itu, penelitian ini menguji salah satu solusi terhadap masalah tersebut dengan cara mengacak data yang akan ditambah dengan metode *Randomization* sehingga privasinya hilang tetapi data tersebut tetap dapat digunakan untuk penambangan data. Privasi yang perlu dijaga antara lain mengenai identitas seseorang atau hal yang dapat dikaitkan terhadap identitas seseorang. Dua buah teknik yang digunakan yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* diimplementasikan menjadi sebuah perangkat lunak dan diuji kualitas dari hasil teknik tersebut dengan melakukan penambangan data.

3.1.1 Implementasi Metode *Randomization*

Teknik yang dipilih untuk diimplementasikan adalah teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Tetapi ada kekurangan pada kedua teknik tersebut yaitu nilai setiap data yang ingin diacak harus bersifat numerik dan kedua teknik tersebut hanya menjaga jarak Euclidean antara setiap titik (sebuah baris pada *dataset*) dengan titik lainnya sehingga hanya teknik penambangan data yang bergantung pada jarak Euclidean saja yang dapat digunakan. Oleh karena itu, kedua teknik *Randomization* diuji dengan melakukan penambangan data dengan teknik klasifikasi yaitu *k-nearest neighbors* dan teknik *clustering* yaitu *k-means* untuk menguji coba keberhasilan kedua teknik *Randomization* dan untuk membandingkan kualitas hasil dari kedua teknik *Randomization* tersebut.

Perangkat lunak diharapkan dapat berfungsi untuk menerapkan teknik *Random Rotation Perturbation* terhadap *dataset* apapun dengan syarat seluruh fiturnya bersifat numerik dan menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* terhadap *dataset* yang memenuhi persyaratan yaitu dimensinya cukup besar dan seluruh fiturnya bersifat numerik. Hasil akhir dari perangkat lunak berbentuk sebuah dokumen berjenis *comma-separated values*. Pada penambangan data, sebuah model yang telah dibuat sangat mungkin untuk dilatih lagi dengan data yang baru. Oleh karena itu, perangkat lunak juga diharapkan dapat menyimpan matriks rotasi/proyeksi yang telah dibuat agar dapat digunakan kembali apabila ada penambahan data di waktu yang akan datang.

Metode *Randomization* diimplementasikan dengan bantuan bahasa pemrograman Python beserta berbagai *library* seperti Pandas, Numpy, Scikit-learn, dan Scipy. Perangkat lunak *Randomization* dibangun beserta antarmukanya dengan bantuan *framework* antarmuka yaitu Kivy.

Teknik *Random Rotation Perturbation*

Teknik *Random Rotation Perturbation* menggunakan matriks *special orthogonal* untuk mengacak *dataset* tanpa mengubah jarak Euclidean *dataset* tersebut. Matriks *special orthogonal* relatif sulit dibuat pada dimensi yang tinggi dan kompleksitasnya tidak kecil yaitu $O(n^2)$ [9]. Untuk *dataset* yang sangat besar, masih dapat dilakukan pengacakan dengan teknik ini walaupun mungkin akan sedikit memakan waktu. Pada implementasi perangkat lunak, matriks *special orthogonal* dibuat dengan *library Scipy*¹.

Walaupun seperti itu, teknik ini dapat menjamin bahwa tidak akan ada distorsi yang terjadi pada jarak Euclidean pada seluruh data atau dengan kata lain jarak Euclidean tidak berubah sama sekali. Hal ini disebabkan oleh metode yang dipakai hanya dengan merotasi seluruh titik yang merepresentasikan sebuah objek data dalam bidang Euclidean. Transformasi rotasi akan merubah nilai setiap titik pada bidang tersebut tetapi karena pada dasarnya setiap titik bergerak dengan gerakan yang sama yaitu sebuah rotasi yang sama sehingga tidak akan ada perubahan pada jarak Euclidean antara seluruh titik-titik yang ada.

Transformasi rotasi mempunyai kelemahan yaitu apabila ada titik pada bidang Euclidean yang nilainya kecil mendekati 0 maka walaupun dirotasi dengan rotasi yang berbeda-beda, bagaimanapun juga titik tersebut akan tetap bernilai kecil atau berada dekat dengan nilai 0. Hal ini berpotensi menjadi sebuah faktor yang lemah untuk melindungi privasi [7]. Oleh karena itu transformasi translasi perlu dilakukan sebelum melakukan rotasi agar titik tersebut tidak selalu mendekati nilai 0 saat dirotasi dengan berbagai macam rotasi. Transformasi translasi dilakukan dengan melakukan translasi yang nilainya diambil secara acak pada rentang $[0, 100]$ sehingga translasi yang dilakukan tidak bisa diketahui oleh orang yang tidak berhak.

Teknik *Random Projection Perturbation*

Teknik *Random Projection Perturbation* didasarkan pada lemma *Johnson-Lindenstrauss* yang mengatakan bahwa sejumlah titik pada bidang Euclidean berdimensi tertentu dapat diproyeksikan ke dimensi yang lebih kecil tanpa mengubah secara signifikan jarak Euclidean antara titik-titik tersebut. Distorsi terburuk yang dapat terjadi pada jarak Euclidean setelah proyeksi dilakukan ditentukan oleh nilai variabel *epsilon* dengan Pertidaksamaan 3.1 yang menunjukkan rentang jarak Euclidean sebuah objek data dengan sebuah objek data yang lain setelah diproyeksi.

$$(1 - \text{eps})\|u - v\|^2 < \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \text{eps})\|u - v\|^2 \quad (3.1)$$

Pertidaksamaan di atas menyatakan bahwa kuadrat dari jarak Euclidean antara dua buah titik setelah diproyeksi tidak akan kurang dari kuadrat jarak Euclidean aslinya dikalikan $(1 - \text{eps})$ dan tidak akan lebih dari kuadrat jarak Euclidean aslinya dikalikan $(1 + \text{eps})$. Lemma *Johnson-Lindenstrauss* menjamin bahwa jarak Euclidean pada data setelah diproyeksi hanya akan berada pada rentang tersebut dan bisa saja jarak Euclidean setelah diproyeksi sangat dekat dengan jarak Euclidean aslinya karena belum tentu jarak Euclidean data setelah diproyeksi menyentuh batas pertidaksamaan tersebut. Tetapi pertidaksamaan ini juga dapat menyatakan bahwa jarak Euclidean setelah diproyeksi dengan aslinya tidak mungkin sama persis.

Agar pertidaksamaan sebelumnya berlaku ada persyaratan yang harus dipenuhi yaitu nilai minimal variabel k atau dengan kata lain target dimensi terkecilnya proyeksi dilakukan harus memenuhi Pertidaksamaan 3.2.

$$k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n \quad (3.2)$$

Variabel n pada persamaan tersebut adalah jumlah titik pada bidang Euclidean atau dengan kata lain jumlah baris pada *dataset* yang ingin diacak. Dari persamaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dimensi minimal sebuah *dataset* diproyeksikan berbanding lurus dengan jumlah baris pada

¹http://scipy.github.io/devdocs/generated/scipy.stats.special_ortho_group.html

dataset tersebut. Apabila sebuah *dataset* diproyeksikan ke dimensi paling minimal dan diterapkan teknik penambangan data sehingga menghasilkan sebuah model penambangan data dengan data latihannya adalah *dataset* tersebut maka model tersebut akan melanggar persamaan di atas jika model tersebut dilatih kembali dengan data yang baru karena artinya bidang Euclidean yang disebutkan tadi akan memiliki titik yang lebih banyak, nilai n yang lebih besar.

Oleh karena itu, berdasarkan analisis di atas teknik *Random Projection Perturbation* tidak relevan untuk model penambangan data yang memiliki sangat banyak data tetapi berdimensi relatif kecil dibandingkan dengan jumlah datanya. Tetapi masalah ini dapat dihindari dengan tidak mereduksi dimensi ke dimensi yang sangat kecil atau paling minimal sehingga tidak terlalu cepat nilai minimal variabel k meningkat sampai menyulut dimensi *dataset* setelah proyeksi. Selain itu, jarak Euclidean setelah diproyeksi juga belum tentu pasti menyentuh batas pertidaksamaan yang di atas sehingga belum tentu hasil proyeksi memiliki distorsi yang sangat besar apabila nilai minimal variabel k melebihi besar dimensi *dataset* yang telah diacak.

Teknik *Random Projection Perturbation* memiliki kompleksitas yang relatif kecil yaitu $O(dkn)$ [12]. Oleh karena kompleksitas yang cukup rendah maka teknik ini dapat bekerja secara cepat untuk penambangan data dengan *dataset* yang besar sekalipun. Oleh karena itu, teknik ini berpotensi dapat berkerja dengan baik dalam lingkungan *big data* karena kompleksitas yang relatif kecil dan dapat bekerja pada *dataset* yang sangat besar. Hal ini disebabkan oleh metode yang digunakan oleh teknik ini adalah melakukan proyeksi dengan cara mengkalikan *dataset* yang sudah berbentuk matriks dengan matriks proyeksi yang berupa matriks acak saja, tidak ada sifat spesial pada matriks acak tersebut seperti teknik *Random Rotation Perturbation* sehingga pembuatan matriks proyeksinya dapat dilakukan dengan cepat. Pada implementasi perangkat lunak, teknik *Random Projection Perturbation* diimplementasikan dengan *library* Scikit-learn² yang meliputi implementasi berbagai fungsi antara lain seperti pembuatan matriks proyeksi, menghitung nilai minimal variabel k , dan perkalian matriks.

3.1.2 Pengujian Dengan Penambangan Data

Pengujian fungsional dan eksperimental dilakukan masing-masing untuk menguji apakah perangkat lunak berfungsi secara benar menerapkan metode *Randomization* dan menguji hasil perangkat lunak. Pengujian fungsional dilakukan dengan membandingkan nilai pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak apakah berbeda. Pengujian eksperimental dilakukan untuk melihat perbedaan apa saja yang terjadi pada *dataset*. Pengujian tersebut membandingkan beberapa informasi pada *dataset* yaitu rata-rata, standar deviasi, nilai terkecil, nilai terbesar, kuartil bawah, kuartil tengah, dan kuartil atas setiap kolom pada *dataset*. Selain itu pada pengujian eksperimental, dilakukan perbandingan model penambangan data klasifikasi dan *clustering* antara model yang dilatih menggunakan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak.

Teknik penambangan data diimplementasikan dengan bantuan bahasa pemrograman Python beserta berbagai *library* seperti Pandas, Numpy, Scikit-learn, dan Scipy. Perangkat lunak untuk menerapkan penambangan data dijalankan dengan bantuan perangkat lunak Spyder dan Anaconda untuk menampilkan visualisasi dan teks yang dihasilkan oleh perangkat lunak penambangan data yang berbahasa pemrograman Python.

Pengujian Dengan Teknik Penambangan Data Klasifikasi *K-nearest Neighbors*

Teknik penambangan data klasifikasi yang digunakan untuk menguji kualitas hasil dari metode *Randomization* adalah teknik *k-nearest neighbors*. Hasil dari metode *Randomization* diharapkan masih dapat digunakan untuk penambangan data klasifikasi dengan kualitas yang sama seperti memakai *dataset* (asli) yang tidak diacak. Pada pengujian yang dilakukan, perbandingan antara *dataset* asli dengan *dataset* yang telah diacak diterapkan dengan melakukan proses dari awal sampai akhir pembuatan model klasifikasi hingga evaluasi model tersebut. Tujuan utama pengujian

²https://scikit-learn.org/stable/modules/random_projection.html

adalah membandingkan akurasi (dalam memprediksi *test set*) terbaik model yang dibuat dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Apabila akurasi tersebut sama atau mirip, maka teknik *Randomization* yang digunakan dapat dinyatakan berhasil dan efektif digunakan untuk *privacy preserving data mining* dengan teknik penambangan data klasifikasi menggunakan algoritma *k-nearest neighbors*.

Dataset asli dan *dataset* yang telah diacak masing-masing digunakan untuk membuat model *k-nearest neighbors*. Proses penambangan data *k-nearest neighbors* dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

1. Membuat 10 (dapat berubah disesuaikan dengan pengujian yang dilakukan) model *k-nearest neighbors* dengan nilai variabel *k* sebesar 1 sampai 10 untuk mengetahui model dengan nilai variabel *k* mana yang memiliki akurasi tertinggi.
2. Melatih 10 model tersebut dengan *training set* (60 persen baris pada *dataset* diambil secara acak) yang sama.
3. Melakukan prediksi dengan 10 model tersebut terhadap *training set* yang sama.
4. Melakukan prediksi dengan 10 model tersebut terhadap *test set* (40 persen baris pada *dataset* diambil secara acak) yang sama.
5. Menghitung akurasi 10 model tersebut pada hasil prediksi *training set* dan *test set*.
6. Membuat grafik hubungan antara nilai variabel *k* dengan akurasi pada *training set* dan *test set*.
7. Menampilkan seluruh nilai akurasi pada setiap nilai variabel *k*.
8. Membuat model dengan nilai variabel *k* yang memiliki akurasi tertinggi lalu menghitung akurasinya pada *test set* dan menghitung waktu eksekusi saat melatih model dan melakukan prediksi.
9. Menampilkan akurasi model, waktu eksekusi untuk melatih model, dan waktu eksekusi dalam melakukan prediksi dengan model tersebut.

Proses penambangan data tersebut dilakukan dua kali masing-masing menggunakan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak agar dapat dibandingkan nilai akurasi tertinggi, nilai variabel *k* yang memiliki akurasi tertinggi, dan waktu eksekusi pelatihan model dan prediksi dengan model tersebut. Dalam membandingkan akurasi model dapat diketahui apakah metode *Randomization* yang digunakan mempunyai kualitas yang baik atau tidak untuk digunakan dalam penambangan data klasifikasi dengan teknik *k-nearest neighbors*. Kedua model klasifikasi yang dibandingkan dapat dinyatakan sama atau mirip apabila akurasi masing-masing pada kedua model tersebut mempunyai nilai yang sama atau tidak jauh perbedaannya.

Pengujian Dengan Teknik Penambangan Data *Clustering K-means*

Teknik penambangan data *clustering* yang digunakan untuk menguji kualitas hasil dari metode *Randomization* adalah teknik *k-means*. Hasil dari metode *Randomization* diharapkan masih dapat digunakan untuk penambangan data *clustering* dengan kualitas yang sama seperti memakai *dataset* (asli) yang tidak diacak. Pada pengujian yang dilakukan, perbandingan antara *dataset* asli dengan *dataset* yang telah diacak diterapkan dengan melakukan proses dari awal sampai akhir pembuatan model *clustering* hingga evaluasi model tersebut. Tujuan utama pengujian adalah membandingkan jumlah *cluster* yang ada dan anggota pada setiap *cluster* apakah sama atau mirip pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Apabila jumlah *cluster*-nya sama dan anggota-anggota setiap *cluster* sama atau mirip, maka teknik *Randomization* yang digunakan dapat dinyatakan berhasil

dan efektif digunakan untuk *privacy preserving data mining* dengan teknik penambangan data *clustering* menggunakan algoritma *k-means*.

Perlu diperhatikan bahwa teknik *Random Projection Perturbation* memiliki persyaratan yaitu *dataset* yang digunakan harus berdimensi cukup besar. Hal ini membuat visualisasi sulit untuk dilakukan, oleh karena itu teknik *Principal Component Analysis* digunakan untuk mereduksi dimensi *dataset* yang sangat besar dalam pengujian ini menjadi 2 dimensi saja. Teknik ini sudah terbukti relatif baik dan sudah umum digunakan untuk teknik penambangan data *clustering* dengan algoritma *k-means*.

Dataset asli dan *dataset* yang telah diacak masing-masing digunakan untuk membuat model *k-means*. Proses penambangan data *k-means* dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

1. Membuat 9 model *k-means* dengan nilai variabel *k* sebesar 2 sampai 10 untuk mengetahui model dengan nilai variabel *k* mana yang memiliki *cluster* terbaik.
2. Melatih 9 model tersebut dengan *dataset* yang sama.
3. Menghitung nilai *Sum of Squared Error* dan *Silhouette Score* pada 9 model tersebut.
4. Membuat grafik hubungan antara nilai variabel *k* dengan nilai *Sum of Squared Error*.
5. Membuat grafik hubungan antara nilai variabel *k* dengan nilai *Silhouette Score*.
6. Menampilkan seluruh nilai *Sum of Squared Error* pada setiap nilai variabel *k*.
7. Menampilkan seluruh nilai *Silhouette Score* pada setiap nilai variabel *k*.
8. Menampilkan nilai *Silhouette Score* tertinggi dan nilai variabel *k*-nya.
9. Membuat model dengan nilai variabel *k* yang memiliki *Silhouette Score* tertinggi lalu menghitung *Silhouette Score*-nya dan menghitung waktu eksekusi saat melatih model.
10. Menampilkan visualisasi *cluster* pada model dengan *Scatter Plot*, *Silhouette Score* model, dan waktu eksekusi untuk melatih model tersebut.

Proses penambangan data tersebut dilakukan dua kali masing-masing menggunakan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak agar dapat dibandingkan visualisasi *cluster* pada model yang terbaik, nilai variabel *k* yang dimiliki oleh model yang terbaik, dan informasi lainnya yaitu *Sum of Squared Error*, *Silhouette Score*, dan waktu pelatihan model. Dalam membandingkan antara model *clustering* yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak, metode *Adjusted Rand Index* digunakan untuk mengukur kemiripan antara kedua model *clustering* tersebut. Dari metode *Adjusted Rand Index* dapat diketahui apakah metode *Randomization* yang digunakan mempunyai kualitas yang baik atau tidak untuk digunakan dalam penambangan data *clustering* dengan teknik *k-means*. Kedua model *clustering* yang dibandingkan dapat dinyatakan sama atau mirip apabila nilai *Adjusted Rand Index* pada kedua model *clustering* tersebut mendekati angka 1.

3.2 Studi Kasus

Studi kasus dilakukan dalam rangka untuk lebih memahami bagaimana cara kerja teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Studi kasus dilakukan dengan menggunakan *dataset iris*³. *Dataset iris* adalah *dataset* yang berisi data tentang korelasi antara ukuran bunga dengan spesiesnya. *Dataset* ini memiliki empat buah fitur, satu buah label, dan 150 baris data. Fitur-fitur pada *dataset iris* adalah kolom *sepal_length*, *sepal_width*, *petal_length*, dan *petal_width*. Label pada *dataset iris* adalah kolom *species*. Dalam rangka memudahkan perhitungan, pada studi kasus ini data yang dipakai hanya sebagian kecil saja dari seluruh data pada *dataset iris* yaitu 9 baris pertama. Sebagian *dataset* tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

³<https://www.kaggle.com/uciml/iris>

Tabel 3.1: Tabel *dataset iris* yang digunakan sebagai contoh kasus

sepal_length	sepal_width	petal_length	petal_width	species
5.1	3.5	1.4	0.2	setosa
4.9	3	1.4	0.2	setosa
4.7	3.2	1.3	0.2	setosa
4.6	3.1	1.5	0.2	setosa
5	3.6	1.4	0.2	setosa
5.4	3.9	1.7	0.4	setosa
4.6	3.4	1.4	0.3	setosa
5	3.4	1.5	0.2	setosa
4.4	2.9	1.4	0.2	setosa

3.2.1 Random Rotation Perturbation

Berikut langkah-langkah teknik *Random Rotation Perturbation* yang diaplikasikan pada *dataset iris* pada Tabel 3.1.

- Fitur-fitur pada *dataset* tersebut yang berbentuk tabel direpresentasikan sebagai matriks. Labelnya tidak diikutsertakan. Matriks tersebut dapat dilihat pada Matriks 3.3 dan selanjutnya disebut sebagai matriks *dataset*.

$$\begin{bmatrix} 5.1 & 3.5 & 1.4 & 0.2 \\ 4.9 & 3 & 1.4 & 0.2 \\ 4.7 & 3.2 & 1.3 & 0.2 \\ 4.6 & 3.1 & 1.5 & 0.2 \\ 5 & 3.6 & 1.4 & 0.2 \\ 5.4 & 3.9 & 1.7 & 0.4 \\ 4.6 & 3.4 & 1.4 & 0.3 \\ 5 & 3.4 & 1.5 & 0.2 \\ 4.4 & 2.9 & 1.4 & 0.2 \end{bmatrix}_{9 \times 4} \quad (3.3)$$

- Membuat matriks translasi yang diambil mengikuti distribusi *uniform* dengan rentang [0,100] dengan dimensi sesuai dimensi matriks *dataset*. Hasilnya dapat dilihat pada Matriks 3.4.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 71 & 93 & 77 & 27 & 1 \end{bmatrix}_{5 \times 5} \quad (3.4)$$

- Untuk keperluan translasi, matriks *dataset* yang dapat dilihat pada Matriks 3.3 ditambahkan sebuah kolom dengan nilai 1 pada setiap barisnya. Hasilnya dapat dilihat pada Matriks 3.5.

$$\begin{bmatrix} 5.1 & 3.5 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 4.9 & 3 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 4.7 & 3.2 & 1.3 & 0.2 & 1 \\ 4.6 & 3.1 & 1.5 & 0.2 & 1 \\ 5 & 3.6 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 5.4 & 3.9 & 1.7 & 0.4 & 1 \\ 4.6 & 3.4 & 1.4 & 0.3 & 1 \\ 5 & 3.4 & 1.5 & 0.2 & 1 \\ 4.4 & 2.9 & 1.4 & 0.2 & 1 \end{bmatrix}_{9 \times 5} \quad (3.5)$$

4. Dilakukan transformasi translasi terhadap matriks *dataset* dengan matriks translasi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya dengan cara mengkalikan matriks *dataset* yang dapat dilihat pada Matriks 3.5 dengan matriks translasi yang dapat dilihat pada Matriks 3.4. Hasil translasi pada matriks *dataset* dapat dilihat pada Matriks 3.6. Dapat dilihat kolom terakhir adalah kolom yang harus dibuang karena kolom tersebut ada hanya untuk melakukan transformasi translasi yang telah dilakukan.

$$\begin{bmatrix} 76.1 & 96.5 & 78.4 & 27.2 & 1 \\ 75.9 & 96 & 78.4 & 27.2 & 1 \\ 75.7 & 96.2 & 78.3 & 27.2 & 1 \\ 75.6 & 96.1 & 78.5 & 27.2 & 1 \\ 76 & 96.6 & 78.4 & 27.2 & 1 \\ 76.4 & 96.9 & 78.7 & 27.4 & 1 \\ 75.6 & 96.4 & 78.4 & 27.3 & 1 \\ 76 & 96.4 & 78.5 & 27.2 & 1 \\ 75.4 & 95.9 & 78.4 & 27.2 & 1 \end{bmatrix}_{9 \times 5} \quad (3.6)$$

5. Berikutnya matriks rotasi dibuat dengan cara membuat matriks *special orthogonal* yang berdimensi sesuai dimensi matriks *dataset*. Matriks rotasi berikut dibuat dengan menggunakan *library Scipy*⁴ pada bahasa pemrograman Python. Hasilnya dapat dilihat pada Matriks 3.7.

$$\begin{bmatrix} -0.45126938 & -0.70425922 & 0.32389616 & 0.44211556 \\ -0.43989334 & 0.70728617 & 0.39249528 & 0.39011226 \\ -0.17797534 & 0.06110969 & -0.83056872 & 0.52416218 \\ 0.75576092 & 0.00555185 & 0.22626167 & 0.61449187 \end{bmatrix}_{4 \times 4} \quad (3.7)$$

6. Dilakukan transformasi rotasi terhadap matriks *dataset* dengan matriks rotasi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya dengan cara mengkalikan matriks *dataset* yang dapat dilihat pada Matriks 3.6 dengan matriks rotasi yang dapat dilihat pada Matriks 3.7. Hasil rotasi dapat dilihat pada Matriks 3.8. Hasil dari penerapan teknik *Random Rotation Perturbation* pada *dataset iris* ini sudah dapat langsung digunakan untuk penambangan data.

$$\begin{bmatrix} -70.18787676 & 19.60099878 & 3.56202207 & 129.09932098 \\ -69.87767621 & 19.38820754 & 3.3009952 & 128.81584174 \\ -69.85760347 & 19.66440565 & 3.3977719 & 128.75302486 \\ -69.80408227 & 19.67632489 & 3.16001901 & 128.77463452 \\ -70.18673916 & 19.74215332 & 3.56888198 & 129.09412065 \\ -70.40145533 & 19.69207876 & 3.61227075 & 129.66814758 \\ -69.84267664 & 19.88295496 & 3.38345063 & 128.90070116 \\ -70.11655802 & 19.60680705 & 3.40732606 & 129.06851442 \\ -69.60805219 & 19.66960853 & 3.09979759 & 128.55577273 \end{bmatrix}_{9 \times 4} \quad (3.8)$$

3.2.2 Random Projection Perturbation

Teknik *Random Projection Perturbation* memiliki persyaratan pada *dataset* agar teknik ini menghasilkan hasil yang baik yaitu *dataset* tersebut harus memiliki dimensi yang cukup besar. Sebetulnya *dataset iris* yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 tidak memenuhi persyaratan untuk mendapatkan hasil yang baik, tetapi untuk memudahkan perhitungan pada studi kasus ini data yang dipakai adalah *dataset* tersebut saja yang memiliki dimensi yang kecil dan hanya sebagian kecil saja data yang dipakai. Dalam menghitung nilai minimal variabel *k* juga, pada studi kasus ini menggunakan jumlah rekord dan atribut yang tidak sesuai dengan *dataset iris* untuk keperluan kemudahan dalam

⁴http://scipy.github.io/devdocs/generated/scipy.stats.special_ortho_group.html

melakukan studi kasus dan juga agar memenuhi persyaratan teknik *Random Projection Perturbation*. Jumlah rekordnya adalah 1000 dan jumlah atributnya adalah 500.

Berikut langkah-langkah teknik *Random Projection Perturbation* yang diaplikasikan pada *dataset iris* pada Tabel 3.1.

- Fitur-fitur pada *dataset* tersebut yang berbentuk tabel direpresentasikan sebagai matriks. Labelnya tidak diikutsertakan. Matriks tersebut dapat dilihat pada Matriks 3.9 dan selanjutnya disebut sebagai matriks *dataset*.

$$\begin{bmatrix} 5.1 & 3.5 & 1.4 & 0.2 \\ 4.9 & 3 & 1.4 & 0.2 \\ 4.7 & 3.2 & 1.3 & 0.2 \\ 4.6 & 3.1 & 1.5 & 0.2 \\ 5 & 3.6 & 1.4 & 0.2 \\ 5.4 & 3.9 & 1.7 & 0.4 \\ 4.6 & 3.4 & 1.4 & 0.3 \\ 5 & 3.4 & 1.5 & 0.2 \\ 4.4 & 2.9 & 1.4 & 0.2 \end{bmatrix}_{9 \times 4} \quad (3.9)$$

- Ditentukan nilai ϵ (*epsilon*) yang diinginkan adalah 0.5. Pertidaksamaan 3.1 dapat digunakan untuk melihat rentang jarak Euclidean antara sebuah titik yang merepresentasikan sebuah objek data dan titik lainnya dari *dataset* yang telah diproyeksi. Contoh yang diberikan berikut menguji rentang jarak Euclidean antara baris ke-6 dan ke-9 setelah diproyeksi.

$$\begin{aligned} \|u - v\|^2 &= (5.4 - 4.4)^2 + (3.9 - 2.9)^2 + (1.7 - 1.4)^2 + (0.4 - 0.2)^2 \\ &= 2.13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1 - \epsilon)\|u - v\|^2 &< \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \epsilon)\|u - v\|^2 \\ (1 - 0.5)2.13 &< \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + 0.5)2.13 \\ 1.065 &< \|p(u) - p(v)\|^2 < 3.195 \end{aligned}$$

- Nilai minimal variabel k (dimensi minimal) dihitung dengan Pertidaksamaan 3.2.

$$\begin{aligned} k &\geq \frac{4 \ln n}{\frac{\epsilon^2}{2} - \frac{\epsilon^3}{3}} \\ &\geq \frac{4 \ln 1000}{\frac{0.5^2}{2} - \frac{0.5^3}{3}} \\ &\geq \frac{27.63}{0.125 - 0.041666} \\ &\geq 331.57 \end{aligned}$$

- Nilai variabel k dipilih sesuai keinginan, dalam kasus ini dipilih nilai k sebesar 332. Tetapi untuk keperluan kemudahan dalam melakukan studi kasus, nilai k yang digunakan adalah 3 saja.
- Membuat matriks proyeksi berukuran $d \times k$ dengan cara membuat matriks acak yang diambil mengikuti distribusi normal dengan rata-rata bernilai 0 dan standar deviasi bernilai $1/\sqrt{k}$. Untuk keperluan kemudahan dalam melakukan studi kasus, *dataset iris* direduksi dimensinya

menjadi 3 dimensi saja. Hasilnya dapat dilihat pada Matriks 3.10.

$$\begin{bmatrix} 0.11483014 & -0.10167359 & 0.06652355 \\ 0.0638684 & -0.1499892 & 0.10146435 \\ -0.10429573 & 0.03839861 & 0.04955419 \\ -0.0315941 & -0.06905021 & -0.17782438 \end{bmatrix}_{4 \times 3} \quad (3.10)$$

6. Dilakukan proyeksi dengan cara mengkalikan matriks *dataset* yang dapat dilihat pada Matriks 3.9 dengan matriks proyeksi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya dan dapat dilihat pada Matriks 3.10. Hasil proyeksi dapat dilihat pada Matriks 3.11. Hasil dari penerapan teknik *Random Projection Perturbation* pada *dataset iris* ini sudah dapat langsung digunakan untuk penambangan data.

$$\begin{bmatrix} 0.65684027 & -1.0035495 & 0.72820632 \\ 0.60194004 & -0.90822018 & 0.66416944 \\ 0.60217727 & -0.92172316 & 0.66620218 \\ 0.56344827 & -0.88887716 & 0.65931422 \\ 0.6517441 & -1.00838106 & 0.7317004 \\ 0.67922914 & -1.09633771 & 0.76805051 \\ 0.58987895 & -0.9446188 & 0.66701567 \\ 0.62854085 & -0.97454336 & 0.71636295 \\ 0.53813813 & -0.84238446 & 0.62076123 \end{bmatrix}_{9 \times 3} \quad (3.11)$$

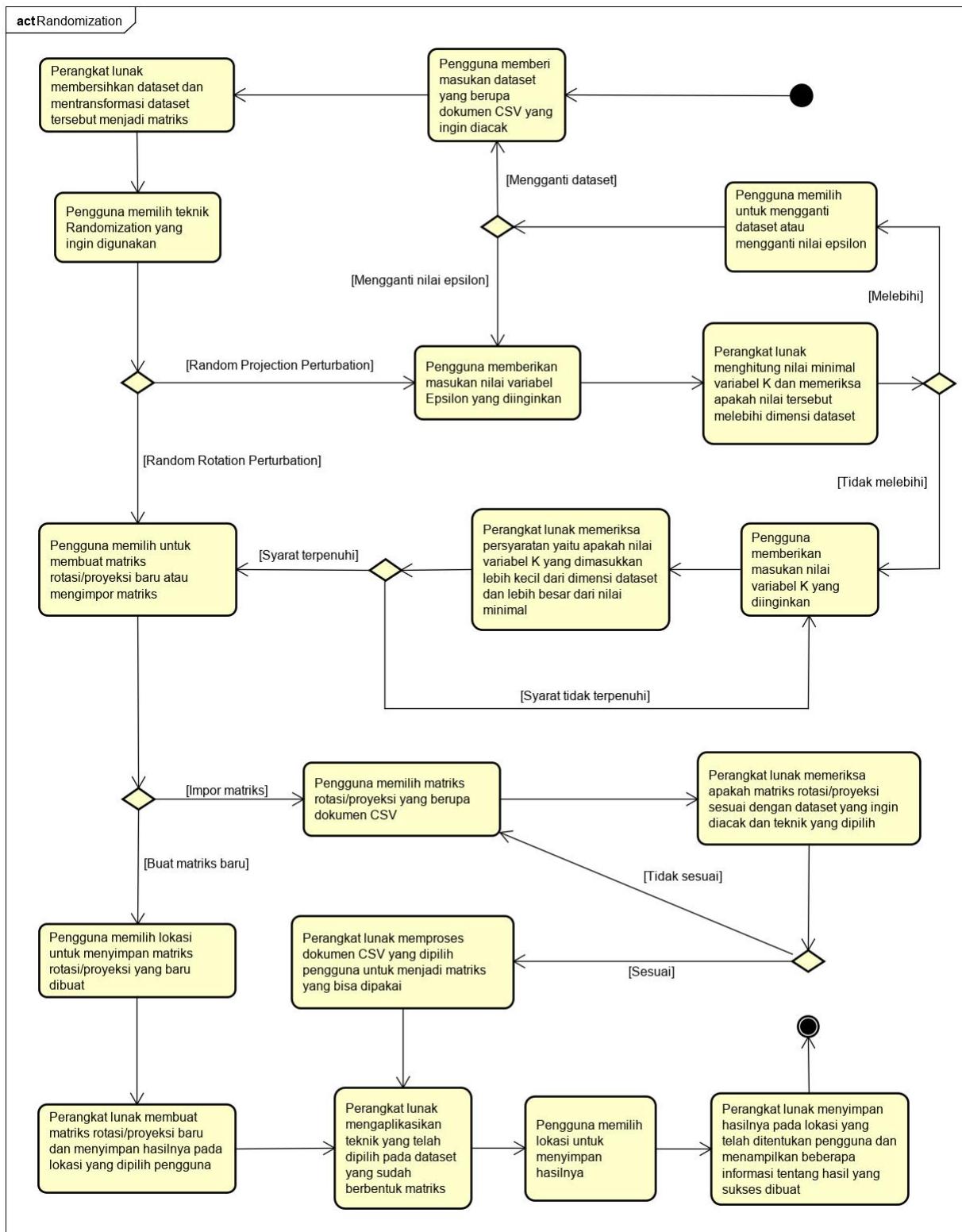
3.3 Gambaran Umum Perangkat Lunak

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi pada implementasi perangkat lunak seperti alur, masukan, keluaran, dan implementasi fungsi perangkat lunak. Hal-hal tersebut harus disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan dibuatnya perangkat lunak ini. Oleh karena itu, perlu adanya perancangan untuk menjadi gambaran bagaimana perangkat lunak yang dibuat berfungsi. Diagram aktivitas dibuat untuk menunjukkan bagaimana perangkat lunak bekerja dengan alur yang baik serta masukan dan keluaran yang tepat. Perancangan kelas dibuat untuk menunjukkan bagaimana perangkat lunak diimplementasikan dan berfungsi dengan baik.

Perangkat lunak yang mengimplementasikan metode *Randomization* mempunyai sebuah masukan yaitu *dataset* berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Apabila perangkat lunak mengimplementasikan metode *Randomization* terhadap *dataset* tersebut maka hasil keluarannya adalah *dataset* yang telah diacak berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Pada subbab ini ditunjukkan gambaran umum perangkat lunak yang dijelaskan dengan diagram aktivitas dan diagram kelas.

3.3.1 Diagram Aktivitas

Perangkat lunak *Randomization* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodifikasi data dengan metode *Randomization*. Perangkat lunak ini memiliki fungsi untuk mengubah nilai setiap data yang dimasukan agar privasinya terjaga tetapi masih dapat dilakukan penambangan data. Algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* diimplementasikan pada perangkat lunak ini yang merupakan fungsi utamanya yaitu mengubah nilai pada setiap data. Berdasarkan studi literatur, analisis masalah, dan studi kasus yang telah dilakukan pada kedua teknik tersebut maka perangkat lunak yang diimplementasikan dirancang sehingga memiliki berbagai pilihan, masukan, dan parameter yang pengguna harus berikan. Selain itu ada beberapa persyaratan atau batasan yang harus dipenuhi oleh pengguna agar perangkat lunak ini berjalan dengan semestinya. Diagram aktivitas untuk perangkat lunak *Randomization* dapat dilihat pada Gambar 3.1. Berikut adalah penjelasan langkah-langkah pada diagram aktivitas tersebut.

Gambar 3.1: Diagram aktivitas perangkat lunak *Randomization*

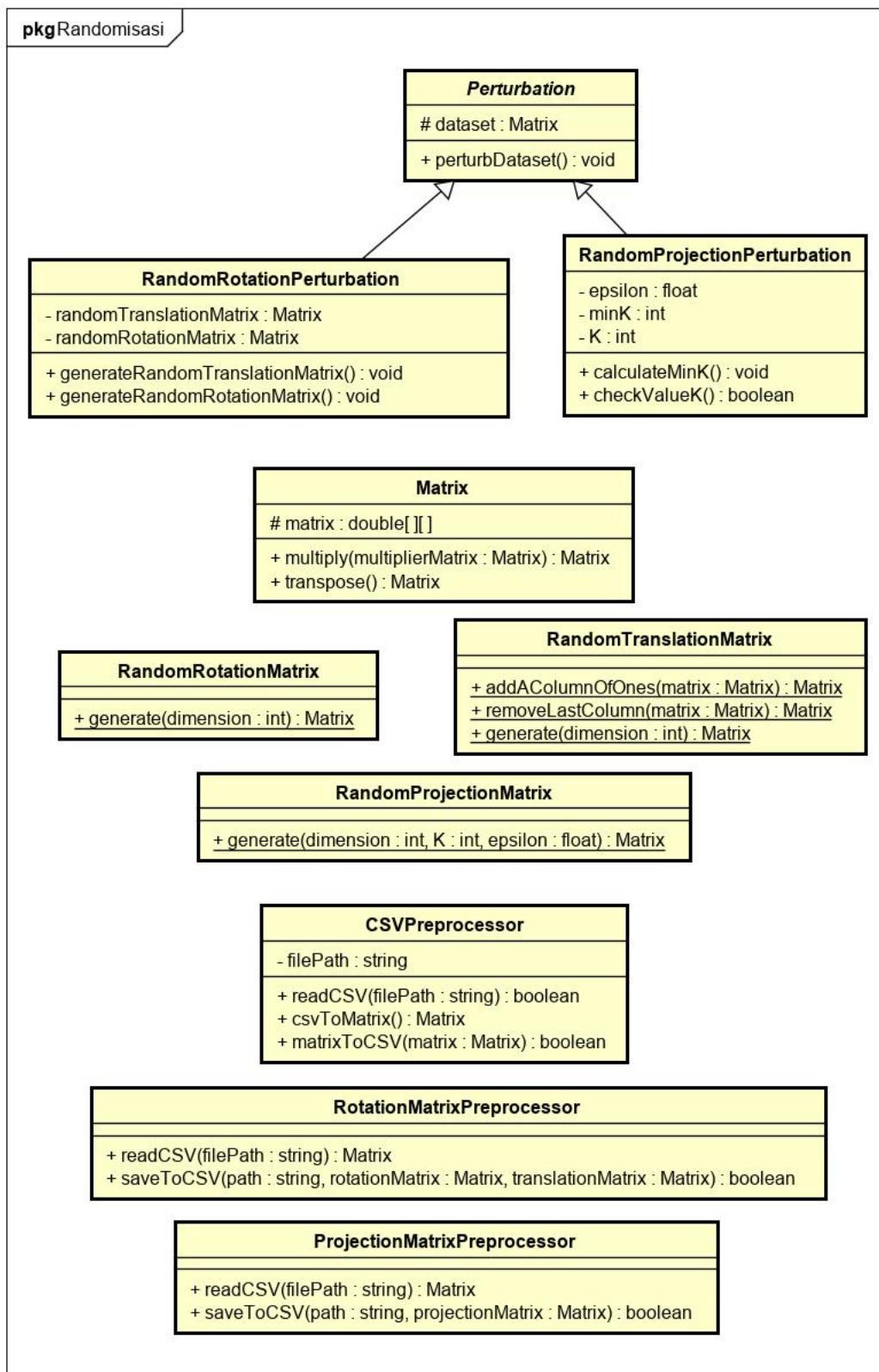
1. Pengguna memberikan masukan berupa *dataset* yang berupa dokumen berjenis *comma-separated values* (CSV). Dokumen ini harus berisi setiap rekord pada barisnya dan setiap fitur pada kolomnya. Selain itu, pada baris pertama dalam dokumen tersebut harus berupa nama setiap fitur pada setiap kolomnya.
2. Perangkat lunak akan membersihkan dokumen yang berisi *dataset* tersebut dan mentransformasi *dataset* tersebut menjadi sebuah matriks. Matriks tersebut akan berisi nilai-nilai pada *dataset* saja tanpa nama kolom.
3. Pengguna memilih teknik *Randomization* yang ingin digunakan antara *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Jika *Random Projection Perturbation* yang dipilih maka akan ada beberapa langkah yang harus dipenuhi yaitu sebagai berikut.
 - (a) Pengguna memberi masukan nilai variabel *epsilon* yang diinginkan. Variabel ini akan menentukan distorsi terburuk yang dapat terjadi pada hasil proyeksi dan menentukan nilai minimal variabel *k*.
 - (b) Perangkat lunak menghitung nilai minimal variabel *k* lalu menampilkannya kepada pengguna dan memeriksa sebuah persyaratan yaitu apakah nilai minimal variabel *k* tersebut tidak melebihi dimensi *dataset*.
 - (c) Jika persyaratan tidak terpenuhi maka pengguna harus memilih untuk mengganti *dataset* atau mengganti nilai variabel *epsilon*.
 - (d) Jika persyaratan terpenuhi maka berikutnya pengguna memberikan masukan nilai variabel *k* yang diinginkan. Nilai yang diberikan pengguna harus lebih dari nilai minimal variabel *k* yang sudah dihitung oleh perangkat lunak pada langkah sebelumnya.
 - (e) Perangkat lunak memeriksa persyaratan teknik yaitu nilai variabel *k* yang diberikan harus lebih kecil dari dimensi *dataset* dan lebih besar dari nilai minimal variabel *k*.
 - (f) Jika persyaratan tidak terpenuhi maka pengguna harus mengganti nilai variabel *k* kembali.
4. Pengguna memilih untuk membuat matriks rotasi/proyeksi baru sesuai teknik yang dipilih atau pengguna dapat mengimpor matriks yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya.
5. Berikut ini langkah-langkah tambahan yang harus dilakukan pengguna apabila pengguna memilih untuk membuat matriks rotasi/proyeksi baru.
 - (a) Pengguna memilih lokasi direktori pada komputer pengguna sebagai lokasi untuk menyimpan matriks rotasi/proyeksi yang akan dibuat.
 - (b) Perangkat lunak membuat matriks rotasi/proyeksi baru dan menyimpan hasilnya pada lokasi yang telah dipilih pengguna dalam bentuk dokumen berjenis CSV.
6. Berikut ini langkah-langkah tambahan yang harus dilakukan pengguna apabila pengguna memilih untuk mengimpor matriks rotasi/proyeksi yang pernah dibuat sebelumnya.
 - (a) Pengguna memilih matriks rotasi atau proyeksi sesuai teknik yang dipilih berupa dokumen berjenis CSV pada sebuah direktori komputer pengguna yang dipilih.
 - (b) Perangkat lunak memeriksa dokumen CSV yang dipilih berisi matriks rotasi/proyeksi yang sesuai dengan *dataset* dan teknik *Randomization* yang dipilih.
 - (c) Jika tidak sesuai maka pengguna harus memilih kembali matriks rotasi/proyeksi dengan benar.
 - (d) Jika sudah sesuai dan memenuhi persyaratan maka perangkat lunak akan memproses dokumen CSV yang dipilih pengguna untuk menjadi matriks rotasi/proyeksi yang dapat dipakai untuk teknik *Randomization* yang dipilih.

7. Perangkat lunak mengaplikasikan teknik yang telah dipilih pada *dataset* yang sudah berbentuk matriks dengan memakai matriks rotasi/proyeksi yang telah dipilih.
8. Pengguna memilih lokasi direktori pada komputer pengguna untuk menyimpan hasil pengacak-an yang sudah dilakukan menggunakan teknik yang dipilih. Hasilnya adalah sebuah dokumen *comma-separated values* yang berisi *dataset* yang telah diacak.
9. Perangkat lunak menyimpan hasilnya pada lokasi yang telah ditentukan oleh pengguna dalam bentuk dokumen berjenis *comma-separated values* dan menampilkan beberapa informasi tentang hasil yang sukses dibuat.

3.3.2 Diagram Kelas

Perancangan diagram kelas didasarkan pada analisis terhadap algoritma yang ingin diimplementasikan yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*, serta berdasarkan pada diagram aktivitas yang telah dibuat, dan dengan mempertimbangkan studi literatur, analisis masalah, dan studi kasus yang telah dilakukan pada kedua algoritma *Randomization* yang ingin diimplementasikan. Detail dari diagram kelas perangkat lunak *Randomization* pada Gambar 3.2 adalah sebagai berikut.

- Kelas *Perturbation* adalah kelas abstrak yang di-*extend* oleh kelas yang mengimplementasikan algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Kelas ini mempunyai sebuah atribut yaitu *dataset* yang berfungsi untuk menyimpan *dataset* yang ingin diacak. Ada sebuah fungsi pada kelas ini yaitu *perturbDataset* yang berfungsi untuk menerapkan teknik *Randomization* pada *dataset* yang ingin diacak dengan kata lain atribut *dataset*.
- Kelas *RandomRotationPerturbation* adalah kelas turunan dari kelas *Perturbation* yang bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Random Rotation Perturbation*. Kelas ini memiliki dua tambahan atribut yaitu *randomTranslationMatrix* dan *randomRotationMatrix* yang masing-masing memiliki fungsi untuk menyimpan matriks translasi dan matriks rotasi. Ada dua buah fungsi tambahan juga pada kelas ini yaitu *generateRandomTranslationMatrix* dan *generateRandomRotationMatrix* yang masing-masing memiliki fungsi untuk membuat matriks translasi dan matriks rotasi baru.
- Kelas *RandomProjectionPerturbation* adalah kelas turunan dari kelas *Perturbation* yang bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Random Projection Perturbation*. Kelas ini memiliki tiga tambahan atribut yaitu *epsilon*, *minK*, dan *K* yang masing-masing memiliki fungsi untuk menyimpan nilai variabel *epsilon*, nilai minimal variabel *k*, dan nilai variabel *k* yang dipakai untuk menerapkan algoritma *Random Projection Perturbation*. Ada dua buah fungsi tambahan juga pada kelas ini yaitu *calculateMinK* dan *checkValueK* yang masing-masing memiliki fungsi untuk menghitung nilai minimal variabel *k* dan memeriksa persyaratan pada nilai atribut *K*.
- Kelas *Matrix* adalah kelas untuk merepresentasikan matriks dan menyimpan nilai-nilai pada setiap elemen matriks. Kelas ini memiliki sebuah atribut yaitu *matrix* yang berfungsi untuk menyimpan setiap elemen matriks yang ada. Kelas ini juga memiliki dua buah fungsi yaitu *multiply* dan *transpose* yang masing-masing berfungsi untuk melakukan operasi perkalian dan transpose matriks yang digunakan untuk implementasi kedua algoritma teknik *Randomization*.
- Kelas *RandomTranslationMatrix* adalah kelas yang mempunyai tujuan utama untuk membuat matriks translasi secara acak. Kelas ini adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Ada tiga buah fungsi statis yaitu *addAColumnOfOnes*, *removeLastColumn*, dan *generate*. Fungsi *addAColumnOfOnes* memiliki fungsi

Gambar 3.2: Diagram kelas perangkat lunak *Randomization*

untuk menambahkan sebuah kolom yang pada setiap baris memiliki nilai berupa angka 1 kepada sebuah matriks. Fungsi *removeLastColumn* memiliki fungsi untuk menghapus kolom terakhir pada suatu matriks. Fungsi *generate* adalah fungsi yang bertujuan untuk membuat matriks translasi baru secara acak.

- Kelas *RandomRotationMatrix* adalah kelas yang mempunyai tujuan utama untuk membuat matriks rotasi secara acak. Kelas ini adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Hanya ada sebuah fungsi pada kelas ini yaitu *generate* yang memiliki fungsi untuk membuat matriks rotasi baru secara acak.
- Kelas *RandomProjectionMatrix* adalah kelas yang mempunyai tujuan utama untuk membuat matriks proyeksi secara acak. Kelas ini adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Hanya ada sebuah fungsi pada kelas ini yaitu *generate* yang memiliki fungsi untuk membuat matriks proyeksi baru secara acak.
- Kelas *CSVPreprocessor* adalah kelas untuk menangani masukan *dataset* berupa dokumen *comma-separated values* yang akan direpresentasikan menjadi matriks. Kelas ini berguna untuk mengkonversi dokumen berjenis *comma-separated values* menjadi matriks dan sebaliknya. Hanya ada sebuah atribut pada kelas ini yaitu *filePath* yang berfungsi untuk menyimpan lokasi dokumen yang ingin diproses menjadi matriks. Ada tiga buah fungsi pada kelas ini yaitu *readCSV*, *csvToMatrix*, dan *matrixToCSV* yang masing-masing berfungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values*, mengkonversi dokumen *comma-separated values* menjadi matriks, dan mengkonversi matriks menjadi dokumen *comma-separated values*.
- Kelas *RotationMatrixPreprocessor* adalah kelas untuk menangani masukan matriks rotasi yang digabung dengan matriks translasi berupa sebuah dokumen *comma-separated values* yang akan dikonversi menjadi dua buah matriks (rotasi dan translasi) dan sebaliknya. Ada dua buah fungsi pada kelas ini yaitu *readCSV* dan *saveToCSV*. Fungsi *readCSV* berfungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values* untuk dikonversi menjadi matriks rotasi dan matriks translasi. Fungsi *SaveToCSV* berfungsi untuk mengkonversi matriks rotasi dan matriks translasi menjadi sebuah dokumen berjenis *comma-separated values*.
- Kelas *ProjectionMatrixPreprocessor* adalah kelas untuk menangani masukan matriks proyeksi berupa sebuah dokumen *comma-separated values* yang akan dikonversi menjadi sebuah matriks. Ada dua buah fungsi pada kelas ini yaitu *readCSV* dan *saveToCSV*. Fungsi *readCSV* berfungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values* untuk dikonversi menjadi matriks proyeksi. Fungsi *SaveToCSV* berfungsi untuk mengkonversi matriks proyeksi menjadi sebuah dokumen berjenis *comma-separated values*.

BAB 4

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada bab ini dijabarkan perancangan perangkat lunak untuk penelitian ini. Perancangan perangkat lunak tersebut meliputi perancangan antarmuka, perancangan kelas dan masukan perangkat lunak.

4.1 Perancangan Antarmuka

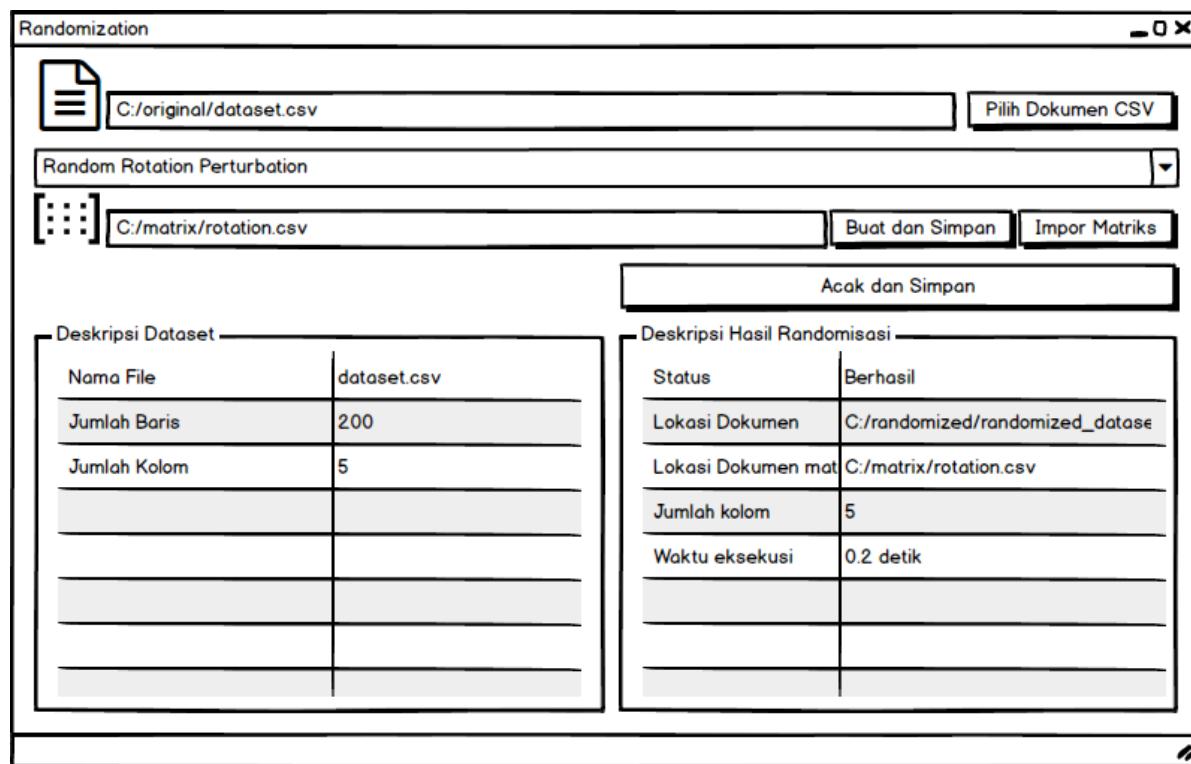
Perancangan antarmuka yang dibuat disesuaikan dengan diagram kelas dan diagram aktivitas yang dibuat sesuai analisis perangkat lunak dilakukan. Rancangan antarmuka dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada bagian atas antarmuka terdapat sebuah kolom untuk memasukkan dokumen berjenis *comma-separated values* yang ingin diacak. Pertama-tama pengguna wajib untuk mengisi kolom tersebut apapun teknik *Randomization* yang digunakan. Setelah pengguna memasukkan dokumen yang diinginkan, perangkat lunak akan menampilkan berbagai informasi mengenai *dataset* yang ada di dokumen tersebut seperti ukuran dokumen, nama dokumen, dan jumlah kolom. Deskripsi ini bertujuan untuk memberitahukan pengguna bahwa dokumen yang dimasukkan telah benar dan bagaimana sifat dari *dataset* yang dimasukkan. Pengguna juga sekarang harus memilih teknik mana yang ingin digunakan. Tampilan antarmuka menyesuaikan secara otomatis sesuai teknik yang dipilih dan dapat dilihat perubahannya pada Gambar 4.2 apabila teknik *Random Projection Perturbation* yang dipilih.

Sebelum melakukan metode *Randomization*, pengguna perlu memilih untuk membuat matriks rotasi/proyeksi baru atau mengimpor matriks rotasi/proyeksi yang sudah pernah dibuat masing-masing dengan menekan tombol “Buat dan Simpan Matriks” dan “Impor Matriks”. Pada teknik *Random Projection Perturbation*, ada persyaratan yang harus dipenuhi mengenai dimensi akhir yang diinginkan dan nilai Epsilon. Kedua nilai tersebut perlu sesuai dengan *dataset* yang ada sehingga pengguna tidak bisa sembarangan menentukan dimensi dan nilai Epsilon. Perangkat lunak membuat aturan mengenai minimal dimensi yang bisa digunakan sehingga pengguna tidak bisa memasukan dimensi yang lebih kecil dari minimal yang telah ditentukan.

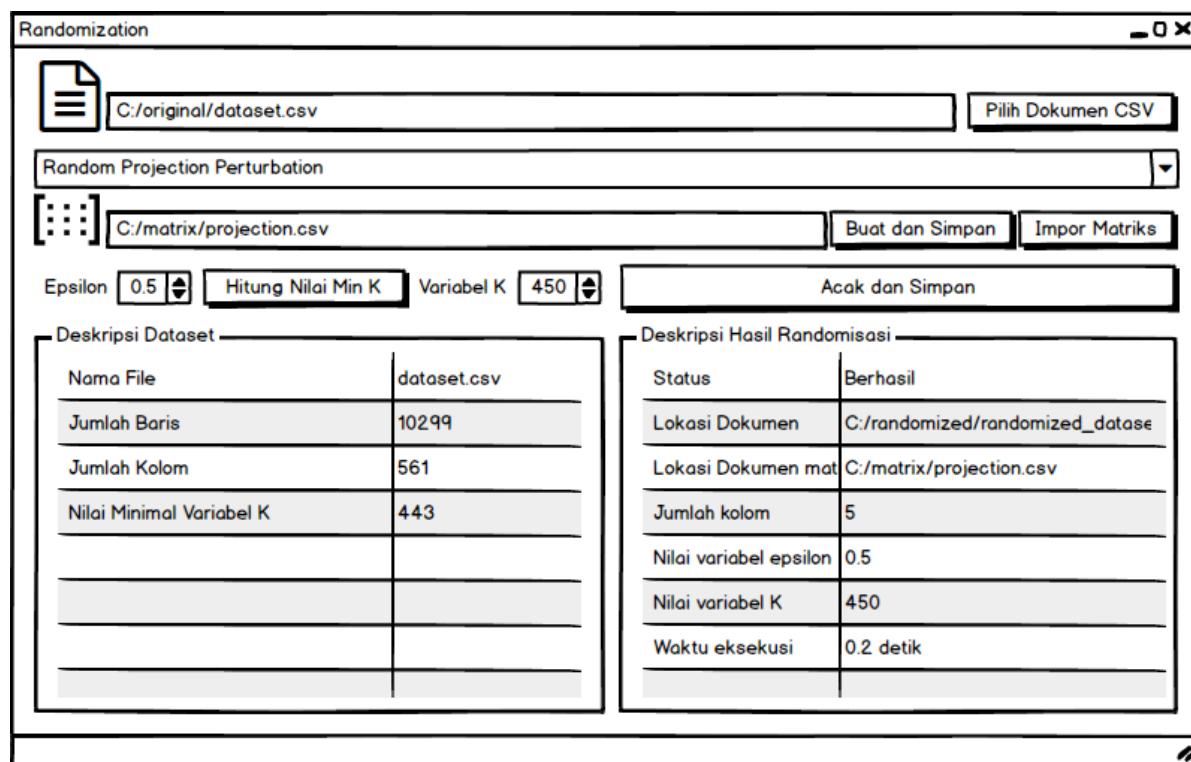
Setelah pengguna melakukan berbagai pengaturan, pengguna dapat melakukan pengacakan dengan menekan tombol “Acak dan Simpan”. Apabila pengacakan berhasil dilakukan, perangkat lunak akan menampilkan *popup* yang memberitahukan bahwa pengacakan berhasil dilakukan. *Popup* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3. Selain itu, perangkat lunak juga menampilkan berbagai informasi beserta deskripsi tentang hasil pengacakan yang berhasil dilakukan.

Perangkat lunak akan menampilkan deskripsi hasil dari pengacakan yang dilakukan. Informasi yang ditampilkan oleh perangkat lunak antara lain nama dokumen, ukuran dokumen, jumlah fitur, nilai Epsilon yang dipakai, jumlah dimensi pada hasil pengacakan, dan kolom yang diabaikan. Informasi ini ditampilkan oleh perangkat lunak bertujuan untuk memberitahukan pengguna properti-properti *dataset* yang telah diacak dan pengguna dapat memeriksa hasil yang dihasilkan oleh perangkat lunak apakah sesuai dengan keinginan pengguna.

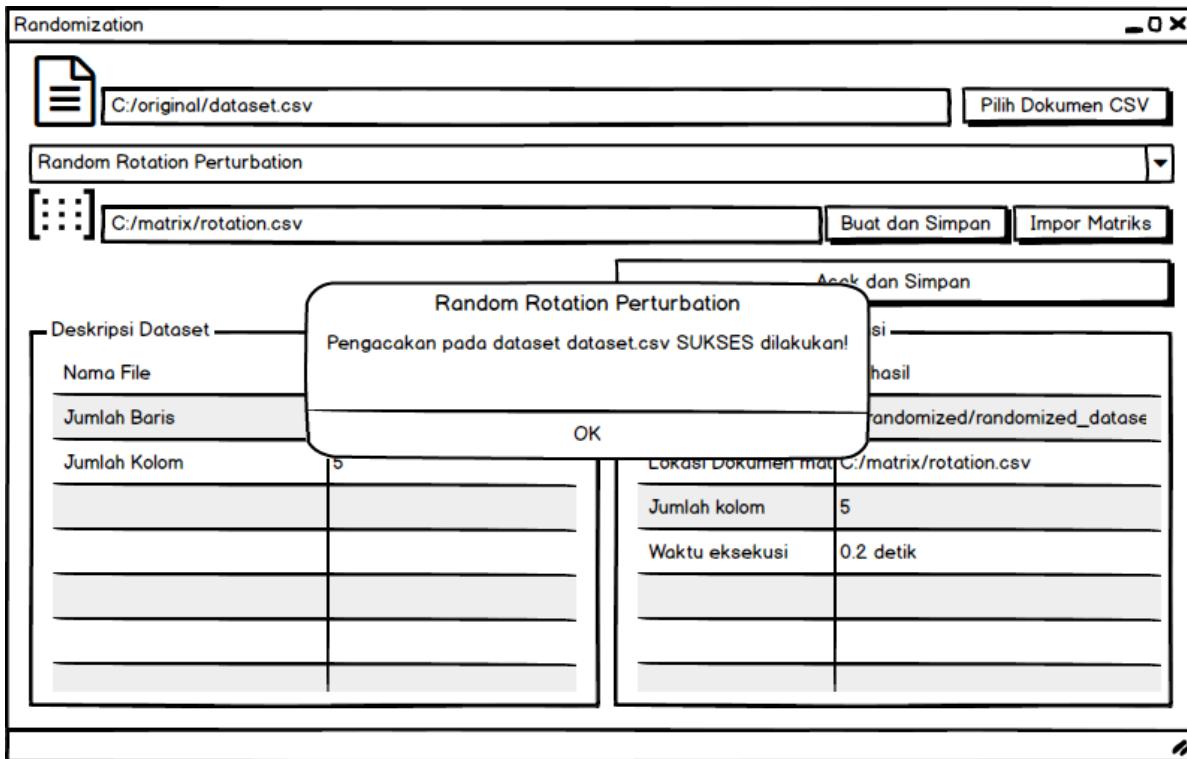
Apabila ada masalah-masalah tertentu dan pengacakan gagal dilakukan, maka perangkat lunak akan memberitahukan bahwa pengacakan telah gagal dilakukan dengan menampilkan *popup* yang berisi peringatan bahwa pengacakan gagal dilakukan. Hasil pengacakan tidak akan terbuat dan perangkat lunak akan menampilkan informasi bahwa metode *Randomization* gagal dilakukan. *Popup*



Gambar 4.1: Halaman saat memilih teknik *Random Rotation Perturbation*



Gambar 4.2: Halaman saat memilih teknik *Random Projection Perturbation*



Gambar 4.3: *Pop up* yang ditampilkan apabila pengacakan sukses dilakukan

tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4. Oleh karena adanya persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengguna untuk melakukan pengacakan dengan teknik *Random Projection Perturbation*, maka pengacakan bisa saja gagal dilakukan karena persyaratan yang ada tidak dipenuhi oleh pengguna. Persyaratan yang disebutkan adalah persyaratan jumlah dimensi dan nilai Epsilon yang telah dijelaskan di atas. Perangkat lunak akan menampilkan *popup* yang memberitahukan bahwa persyaratan tidak dipenuhi dan pengguna harus mengatur kembali pengaturan atau mengganti *dataset*. Rancangan ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

4.2 Perancangan Kelas

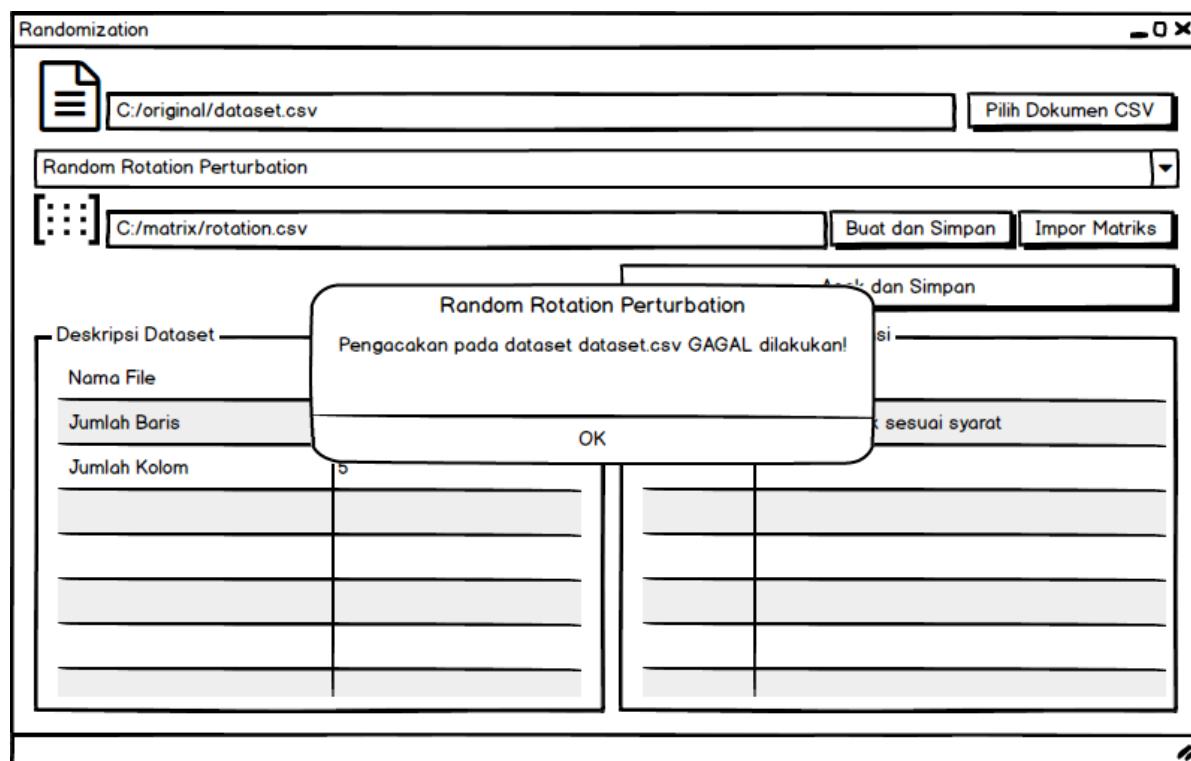
Dalam pengembangan perangkat lunak, perlu adanya perancangan perangkat lunak secara menyeluruh untuk menghindari kesulitan dan kebingungan pada waktu pengembangan. Perangkat lunak yang dibuat pada penelitian ini berorientasi objek sehingga perlu adanya perancangan kelas. Pada subbab ini dijelaskan perancangan kelas perangkat lunak dan apa saja kegunaannya.

4.2.1 Diagram *Package*

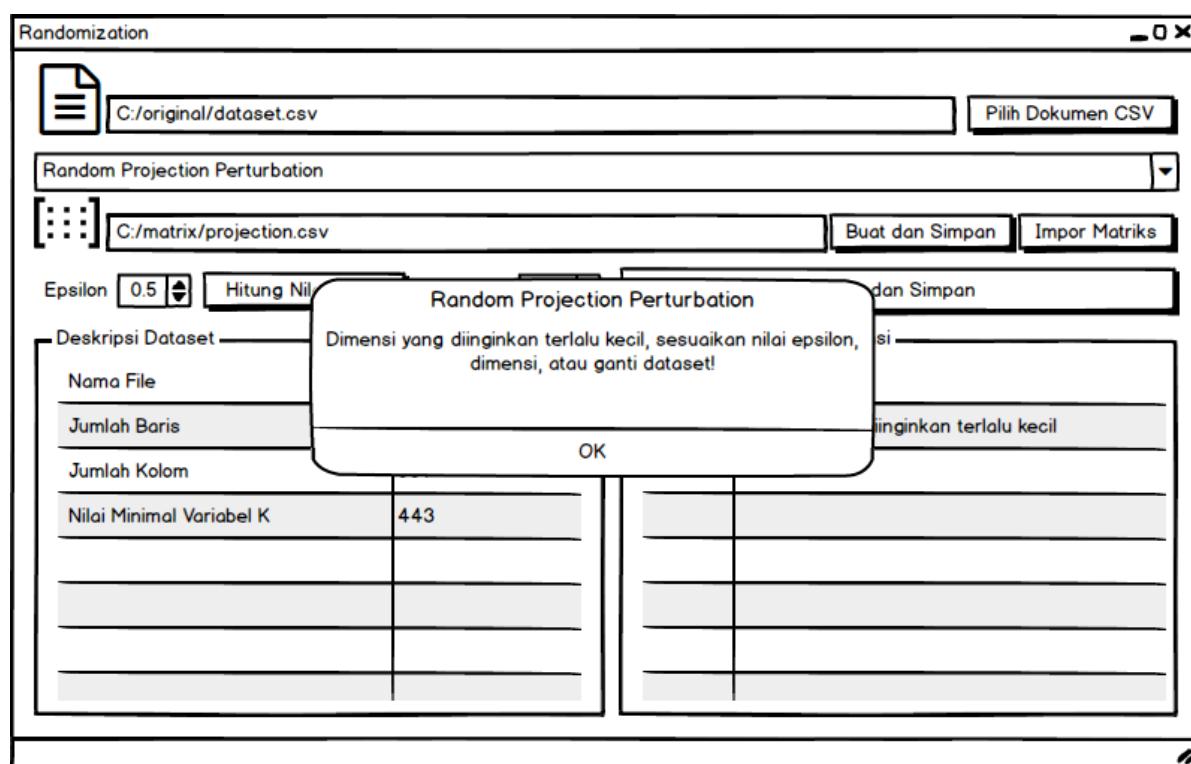
Perangkat lunak mempunyai 4 buah *package* yaitu *Perturbation*, *Matrix*, *Preprocessor*, dan *View*. Keempat *package* ini mempunyai fungsinya masing-masing untuk mendukung perangkat lunak berjalan yang dijelaskan pada subbab ini. Diagram *Package* perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4.6

Package Perturbation

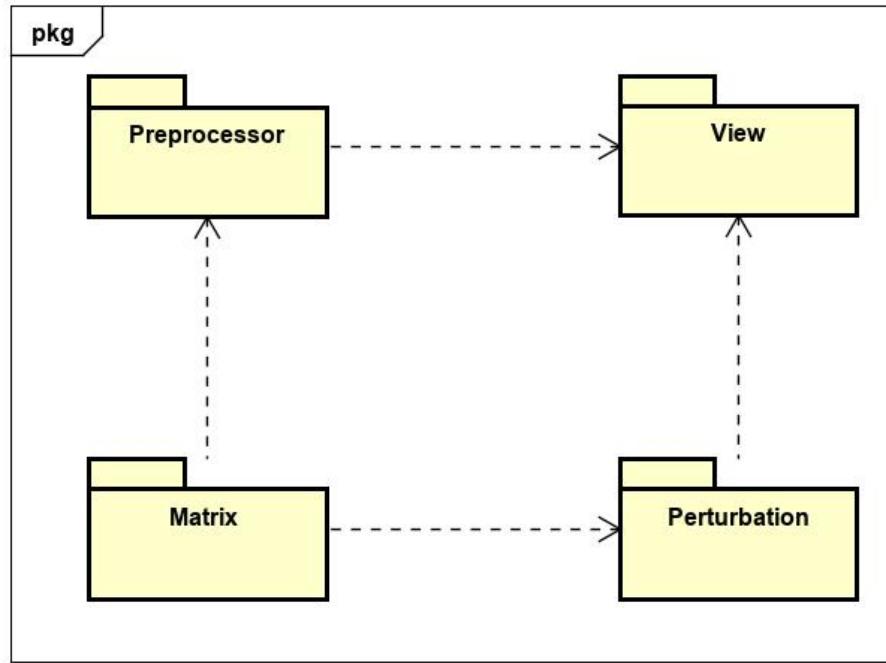
Package Perturbation merupakan *package* yang menangani implementasi algoritma dari teknik *Randomization* yang dipakai pada penelitian ini yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Kedua algoritma ini masing-masing dibuat menjadi sebuah kelas terpisah



Gambar 4.4: *Popup* yang ditampilkan apabila pengacakan gagal dilakukan



Gambar 4.5: *Popup* yang ditampilkan apabila persyaratan pada *dataset* tidak terpenuhi



Gambar 4.6: Diagram *package* perangkat lunak

dan memiliki fungsinya masing-masing. Kedua kelas ini berada di dalam *package* *Perturbation*. Ada satu kelas lagi di dalam *package* ini yang berperan sebagai kelas *super* yang bersifat abstrak untuk kedua kelas lainnya. Dalam penerapan algoritma teknik yang dipakai, *package* ini membutuhkan komponen atau fungsi lain untuk membuat algoritma yang diimplementasikan bekerja. Fungsi yang dibutuhkan antara lain adalah membuat matriks dengan sifat tertentu. Oleh karena itu *package* *Perturbation* membutuhkan *package* *Matrix* untuk membantu dalam pembuatan matriks yang khusus digunakan pada algoritma.

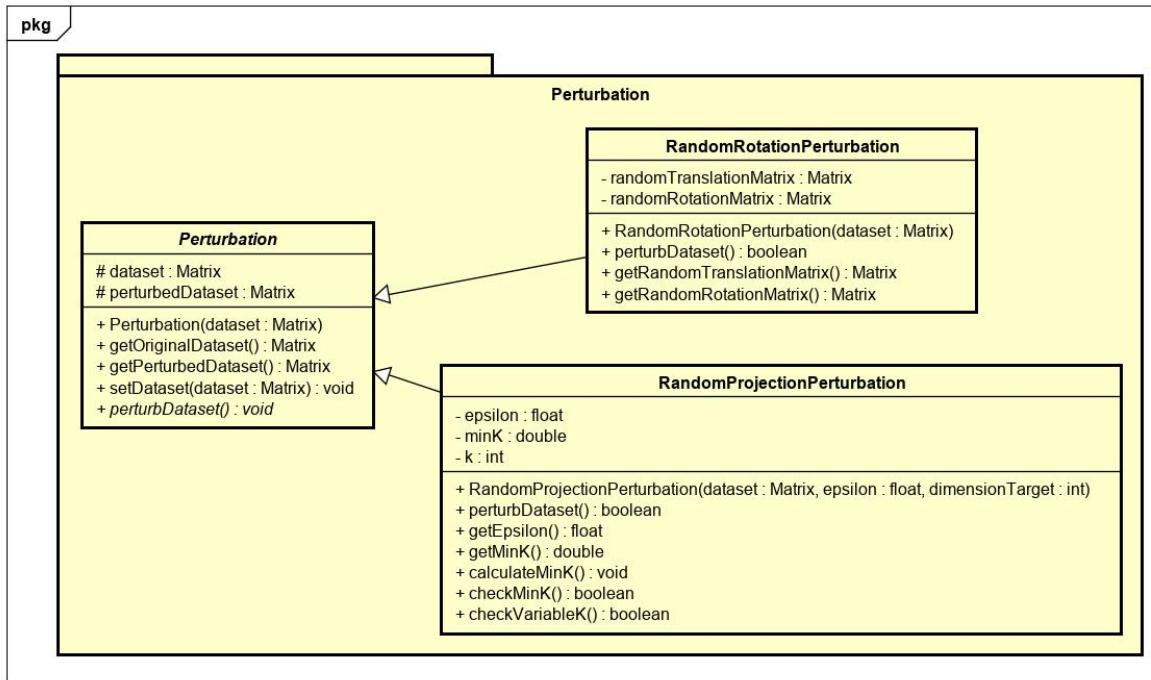
Package Matrix

Package Matrix merupakan *package* yang menangani segala jenis fungsi yang berkaitan dengan matriks. Semua fungsi yang terkait tentang matriks diimplementasikan pada *package* ini. Fungsi tersebut antara lain adalah implementasi struktur data matriks yang diimplementasikan pada sebuah kelas dan pembuatan matriks khusus yang diimplementasikan menjadi tiga buah kelas yang berguna untuk implementasi algoritma pada *package* *Perturbation*. *Package* ini juga mengimplementasikan berbagai macam operasi matriks seperti perkalian, transpose matriks, dan menghitung determinan. Operasi-operasi ini diimplementasikan karena adanya kebutuhan operasi-operasi tersebut untuk membantu implementasi dari algoritma pada *package* *Perturbation*.

Package Preprocessor

Package Preprocessor merupakan *package* yang berfungsi sebagai *preprocessor* untuk masukan dan keluaran perangkat lunak. Tentunya masukan yang diberikan pengguna kepada perangkat lunak tidak bisa langsung diolah begitu saja. Perlu adanya pengolahan terlebih dahulu sebelum masukan yang diterima dipakai pada perangkat lunak. Oleh karena itu, *package* ini mempunyai fungsi untuk menyelesaikan masalah tersebut yaitu mengolah masukan yang diterima menjadi struktur data yang sesuai untuk digunakan pada perangkat lunak.

Pada penelitian ini, masukan perangkat lunak yang dimaksud adalah *dataset* yang ingin diacak. Pengguna perlu mengikuti persyaratan masukan seperti apa yang dapat menjadi masukan perangkat lunak pada penelitian ini. Pada penelitian ini, perangkat lunak dirancang untuk hanya menerima



Gambar 4.7: Diagram kelas pada *package Perturbation*

dokumen berjenis *comma-separated values*. Oleh karena itu, *package preprocessor* ini memiliki sebuah fungsi untuk mengolah masukan berupa dokumen berjenis *comma-separated values* menjadi struktur data matriks atau sebaliknya dengan menggunakan *package Matrix*.

Package View

Package View merupakan *package* yang menangani bagian antarmuka pada perangkat lunak di penelitian ini. Antarmuka perangkat lunak diimplementasikan menggunakan *framework* antarmuka grafis berbasis bahasa pemrograman Python yang bernama Kivy. *Package* ini berisi kelas-kelas dan seluruh fungsi yang bertujuan untuk menampilkan antarmuka pada perangkat lunak.

4.2.2 Diagram Kelas pada *Package Perturbation*

Package Perturbation memiliki tiga buah kelas yang bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Ketiga kelas tersebut adalah *Perturbation*, *RandomRotationPerturbation*, dan *RandomProjectionPerturbation* yang dijelaskan secara detail pada subbab ini. Diagram kelas pada *package Perturbation* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Kelas *Perturbation*

Kelas *Perturbation* berperan sebagai kelas abstrak yang menjadi kelas *super* dari kedua kelas lainnya dalam *package Perturbation* yaitu kedua kelas yang mengimplementasikan algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Kelas ini mendeklarasikan atribut dan fungsi apa saja yang seharusnya diimplementasikan oleh kelas *RandomRotationPerturbation* dan *RandomProjectionPerturbation*. Beberapa atribut dan fungsi tersebut masih kosong pada kelas *Perturbation* sehingga berbagai atribut dan fungsi tersebut perlu didefinisikan pada kelas-kelas turunannya. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *Perturbation*.

- *dataset* adalah atribut untuk menampung *dataset* yang diambil dari masukan perangkat lunak yang ingin diacak dan sudah berbentuk matriks. Tipe data atribut ini adalah *Matrix*.
- *perturbedDataset* adalah atribut untuk menampung hasil dari *dataset* yang telah diacak. Tipe data atribut ini adalah *Matrix*.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *Perturbation*.

- *Perturbation* adalah *constructor* dari kelas *Perturbation*. Tujuan utama fungsi ini adalah mendefinisikan atribut-atribut yang ada. Fungsi ini memiliki sebuah masukan yang dinamakan *dataset* yang bertipe data *Matrix* dan berfungsi untuk mendefinisikan atribut *dataset*.
- *getOriginalDataset* adalah fungsi untuk mendapatkan *dataset* asli yang belum diacak atau dengan kata lain mendapatkan atribut *dataset*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun dan mempunyai tipe data kembalian berupa *Matrix*.
- *getPerturbedDataset* adalah fungsi untuk mendapatkan hasil dari *dataset* yang telah diacak atau dengan kata lain mendapatkan atribut *perturbedDataset*. Fungsi ini tidak memiliki parameter apapun. Tipe data kembalian pada fungsi ini berupa *Matrix*.
- *setDataset* adalah fungsi untuk mendefinisikan ulang atribut *dataset* dengan *dataset* yang baru. Fungsi ini memiliki sebuah masukan yang dinamakan *dataset* yang bertipe data *Matrix* dan berfungsi untuk mendefinisikan atribut *dataset*. Tidak ada kembalian pada fungsi ini.
- *perturbDataset* adalah fungsi untuk melakukan pengacakan pada atribut *dataset* dan menyimpan hasilnya pada atribut *perturbedDataset*. Fungsi ini bersifat abstrak yang berarti fungsi ini belum didefinisikan sehingga fungsi ini harus didefinisikan pada setiap kelas turunannya. Tidak ada kembalian ataupun masukan pada fungsi ini.

Kelas *RandomRotationPerturbation*

Kelas *RandomRotationPerturbation* adalah kelas yang mempunyai tujuan utama melakukan pengacakan dengan teknik *Random Rotation Perturbation* pada *dataset* yang menjadi masukan perangkat lunak. Kelas ini merupakan kelas turunan dari kelas *Perturbation* sehingga kelas ini pun mewarisi semua atribut dan fungsi yang dimiliki oleh kelas *Perturbation*. Oleh karena itu, fungsi *perturbDataset* yang diturunkan dari kelas *Perturbation* harus didefinisikan oleh kelas *RandomRotationPerturbation*. Kelas ini mengimplementasikan algoritma dari teknik *Random Rotation Perturbation* untuk melakukan pengacakan pada fungsi *perturbDataset*. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *RandomRotationPerturbation*.

- *randomTranslationMatrix* adalah atribut untuk menampung matriks translasi yang digunakan untuk implementasi algoritma *Random Rotation Perturbation*. Atribut ini mempunyai tipe data *Matrix*.
- *randomRotationMatrix* adalah atribut untuk menampung matriks rotasi yang digunakan untuk implementasi algoritma *Random Rotation Perturbation*. Atribut ini mempunyai tipe data *Matrix*.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RandomRotationPerturbation*.

- *RandomRotationPerturbation* adalah *constructor* untuk mendefinisikan atribut-atribut yang ada dan memanggil *constructor* dari kelas *super* milik kelas *RandomRotationPerturbation* yaitu *Perturbation*. Tujuan utama fungsi ini adalah memanggil *constructor* dari kelas *super* yaitu *Perturbation* sehingga fungsi ini berguna untuk mendefinisikan atribut *dataset*. Selain itu, fungsi ini juga mendefinisikan atribut *randomTranslationMatrix* dan *randomRotationMatrix*.

- *perturbDataset* adalah fungsi turunan dari kelas *Perturbation* yang pada kelas *RandomRotationPerturbation* diimplementasikan algoritma teknik *Random Rotation Perturbation*. Fungsi ini mengimplementasikan algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* kepada atribut *dataset* dan menyimpan hasilnya kepada atribut *perturbedDataset*. Tidak ada masukan pada fungsi ini tetapi memiliki kembalian berupa *boolean* yang menyatakan apakah pengacakan berhasil dilakukan.
- *getRandomTranslationMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks translasi yang digunakan untuk implementasi algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* atau dengan kata lain mendapatkan atribut *randomTranslationMatrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa matriks translasi yang bertipe data *Matrix*.
- *getRandomRotationMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks rotasi yang digunakan untuk implementasi algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* atau dengan kata lain mendapatkan atribut *randomRotationMatrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa matriks rotasi yang bertipe data *Matrix*.

Kelas *RandomProjectionPerturbation*

Kelas *RandomProjectionPerturbation* adalah kelas yang mempunyai tujuan utama melakukan pengacakan dengan teknik *Random Projection Perturbation* pada *dataset* yang menjadi masukan perangkat lunak. Kelas ini merupakan kelas turunan dari kelas *Perturbation* sehingga kelas inipun mewarisi semua atribut dan fungsi yang dimiliki oleh kelas *Perturbation*. Oleh karena itu, fungsi *perturbDataset* yang diturunkan dari kelas *Perturbation* harus didefinisikan oleh kelas *RandomProjectionPerturbation*. Kelas ini mengimplementasikan algoritma dari teknik *Random Projection Perturbation* untuk melakukan pengacakan pada fungsi *perturbDataset*. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *RandomProjectionPerturbation*.

- *epsilon* adalah atribut yang berguna untuk menentukan seberapa besar batas maksimal distorsi yang dapat terjadi pada hasil pengacakan. Atribut *epsilon* ini digunakan untuk menghitung nilai dari atribut *minK* yang dijelaskan setelah ini. Tipe data atribut ini adalah *float*, bilangan riil dengan rentang nilai (0, 1). Pengguna menentukan seberapa besar batas maksimal distorsi yang dapat terjadi pada hasil pengacakan dengan cara mendefinisikan atribut *epsilon* ini.
- *minK* adalah atribut yang berguna untuk menentukan dimensi terkecil untuk sebuah *dataset* yang ingin diacak dapat direduksi dengan distorsi yang terkontrol sesuai atribut *epsilon*. Atribut ini juga menentukan apakah *dataset* memenuhi persyaratan untuk direduksi yaitu memiliki jumlah kolom yang lebih besar dari nilai *minK*. Tipe data atribut ini adalah *double*, bilangan riil. Atribut ini dihitung oleh perangkat lunak sesuai nilai *epsilon* yang telah ditentukan oleh pengguna.
- *k* adalah atribut untuk menyimpan besar dimensi akhir yang diinginkan pengguna dimiliki oleh hasil *dataset* yang telah diacak. Pengguna harus mendefinisikan atribut ini dengan nilai yang lebih besar dari atau sama dengan nilai *minK*, jika tidak maka distorsi yang terjadi pada hasil pengacakan akan lebih besar dari nilai *epsilon* yang diinginkan. Tipe data atribut ini adalah *integer*, bilangan bulat.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RandomProjectionPerturbation*.

- *RandomProjectionPerturbation* adalah *constructor* untuk mendefinisikan atribut-atribut yang ada dan memanggil *constructor* dari kelas *super* milik kelas *RandomProjectionPerturbation* yaitu *Perturbation*. Tujuan utama fungsi ini adalah memanggil *constructor* dari kelas *super* yaitu *Perturbation* sehingga fungsi ini berguna untuk mendefinisikan atribut *dataset*. Selain itu, fungsi ini juga mendefinisikan atribut *epsilon*, *minK*, dan *k*.

- *perturbDataset* adalah fungsi turunan dari kelas *Perturbation* yang pada kelas *RandomProjectionPerturbation* diimplementasikan algoritma teknik *Random Projection Perturbation*. Fungsi ini mengimplementasikan algoritma teknik *Random Projection Perturbation* kepada atribut *dataset* dan menyimpan hasilnya kepada atribut *perturbedDataset*. Tidak ada masukan pada fungsi ini tetapi memiliki kembalian berupa *boolean* yang menyatakan apakah pengacakan berhasil dilakukan.
- *getEpsilon* adalah fungsi untuk mendapatkan nilai batas maksimal distorsi yang dapat terjadi pada hasil pengacakan atau dengan kata lain mendapatkan atribut *epsilon*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa nilai dari atribut *epsilon* yang bertipe data *float*, bilangan riil.
- *getMinK* adalah fungsi untuk mendapatkan besar dimensi minimal hasil *dataset* yang telah diacak atau dengan kata lain mendapatkan atribut *minK*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa nilai dari atribut *minK* yang bertipe data *double*, bilangan riil.
- *calculateMinK* adalah fungsi untuk menghitung nilai *minK* sesuai dengan atribut *epsilon* dan jumlah baris pada *dataset* yang ingin diacak. Fungsi ini menghitung nilai *minK* tersebut dan menyimpan hasilnya pada atribut *minK*. Tidak ada masukan ataupun kembalian pada fungsi ini.
- *checkMinK* adalah fungsi untuk memeriksa apakah dimensi dari *dataset* yang ingin diacak lebih besar dari nilai *minK*, besar dimensi minimal. Selain itu, fungsi ini memeriksa apakah nilai *k* lebih besar dari atau sama dengan nilai *minK*. Intinya fungsi ini menguji apakah *dataset* dan keinginan pengguna memenuhi persyaratan untuk mengaplikasikan teknik *Random Projection Perturbation*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa sebuah *boolean* yang menandakan apakah *dataset* dan *k* yang diberikan oleh pengguna memenuhi persyaratan untuk mengaplikasikan teknik *Random Projection Perturbation* dengan *dataset* dan *k* tersebut.
- *checkVariableK* adalah fungsi untuk memeriksa apakah nilai *k* lebih besar dari atau sama dengan nilai *minK*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa sebuah *boolean* yang menandakan apakah nilai variabel *k* yang diberikan oleh pengguna memenuhi persyaratan untuk mengaplikasikan teknik *Random Projection Perturbation* dengan nilai variabel *k* tersebut.

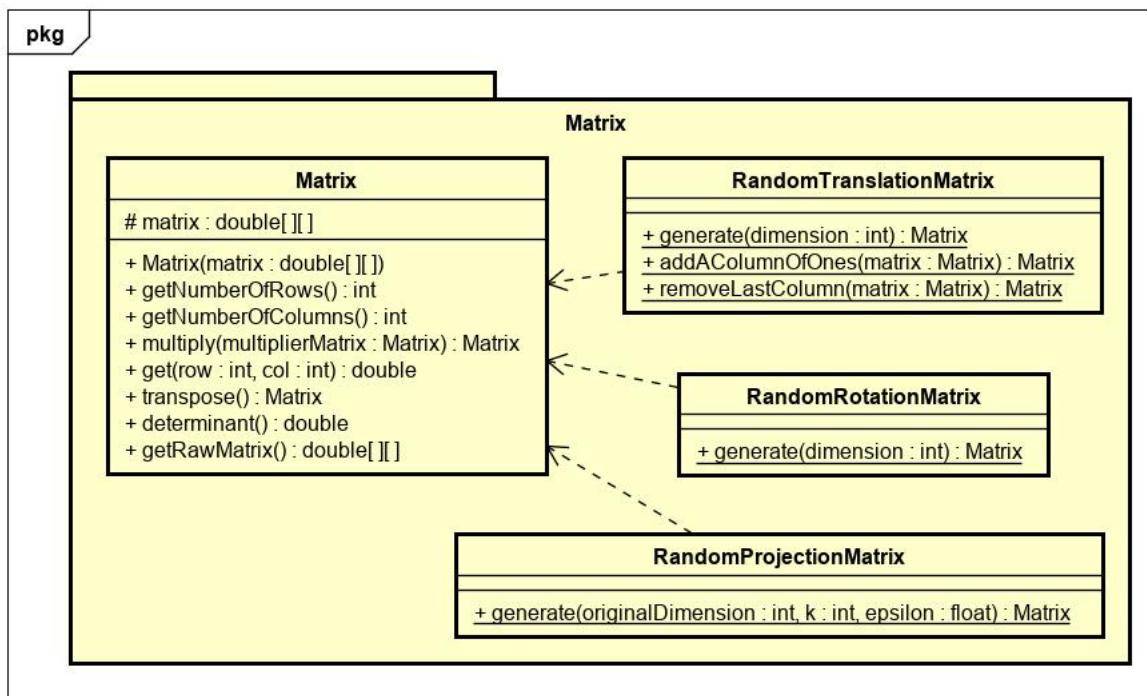
4.2.3 Diagram Kelas pada *Package Matrix*

Package Matrix memiliki empat buah kelas yang bertujuan untuk menangani segala jenis fungsi yang berkaitan dengan matriks maupun pembuatan matriks yang khusus digunakan untuk implementasi algoritma. Keempat kelas tersebut adalah *Matrix*, *RandomTranslationMatrix*, dan *RandomRotationMatrix* yang dijelaskan secara detail pada subbab ini. Diagram kelas pada *package Matrix* dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Kelas *Matrix*

Kelas *Matrix* adalah kelas yang menangani struktur data matriks serta segala fungsi atau operasi yang berkaitan dengan matriks. Kelas ini mempunyai semua kebutuhan terkait dengan urusan struktur data matriks yang ada untuk implementasi algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*, antara lain seperti perkalian, transpose matriks, dan mencari determinan. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *Matrix*.



Gambar 4.8: Diagram kelas pada *package Matrix*

- *matrix* adalah atribut untuk menyimpan matriks dengan cara menyimpannya memakai *array* 2 dimensi dengan tipe data *double*, bilangan riil.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *Matrix*.

- *Matrix* adalah *constructor* dari kelas *PerturbMatrixization*. Tujuan utama fungsi ini adalah mendefinisikan atribut-atribut yang ada. Fungsi ini memiliki sebuah masukan berbentuk array yang dinamakan *matrix* yang bertipe data *double* dan berfungsi untuk mendefinisikan atribut *matrix*.
- *getNumberOfRows* adalah fungsi untuk mendapatkan jumlah baris yang ada pada matriks kelas ini atau dengan kata lain mendapatkan ukuran dari atribut *matrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa jumlah baris yang bertipe data *integer*, bilangan bulat.
- *getNumberOfColumns* adalah fungsi untuk mendapatkan jumlah kolom yang ada pada matriks kelas ini atau dengan kata lain mendapatkan ukuran dari atribut *matrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa jumlah baris yang bertipe data *integer*, bilangan bulat.
- *multiply* adalah fungsi yang berguna untuk mengkalikan matriks yang ada pada atribut *matrix* dengan suatu matriks lain. Tentu saja matriks lain tersebut harus sudah berbentuk objek kelas *Matrix* sehingga mempunyai tipe data yang sama dan dapat dikalikan. Fungsi ini mempunyai sebuah parameter yaitu *multiplierMatrix* bertipe data objek kelas *Matrix* yang berguna sebagai pengali matriks yang ingin dikalikan. Kembalian pada fungsi ini adalah hasil kali antara kedua matriks dan kembalian ini bertipe data objek kelas *Matrix*.
- *get* adalah fungsi untuk mendapatkan sebuah elemen pada matriks atau dengan kata lain sebuah nilai pada atribut *matrix*. Fungsi ini memiliki dua buah masukan yaitu *row* dan *col* yang masing-masing berguna sebagai penunjuk baris dan kolom mana yang ingin didapatkan.

Kembalian pada fungsi ini adalah elemen matriks pada baris dan kolom yang diinginkan dan bertipe data *double*, bilangan riil.

- *transpose* adalah fungsi untuk mendapatkan transpose dari matriks kelas ini atau dengan kata lain transpose dari atribut *matrix*. Fungsi ini memiliki kembalian berupa matriks yang merupakan hasil transpose dan bertipe data objek kelas *Matrix*. Tidak ada masukan apapun pada fungsi ini.
- *determinant* adalah fungsi untuk mendapatkan determinan dari matriks kelas ini. Fungsi ini memiliki kembalian berupa determinan matriks yang bertipe data *double*, bilangan riil. Tidak ada masukan apapun pada fungsi ini.
- *getRawMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks pada kelas ini atau dengan kata lain mendapatkan atribut *matrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa *array* yang bertipe data *double*, bilangan riil.

Kelas *RandomTranslationMatrix*

Kelas *RandomTranslationMatrix* adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Tujuan utama dari kelas ini adalah menangani pembuatan matriks translasi yang digunakan untuk melakukan operasi translasi pada kelas *RandomRotationPerturbation*. Kelas ini tidak memiliki atribut apapun tetapi memiliki tiga buah fungsi statis yang memiliki fungsi seputar pembuatan matriks translasi dan fungsi yang mendukung operasi translasi. Berikut penjelasan secara rinci setiap fungsi pada kelas ini.

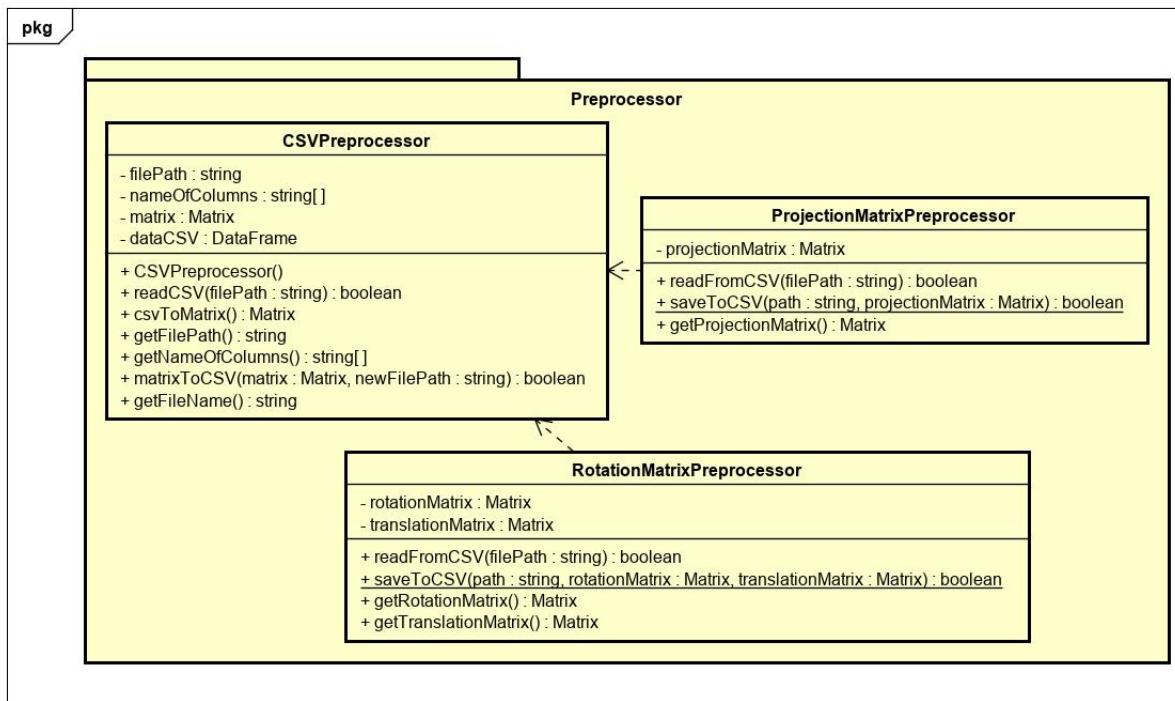
Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RandomTranslationMatrix*.

- *generate* adalah fungsi statis yang berguna untuk membuat matriks translasi. Fungsi ini memiliki sebuah parameter yaitu *dimension* yang menentukan ukuran atau dimensi matriks translasi yang ingin dibuat. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah matriks translasi yang bertipe data objek kelas *Matrix*.
- *addAColumnOfOnes* adalah fungsi statis yang berguna untuk menambahkan sebuah kolom pada suatu matriks di posisi terakhir (setelah kolom terakhir). Pada setiap baris kolom tersebut mempunyai nilai yaitu angka satu. Alasan dibuatnya fungsi ini dikarenakan kebutuhan persyaratan yang harus dipenuhi sebuah matriks apabila ingin diterapkan operasi translasi. Fungsi ini memiliki sebuah parameter yaitu matriks yang diinginkan bernama *matrix* dan bertipe data objek kelas *Matrix*. Kembalian pada fungsi ini adalah matriks yang telah ditambahkan sebuah kolom dan bertipe data objek kelas *Matrix*.
- *removeLastColumn* adalah fungsi statis yang berguna untuk menghapus kolom terakhir pada suatu matriks. Alasan dibuatnya fungsi ini dikarenakan kebutuhan persyaratan yang harus dipenuhi sebuah matriks apabila ingin diterapkan operasi translasi. Setelah matriks ditambahkan dengan menggunakan fungsi *addAColumnOfOnes* dan diterapkan operasi translasi, kolom terakhir pada matriks tersebut perlu dibuang dikarenakan kolom tersebut adalah kolom hasil penambahan yang hanya digunakan untuk operasi translasi dan bukan kolom asli matriks tersebut.

Kelas *RandomRotationMatrix*

Kelas *RandomRotationMatrix* adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Tujuan utama dari kelas ini adalah menangani pembuatan matriks rotasi yang digunakan untuk melakukan transformasi rotasi pada kelas *RandomRotationPerturbation*. Kelas ini tidak memiliki atribut apapun tetapi memiliki sebuah fungsi statis yang memiliki fungsi untuk pembuatan matriks rotasi. Berikut penjelasan secara rinci setiap fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RandomRotationMatrix*.



Gambar 4.9: Diagram kelas pada *package Preprocessor*

- *generate* adalah fungsi statis yang berguna untuk membuat matriks rotasi. Pembuatan matriks rotasi dilakukan dengan mengikuti distribusi Haar [9] dan dibantu oleh *library Scipy*¹. Fungsi ini memiliki sebuah parameter yaitu *dimension* yang menentukan ukuran atau dimensi matriks rotasi yang ingin dibuat. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah matriks rotasi yang bertipe data objek kelas *Matrix*.

Kelas *RandomProjectionMatrix*

Kelas *RandomProjectionMatrix* adalah kelas statis sehingga tidak bisa diinstansiasi dan hanya memiliki atribut atau fungsi statis saja. Tujuan utama dari kelas ini adalah menangani pembuatan matriks proyeksi yang digunakan untuk melakukan proyeksi pada kelas *RandomProjectionPerturbation*. Kelas ini tidak memiliki atribut apapun tetapi memiliki sebuah fungsi statis yang memiliki fungsi untuk pembuatan matriks proyeksi. Berikut penjelasan secara rinci setiap fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RandomProjectionMatrix*.

- *generate* adalah fungsi statis yang berguna untuk membuat matriks proyeksi. Pembuatan matriks proyeksi dibantu oleh *library Scikit-learn*². Fungsi ini memiliki 3 buah parameter yaitu epsilon, *k*, dan *originalDimension* yang menentukan ukuran matriks proyeksi yang ingin dibuat. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah matriks proyeksi yang bertipe data objek kelas *Matrix*.

4.2.4 Diagram Kelas pada *Package Preprocessor*

Package Preprocessor memiliki 3 buah kelas yang bertujuan untuk mengolah masukan perangkat lunak agar dapat diterapkan teknik *Randomization*. Kelas tersebut yaitu *CSVPreprocessor*, *RotationMatrixPreprocessor*, dan *ProjectionMatrixPreprocessor*.

¹http://scipy.github.io/devdocs/generated/scipy.stats.special_ortho_group.html

²https://scikit-learn.org/stable/modules/random_projection.html

nMatrixPreprocessor, dan *ProjectionMatrixPreprocessor* yang dijelaskan secara detail pada subbab ini. Diagram kelas pada package *Preprocessor* dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Kelas *CSVPreprocessor*

Kelas *CSVPreprocessor* berguna untuk mengolah masukan perangkat lunak yang berjenis *comma-separated values* sebelum diterapkan teknik *Randomization* agar masukan tersebut sesuai dengan persyaratan teknik *Randomization*. Tujuan utama dari kelas ini adalah mengubah masukan berjenis *comma-separated values* menjadi sebuah objek kelas *Matrix* dan sebaliknya. Kelas ini memiliki tiga buah atribut dan enam buah fungsi. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *CSVPreprocessor*.

- *filePath* adalah atribut untuk menyimpan lokasi masukan yang berjenis *comma-separated values* yang ingin diolah pada komputer pengguna. Atribut ini memiliki tipe data *string*.
- *nameOfColumns* adalah atribut untuk menyimpan nama seluruh kolom pada *dataset* yang telah diolah. Atribut ini berupa array yang bertipe data *string*.
- *matrix* adalah atribut untuk menyimpan objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari hasil pengolahan masukan yang berjenis *comma-separated values*. Atribut ini memiliki tipe data objek kelas *Matrix*.
- *dataCSV* adalah atribut untuk menyimpan data dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca dalam bentuk *DataFrame*³. Atribut ini memiliki tipe data objek kelas *DataFrame*.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *CSVPreprocessor*.

- *CSVPreprocessor* adalah *constructor* kelas ini yang berfungsi untuk membuat sebuah objek kelas *CSVPreprocessor* dan menginisialisasi semua atribut pada kelas ini. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun.
- *readCSV* adalah fungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values* yang ingin diolah oleh kelas ini. Tujuan utama dari fungsi ini adalah menyimpan lokasi dokumen pada atribut *filePath* dan menyimpan data dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca dalam bentuk *DataFrame* pada atribut *dataCSV*. Fungsi ini memiliki sebuah masukan bernama *filePath* yang berguna untuk menentukan lokasi dokumen yang ingin diolah. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah fungsi ini berhasil membaca dokumen yang menjadi masukan fungsi *readCSV*.
- *csvToMatrix* adalah fungsi untuk mengolah dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca menjadi sebuah objek kelas *Matrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari hasil pengolahan dokumen *comma-separated values*.
- *getFilePath* adalah fungsi untuk mendapatkan lokasi dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca atau dengan kata lain mendapatkan atribut *filePath*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa lokasi dokumen yang bertipe data *string*.
- *getNameOfColumns* adalah fungsi untuk mendapatkan nama semua kolom yang ada pada dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca atau dengan kata lain mendapatkan atribut *nameOfColumns*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa array yang bertipe data *string*.

³<https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/reference/api/pandas.DataFrame.html>

- *matrixToCSV* adalah fungsi untuk mengolah sebuah objek kelas *Matrix* menjadi sebuah dokumen *comma-separated values* atau dengan kata lain mengkonversi sebuah matriks menjadi dokumen berjenis *comma-separated values*. Fungsi ini bisa dikatakan kebalikan dari fungsi *csvToMatrix*. Ada dua buah masukan pada fungsi ini yaitu sebuah matriks dan lokasi penyimpanan dokumen yang baru. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah konversi berhasil dilakukan.
- *getFileName* adalah fungsi untuk mendapatkan nama dokumen *comma-separated values* yang telah dibaca. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa nama dokumen yang bertipe data *string*.

Kelas *ProjectionMatrixPreprocessor*

Kelas *ProjectionMatrixPreprocessor* berguna untuk mengolah masukan perangkat lunak berupa matriks proyeksi yang berjenis *comma-separated values* sebelum diterapkan teknik *Randomization* agar masukan tersebut sesuai dengan persyaratan teknik *Randomization*. Tujuan utama dari kelas ini adalah mengubah masukan matriks proyeksi berjenis *comma-separated values* menjadi sebuah objek kelas *Matrix* dan sebaliknya. Kelas ini memiliki sebuah atribut dan tiga buah fungsi yang selanjutnya dijelaskan secara rinci.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *ProjectionMatrixPreprocessor*.

- *projectionMatrix* adalah atribut untuk menyimpan matriks proyeksi yang berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari hasil pengolahan masukan yang berjenis *comma-separated values*. Atribut ini memiliki tipe data objek kelas *Matrix*.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *ProjectionMatrixPreprocessor*.

- *readFromCSV* adalah fungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values* menjadi matriks proyeksi yang dapat dipakai perangkat lunak. Fungsi ini memiliki sebuah masukan bernama *filePath* yang berguna untuk menentukan lokasi dokumen yang ingin diolah. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah pembacaan dokumen berhasil dilakukan.
- *saveToCSV* adalah fungsi statis untuk mengolah sebuah matriks proyeksi berbentuk objek kelas *Matrix* menjadi sebuah dokumen *comma-separated values* dan menyimpannya pada sebuah direktori pengguna. Fungsi ini bisa dikatakan kebalikan dari fungsi *readFromCSV*. Ada dua buah masukan pada fungsi ini yaitu sebuah matriks proyeksi dan lokasi penyimpanan dokumen yang baru. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah penyimpanan berhasil dilakukan.
- *getProjectionMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks proyeksi berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari fungsi *readFromCSV* atau dengan kata lain mendapatkan variabel *projectionMatrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa matriks proyeksi yang bertipe data *Matrix*.

Kelas *RotationMatrixPreprocessor*

Kelas *RotationMatrixPreprocessor* berguna untuk mengolah masukan perangkat lunak berupa matriks rotasi dan translasi yang berjenis *comma-separated values* sebelum diterapkan teknik *Randomization* agar masukan tersebut sesuai dengan persyaratan teknik *Randomization*. Tujuan utama dari kelas ini adalah mengubah masukan matriks rotasi dan translasi berjenis *comma-separated values* menjadi dua buah objek kelas *Matrix* dan sebaliknya. Kelas ini memiliki dua buah atribut dan empat buah fungsi. Berikut penjelasan secara rinci setiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

Berikut adalah deskripsi setiap atribut pada kelas *RotationMatrixPreprocessor*.

- *rotationMatrix* adalah atribut untuk menyimpan matriks rotasi yang berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari hasil pengolahan masukan yang berjenis *comma-separated values*. Atribut ini memiliki tipe data objek kelas *Matrix*.
- *translationMatrix* adalah atribut untuk menyimpan matriks translasi yang berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari hasil pengolahan masukan yang berjenis *comma-separated values*. Atribut ini memiliki tipe data objek kelas *Matrix*.

Berikut adalah deskripsi setiap fungsi pada kelas *RotationMatrixPreprocessor*.

- *readFromCSV* adalah fungsi untuk membaca dokumen berjenis *comma-separated values* menjadi matriks rotasi dan translasi yang dapat dipakai perangkat lunak. Fungsi ini memiliki sebuah masukan bernama *filePath* yang berguna untuk menentukan lokasi dokumen yang ingin diolah. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah pembacaan dokumen berhasil dilakukan.
- *saveToCSV* adalah fungsi statis untuk mengolah sebuah matriks rotasi dan translasi berbentuk objek kelas *Matrix* menjadi sebuah dokumen *comma-separated values* dan menyimpannya pada sebuah direktori pengguna. Fungsi ini bisa dikatakan kebalikan dari fungsi *readFromCSV*. Ada tiga buah masukan pada fungsi ini yaitu sebuah matriks rotasi, matriks translasi dan lokasi penyimpanan dokumen yang baru. Kembalian pada fungsi ini adalah sebuah *boolean* yang menyatakan apakah penyimpanan berhasil dilakukan.
- *getRotationMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks rotasi berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari fungsi *readFromCSV* atau dengan kata lain mendapatkan variabel *rotationMatrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa matriks rotasi yang bertipe data *Matrix*.
- *getTranslationMatrix* adalah fungsi untuk mendapatkan matriks translasi berbentuk objek kelas *Matrix* yang didapatkan dari fungsi *readFromCSV* atau dengan kata lain mendapatkan variabel *translationMatrix*. Fungsi ini tidak memiliki masukan apapun tetapi mempunyai kembalian berupa matriks translasi yang bertipe data *Matrix*.

4.3 Masukan dan Keluaran Perangkat Lunak

Perangkat lunak mempunyai 2 buah masukan dan keluaran yang berupa *dataset* dan matriks rotasi/proyeksi. Ada persyaratan apabila sebuah *dataset* ingin diacak oleh perangkat lunak yaitu *dataset* tersebut harus berupa sebuah matriks. Tetapi mayoritas *dataset* yang ada didistribusikan bukan sebagai matriks melainkan dokumen berjenis tertentu antara lain seperti dokumen berjenis *comma-separated values*. Oleh karena itu, perangkat lunak ini hanya dapat menerima masukan *dataset* berupa dokumen berjenis *comma-separated values* yang umum digunakan dan keluaran perangkat lunak hasil pengacakan akan berupa *dataset* yang berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Matriks rotasi/proyeksi adalah matriks yang dibuat oleh perangkat lunak atau dengan kata lain salah satu keluaran dari perangkat lunak. Dalam rangka memudahkan penggunaan perangkat lunak, keluaran matriks rotasi/proyeksi dirancang menjadi sebuah dokumen *comma-separated values* sehingga masukan matriks rotasi/proyeksi juga sebuah dokumen *comma-separated values*. Berikut penjelasan secara rinci masukan yang dapat diterima oleh perangkat lunak.

Dokumen *comma-separated values* adalah dokumen berisi teks yang menggunakan koma untuk memisahkan antara setiap nilai dengan nilai lainnya. Masukan *dataset* dan keluaran hasil pengacakan *dataset* dari perangkat lunak harus berbentuk seperti ini. Baris pertama pada dokumen merupakan nama semua kolom yang ada pada *dataset*. Baris lainnya adalah nilai-nilai setiap kolom pada suatu rekord. Pada *dataset* di atas, kolom terakhir adalah kolom label. Kolom-kolom lainnya selain kolom label tersebut adalah kolom fitur yang ingin diacak. Kolom fitur tersebut untuk perangkat lunak

Randomization ini mempunyai persyaratan yaitu nilai kolom tersebut harus berjenis numerik. Ada sedikit perbedaan pada keluaran yang dihasilkan oleh teknik *Random Projection Perturbation* yaitu baris pertama pada dokumen yang mana adalah nama kolom akan hilang dan digantikan menjadi penanda nomor kolom saja. Hal ini dikarenakan teknik *Random Projection Perturbation* mengubah jumlah kolom yang ada pada *dataset*. Berikut adalah contoh sebagian isi dari sebuah *dataset* yang berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*.

```
sepal_length,sepal_width,petal_length,petal_width,species
5.1,3.5,1.4,0.2,setosa
4.9,3,1.4,0.2,setosa
4.7,3.2,1.3,0.2,setosa
4.6,3.1,1.5,0.2,setosa
5,3.6,1.4,0.2,setosa
5.4,3.9,1.7,0.4,setosa
4.6,3.4,1.4,0.3,setosa
5,3.4,1.5,0.2,setosa
4.4,2.9,1.4,0.2,setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,setosa
```

Masukan dan keluaran matriks rotasi/proyeksi perangkat lunak akan sedikit berbeda pada isinya walaupun sama-sama berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Pada dokumen matriks rotasi akan mempunyai 2 buah bagian yaitu matriks rotasi dan translasi. Keberadaan matriks translasi pada dokumen matriks rotasi memudahkan teknik pengacakan diterapkan, oleh karena itu matriks translasi digabungkan dengan matriks rotasi menjadi sebuah dokumen berjenis *comma-separated values*. Baris pertama pada dokumen merupakan penanda nomor kolom saja, bukan bagian dari matriks. Bagian matriks rotasi dimulai dari kolom pertama yang memiliki penanda nomor kolom 0 sampai nomor terakhir sebelum angka 0 kembali muncul. Bagian matriks translasi dimulai dari kolom yang mempunyai penanda nomor kolom 0 yang muncul kedua kali tersebut. Berikut adalah contoh isi dari sebuah matriks rotasi yang berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Berikut adalah contoh seluruh isi dari sebuah matriks rotasi yang berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*.

```
0,1,2,0,1,2,3
-0.2737716404975301,0.743341774437851,-0.6103213049164171,1.0,0.0,0.0,0.0
0.8536109472109308,-0.10459954079843309,-0.5103011727072695,0.0,1.0,0.0,0.0
-0.44316750745169564,-0.6606829363925966,-0.6058882882996728,0.0,0.0,1.0,0.0
,,,9.0,96.0,88.0,1.0
```

Matriks proyeksi memiliki struktur isi dokumen yang sama dengan hasil pengacakan *dataset* dengan teknik *Random Projection Perturbation*. Berikut adalah contoh sebagian isi dari sebuah matriks proyeksi yang berbentuk dokumen berjenis *comma-separated values*.

```
0,1,2
-0.032756130696027896,0.040109091244847996,-0.014778026984848048
0.021816749340792828,-0.02083306952406259,0.020940957583698783
-0.056361221296269706,0.03145783528236356,0.0063571544281266585
-0.01216494001525144,0.013803174806436643,-0.04911448956050144
0.04678923305352013,-0.00879955101081008,0.1182068962729779
0.01889361892606515,0.0022156968489482603,-0.03214602208969308
-0.03261188064537208,-0.01111126558652498,-0.050088304590882364
-0.034938899444486554,0.08603745694049988,0.006150749680846169
0.012141482571524835,-0.03205321005199006,-0.05187040825477614
-0.02034022884118899,-0.022079475287664244,0.08089064784187873
```

BAB 5

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada bab ini ditunjukkan tampilan dari implementasi perangkat lunak dan juga bagaimana perangkat lunak diimplementasikan. Pada penelitian ini pengujian fungsional dan eksperimental perangkat lunak juga dilakukan dan dijelaskan pada bab ini. Hasil dari pengujian dijelaskan secara rinci dan sistematis serta dibuat kesimpulan untuk pengujian yang telah dilakukan.

5.1 Implementasi Antarmuka

Antarmuka perangkat lunak diimplementasikan dengan memakai *framework* antarmuka grafis berbasis bahasa pemrograman Python yang bernama Kivy. Implementasi antarmuka disesuaikan dengan rancangan antarmuka perangkat lunak yang telah dibuat pada bab 4. Gambar 5.1 adalah tampilan antarmuka dari implementasi perangkat lunak.

Antarmuka perangkat lunak mempunyai tiga buah bagian yang mempunyai fungsinya masing-masing. Ketiga bagian ini dapat dilihat pada Gambar 5.2 Pertama adalah bagian masukan dan pengaturan, terdapat pada bagian atas yang bernomor satu dan dikelilingi kotak merah. Kedua adalah bagian deskripsi *dataset*, terdapat pada bagian bawah sebelah kiri yang bernomor dua dan dikelilingi kotak biru. Terakhir adalah bagian deskripsi hasil pengacakan, terdapat pada bagian bawah sebelah kanan yang bernomor tiga dan dikelilingi kotak hijau. Ketiga bagian ini dijelaskan secara rinci pada subbab-subbab berikutnya.

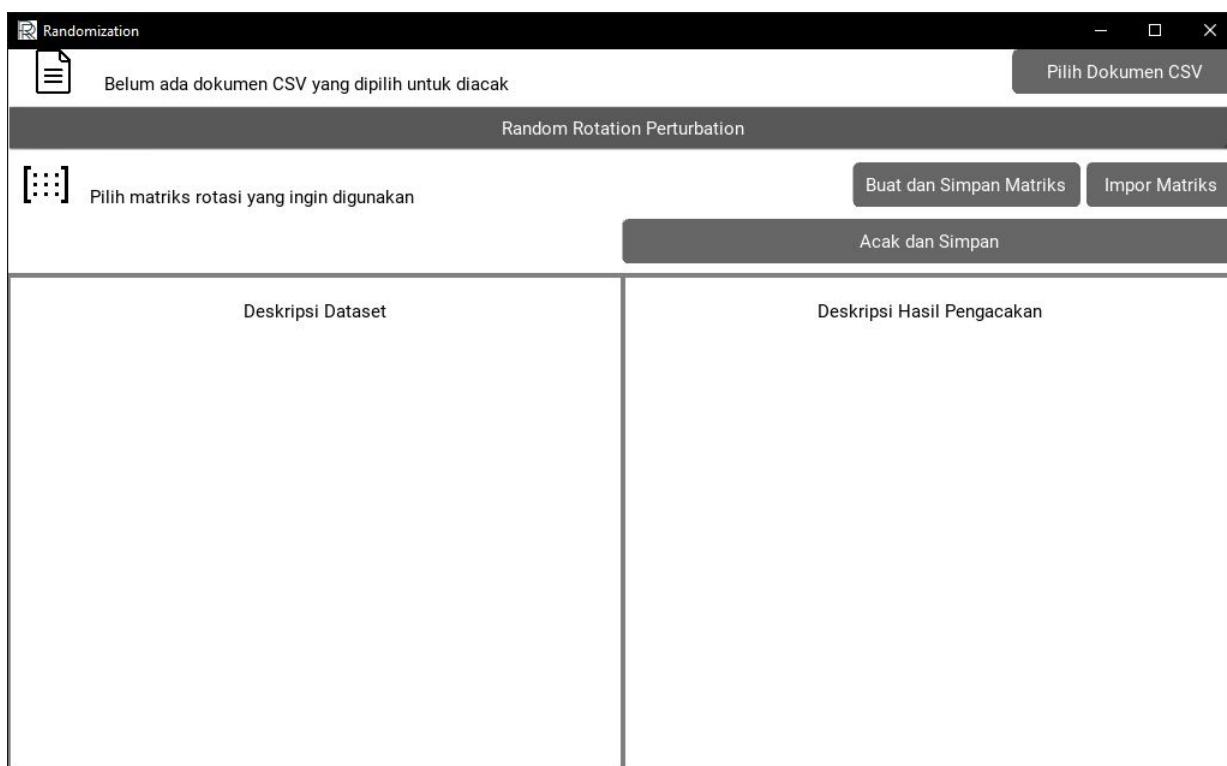
Perangkat lunak *Randomization* mengimplementasikan dua buah teknik *Randomization* yang berbeda yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Oleh karena itu, antarmuka perangkat lunak secara otomatis dapat menyesuaikan dengan teknik yang dipilih oleh pengguna. Pada setiap subbab dijelaskan juga sekaligus perbedaan dari antarmuka kedua teknik *Randomization*.

5.1.1 Masukan dan Pengaturan

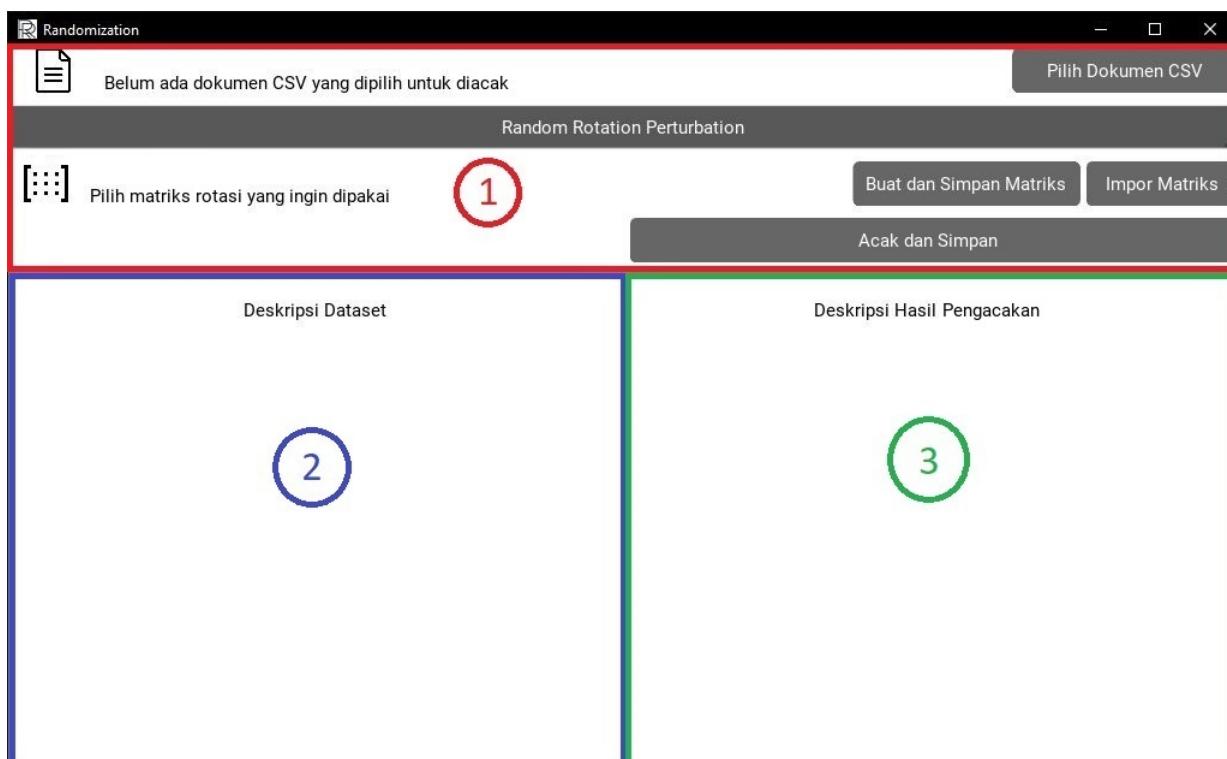
Bagian masukan dan pengaturan menyediakan berbagai interaksi untuk pengguna dapat mengatur masukan yang perlu diberikan kepada perangkat lunak dan menerapkan teknik *Randomization* yang diinginkan. Ada beberapa fungsi inti pada bagian ini yaitu sebagai berikut.

- Masukan *dataset* berupa file *comma-separated values* yang ingin diacak.
- Memilih teknik *Randomization* yang ingin digunakan.
- Membuat baru dan memilih matriks rotasi atau proyeksi yang ingin digunakan.
- Masukan nilai variabel *epsilon* dan nilai variabel *k* untuk teknik *Random Projection Perturbation*.
- Sebuah tombol untuk menerapkan teknik *Randomization* dan menyimpan hasilnya.

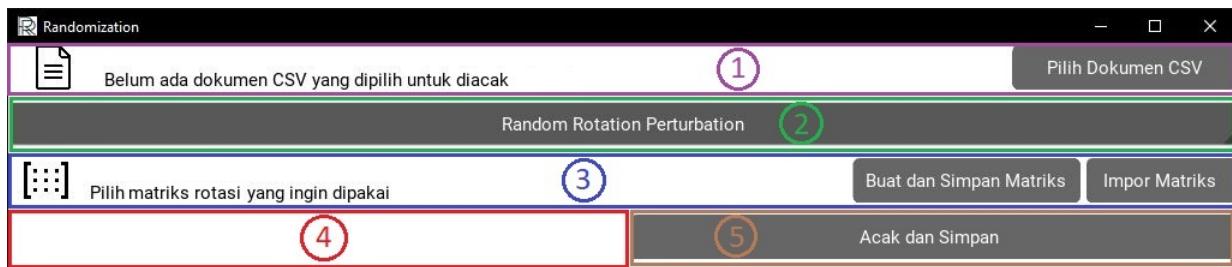
Berikut penjelasan secara rinci dengan gambar setiap fungsi tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan cara pemakaianya yang benar secara berturut.



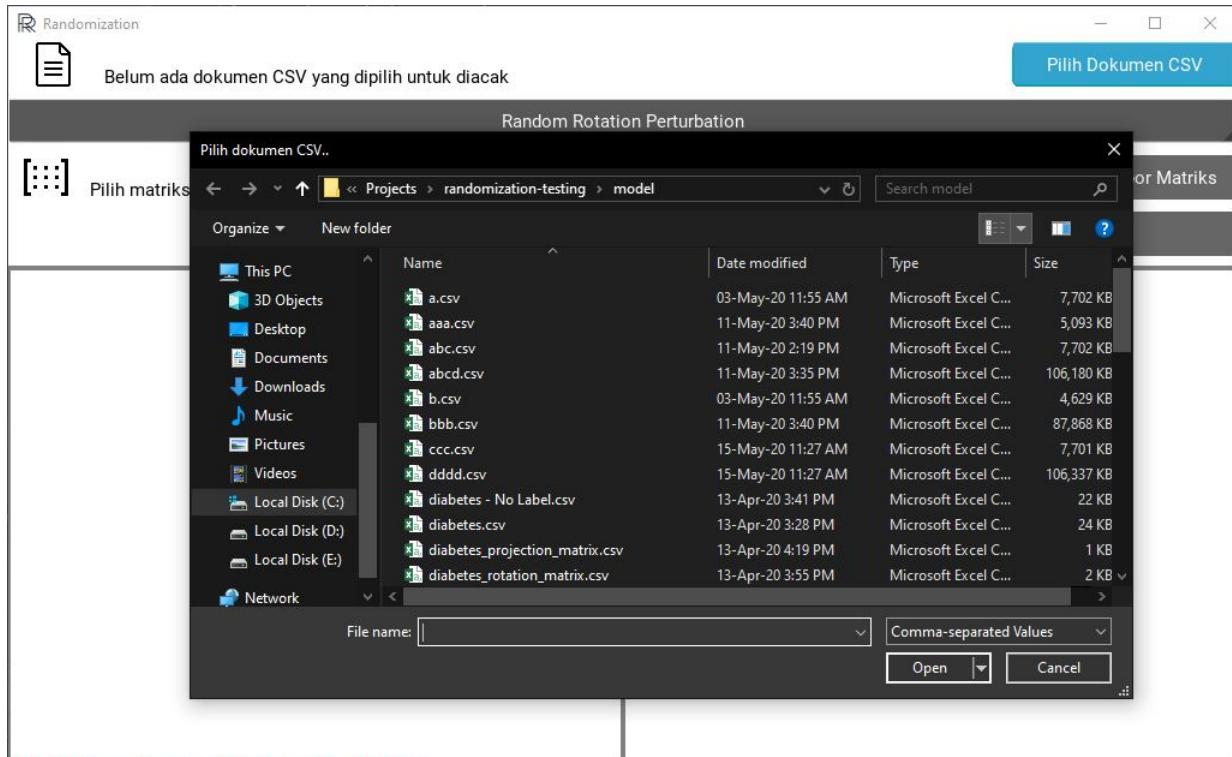
Gambar 5.1: Tampilan perangkat lunak yang pertama ditampilkan saat perangkat lunak baru dibuka



Gambar 5.2: Bagian-bagian pada antarmuka perangkat lunak



Gambar 5.3: Bagian antarmuka masukan dan pengaturan perangkat lunak



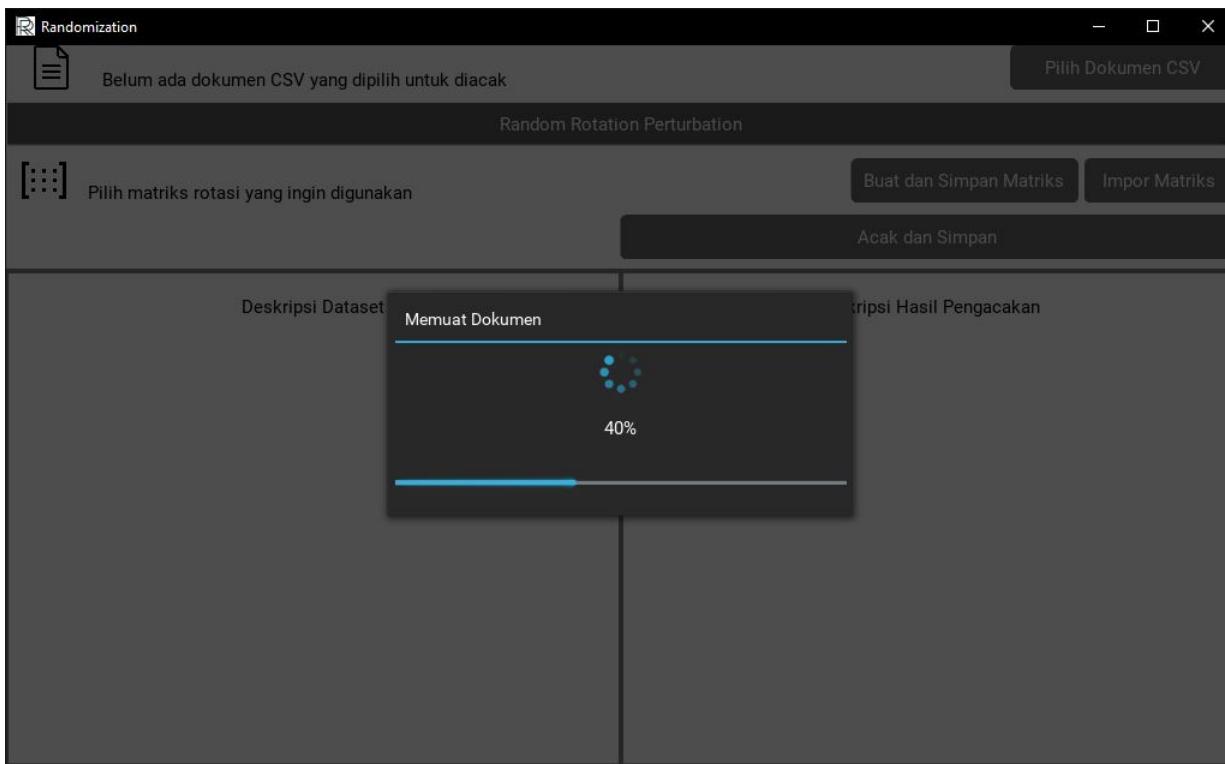
Gambar 5.4: Jendela untuk memilih *dataset* yang berupa dokumen CSV

Masukan Dataset

Pertama pengguna perlu memberikan masukan *dataset* yang ingin diacak berupa dokumen berjenis *comma-separated values*. Perangkat lunak menyediakan fitur tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang terdapat pada bagian yang dikelilingi kotak berwarna merah dan bernomor satu. Pengguna dapat menekan tombol “Pilih Dokumen CSV” yang terletak pada ujung sebelah kanan. Tombol ini bertujuan untuk memilih dokumen yang ingin diacak pada direktori pengguna. Ketika tombol ditekan, perangkat lunak membuka jendela baru untuk memilih dokumen yang dapat dilihat pada gambar 5.4.

Setelah pengguna memilih *dataset* yang diinginkan, perangkat lunak otomatis menuliskan lokasi dokumen yang dipilih berada. Perangkat lunak akan menampilkan lokasi dokumen tersebut pada bagian tengah sebelah kanan simbol dokumen dan sebelah kiri tombol “Pilih Dokumen CSV”. Jika belum ada *dataset* yang dipilih maka perangkat lunak menampilkan label yang berupa kalimat “Belum ada dokumen CSV yang dipilih untuk diacak” yang menunjukkan bahwa belum ada dokumen yang dipilih oleh pengguna. Jika pengguna memilih ulang dokumen, maka secara otomatis juga perangkat lunak akan memperbaharui lokasi dokumen sesuai dokumen yang dipilih pengguna.

Apabila dokumen yang dipilih berukuran besar, maka perangkat lunak akan memakan sedikit



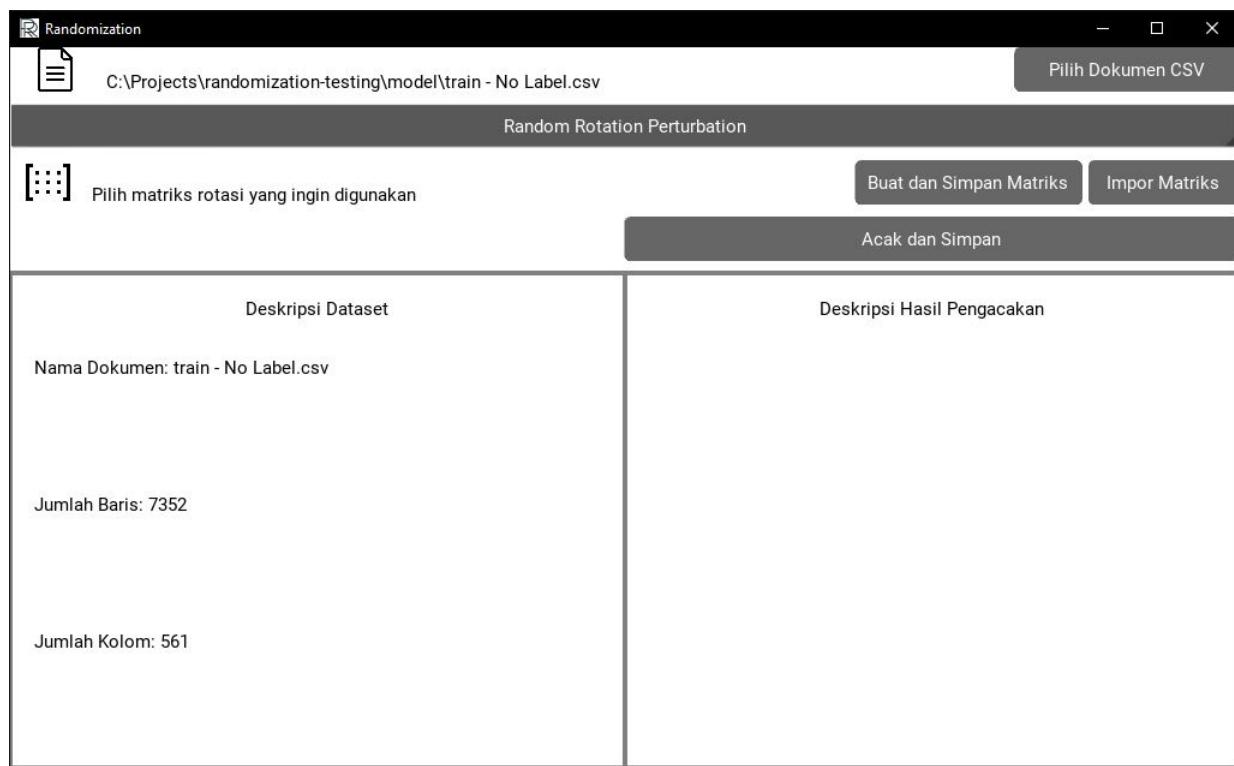
Gambar 5.5: Tampilan *popup* yang ditampilkan saat proses memuat dokumen berlangsung

waktu yang lebih lama. Dalam rangka memberitahukan kepada pengguna bahwa perangkat lunak sedang melakukan proses pemilihan dokumen, perangkat lunak akan menampilkan sebuah *popup* yang memberitahukan bahwa proses pemilihan sedang berjalan dan perangkat lunak tidak berhenti bekerja atau ada kesalahan sehingga pengguna tidak bingung apabila perangkat lunak memakan waktu yang lebih lama untuk memproses dokumen yang dipilih. Tampilan antarmuka *popup* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.5. Setelah dokumen dipilih pengguna dan perangkat lunak berhasil memproses dokumen tersebut, perangkat lunak akan memperbaharui lokasi dokumen dan menampilkan beberapa informasi *dataset* yang dipilih pada bagian deskripsi *dataset* yang dijelaskan pada subbab berikutnya. Tampilan antarmuka setelah pengguna memilih dokumen dapat dilihat pada Gambar 5.6

Selain itu setelah pengguna memilih dokumen CSV, perangkat lunak akan membaca dokumen tersebut dan memproses isi dari dokumen tersebut menjadi *dataset* yang berupa matriks. Proses ini dilakukan sekali saja tepat setelah pengguna memilih dokumen dengan menekan tombol "Pilih Dokumen CSV". Oleh karena itu, apabila sebuah dokumen CSV diubah isinya setelah dokumen tersebut dipilih oleh pengguna maka perangkat lunak tetap akan menggunakan isi dari dokumen tersebut yang belum diubah. Pengguna harus berhati-hati apabila isi dokumen diubah maka pengguna juga harus memilih kembali dokumen yang sama tersebut walaupun perangkat lunak sudah menunjukkan lokasi dokumen yang digunakan adalah dokumen yang pengguna inginkan.

Pemilihan teknik *Randomization*

Setelah pengguna memilih *dataset* yang ingin diacak, pengguna juga harus memilih teknik *Randomization* apa yang ingin diterapkan terhadap *dataset* yang sudah dipilih. Pada awal perangkat lunak dibuka, secara otomatis teknik *Random Rotation Perturbation* yang dipilih. Apabila pengguna ingin mengganti teknik yang ingin diterapkan pada *dataset*, pengguna dapat menekan tombol *dropdown* yang bertuliskan nama teknik *Randomization*. Tombol ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang dikelilingi kotak berwarna hijau dan bermotor dua.



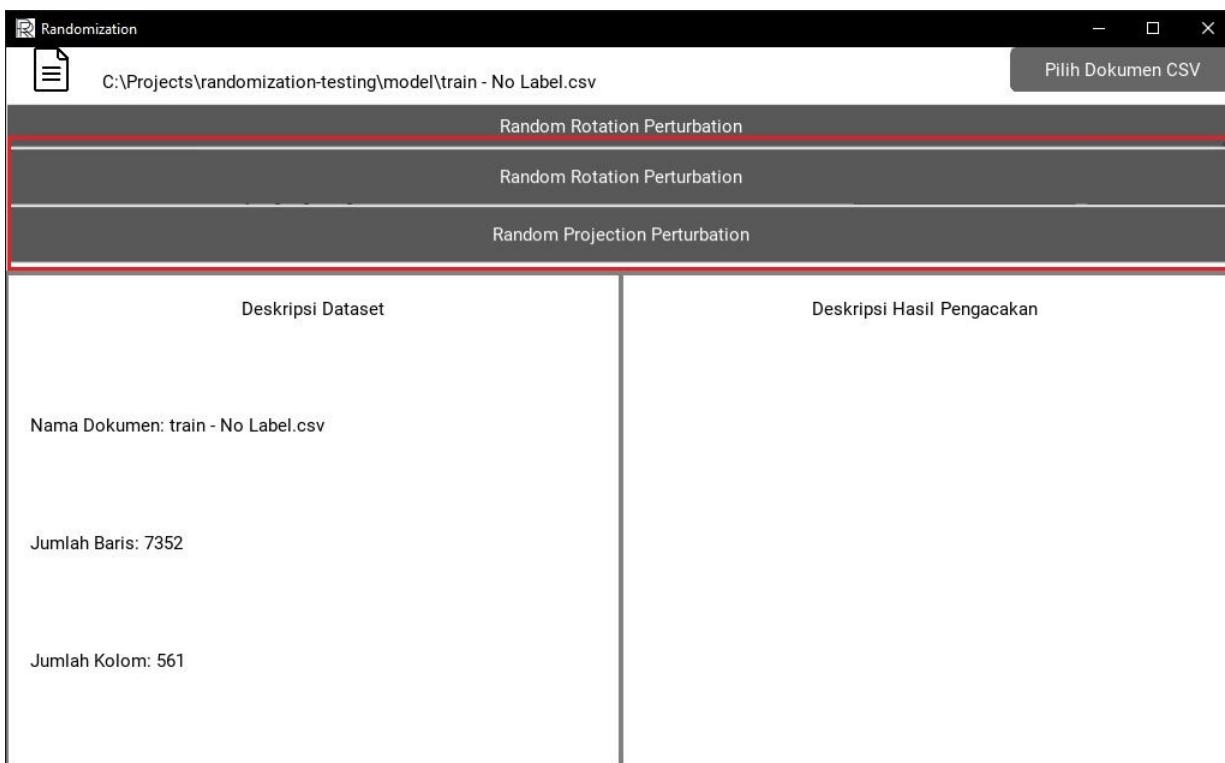
Gambar 5.6: Tampilan antarmuka setelah sebuah dokumen dipilih

Apabila pengguna menekan tombol ini maka perangkat lunak akan menampilkan *dropdown* yang mempunyai dua buah opsi teknik *Randomization* yaitu “Random Rotation Perturbation” dan “Random Projection Perturbation”. Antarmuka tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.7 yang dikelilingi oleh kotak merah. Pemilihan teknik ini juga memicu beberapa perubahan pada tampilan antarmuka perangkat lunak menyesuaikan dengan teknik yang dipilih. Beberapa perubahan pada perangkat lunak tersebut melingkupi bagian pembuatan dan pemilihan matriks, parameter teknik *Randomization*, dan bagian pengacakan dan simpan yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

Pembuatan dan Pemilihan Matriks

Setelah pengguna memilih teknik yang ingin diterapkan, pengguna harus memilih matriks yang diinginkan atau membuat baru. Matriks yang dimaksudkan adalah matriks rotasi atau matriks proyeksi sesuai teknik *Randomization* yang dipilih. Apabila teknik *Random Rotation Perturbation* yang dipilih maka perangkat lunak mengubah fungsi pembuatan dan pemilihan matriks ini menjadi matriks rotasi. Apabila teknik *Random Projection Perturbation* yang dipilih maka perangkat lunak mengubah fungsi pembuatan dan pemilihan matriks ini menjadi matriks proyeksi. Perubahan ini dapat terlihat pada label yang berada di sebelah kanan simbol matriks apabila belum memilih atau membuat matriks maka label tersebut akan menampilkan kalimat “Pilih matriks rotasi yang ingin digunakan” atau “Pilih matriks proyeksi yang ingin digunakan”. Bagian ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang dikelilingi oleh kotak berwarna hijau dan bermotor dua.

Ada dua buah tombol pada bagian ini yaitu “Buat dan Simpan Matriks” dan “Impor Matriks”. Tombol “Buat dan Simpan Matriks” mempunyai fungsi untuk membuat matriks rotasi atau proyeksi baru sesuai teknik *Randomization* yang dipilih dan menyimpan matriks tersebut pada sebuah dokumen CSV baru yang dibuat oleh perangkat lunak pada direktori tertentu yang dipilih oleh pengguna. Pada saat perangkat lunak sedang memproses matriks tersebut, perangkat lunak akan menampilkan *popup* memuat yang dapat dilihat pada Gambar 5.8. *Popup* ini juga ditampilkan saat proses impor matriks dilakukan. Hasil matriks yang dibuat oleh perangkat lunak dapat digunakan



Gambar 5.7: Tampilan antarmuka saat pengguna memilih teknik

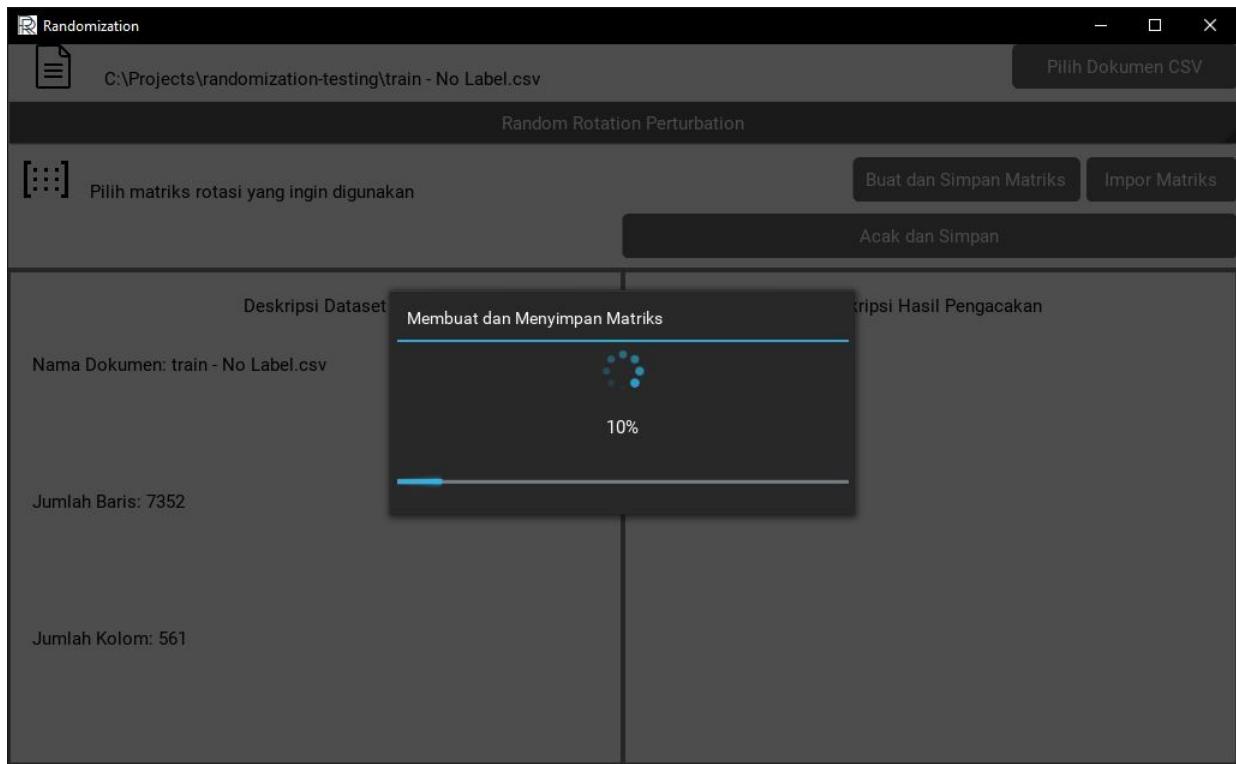
kembali untuk lain kali sehingga rotasi atau proyeksi yang diterapkan akan sama dengan yang sebelumnya.

Pengguna dapat melakukan impor matriks dengan cara menekan tombol “Impor Matriks” untuk memilih matriks rotasi atau proyeksi yang diinginkan untuk diterapkan pada *dataset*. Matriks yang dipilih harus sesuai dengan *dataset* yang ingin diacak, misalnya apabila matriks rotasi yang dipilih memiliki dimensi yang berbeda dengan *dataset* maka perangkat lunak akan melarang impor matriks dilakukan karena pengacakan tidak dapat dilakukan. Perangkat lunak akan menampilkan *popup* peringatan untuk pengguna yang dapat dilihat pada Gambar 5.9. Apabila pengguna memilih teknik *Random Projection Perturbation* dan pengguna mengimpor matriks proyeksi maka parameter variabel *k* akan terisi secara otomatis sesuai dengan matriks proyeksi yang diimporkan.

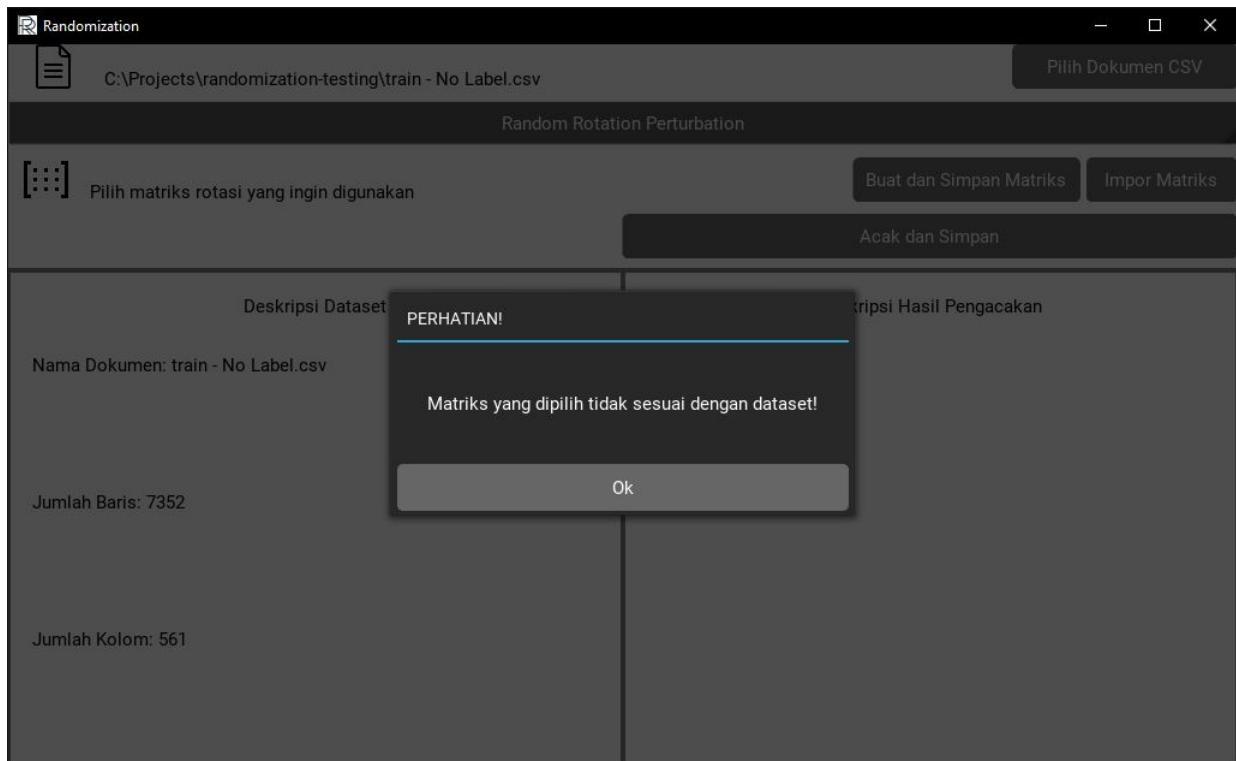
Apabila pengguna belum memilih *dataset* yang ingin diacak, pengguna tidak dapat membuat maupun impor matriks terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan perlu ada proses pengecekan terlebih dahulu yang dilakukan perangkat lunak untuk memastikan *dataset* yang ingin diacak sudah sesuai persyaratan dan sesuai dengan matriks rotasi/proyeksi yang dipilih. Perangkat lunak melarang pengguna membuat maupun impor matriks dengan menampilkan sebuah *popup* peringatan yang dapat dilihat pada Gambar 5.10. Pada teknik *Random Projection Perturbation*, pengguna baru bisa membuat matriks proyeksi apabila sudah memenuhi persyaratan yang diminta yaitu mengisi parameter teknik tersebut yang mana adalah variabel *epsilon* dan variabel *k*.

Parameter teknik *Randomization*

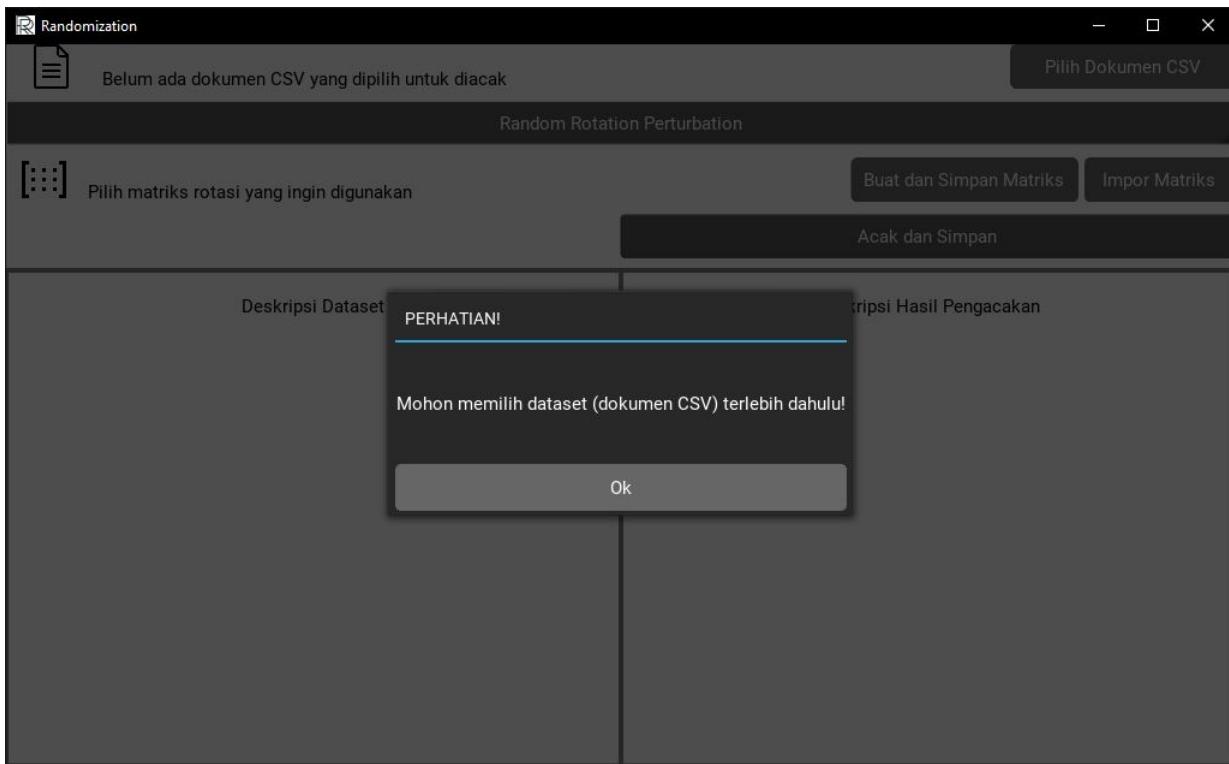
Perangkat lunak hanya meminta kepada pengguna parameter untuk teknik *Random Projection Perturbation* saja apabila pengguna memilih teknik tersebut. Pada teknik *Random Rotation Perturbation* tidak ada parameter yang perlu pengguna berikan. Ada dua buah parameter yang perlu pengguna berikan yaitu variabel *epsilon* dan variabel *k*. Pengguna dapat memasukkan nilai kedua variabel tersebut dengan menekan kolom variabel tersebut masing-masing. Kedua buah parameter tersebut dapat dilihat antarmukanya pada Gambar 5.11



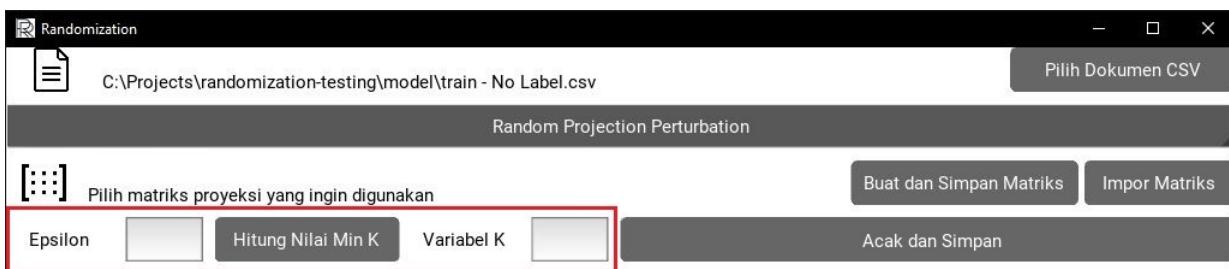
Gambar 5.8: Tampilan antarmuka saat perangkat lunak membuat dan menyimpan matriks



Gambar 5.9: Tampilan *popup* yang ditampilkan apabila matriks yang ingin diimpor tidak sesuai dengan *dataset*



Gambar 5.10: Tampilan *popup* peringatan apabila pengguna belum memilih *dataset* yang diinginkan untuk diacak



Gambar 5.11: Tampilan antarmuka parameter teknik *Random Projection Perturbation*



Gambar 5.12: Tampilan *popup* peringatan tombol “Hitung Nilai Min K”

Seperti yang disinggung pada subbab sebelumnya antarmuka perangkat lunak akan menyesuaikan secara otomatis sesuai teknik yang dipilih pengguna. Pada bagian parameter teknik *Randomization*, perangkat lunak akan menyembunyikan antarmuka parameter *Random Projection Perturbation* apabila pengguna memilih teknik *Random Rotation Perturbation*. Antarmuka tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang dikelilingi oleh kotak berwarna merah dan bermoromor empat, dapat dilihat tidak ada parameter apapun yang tampil apabila teknik *Random Rotation Perturbation* yang dipilih.

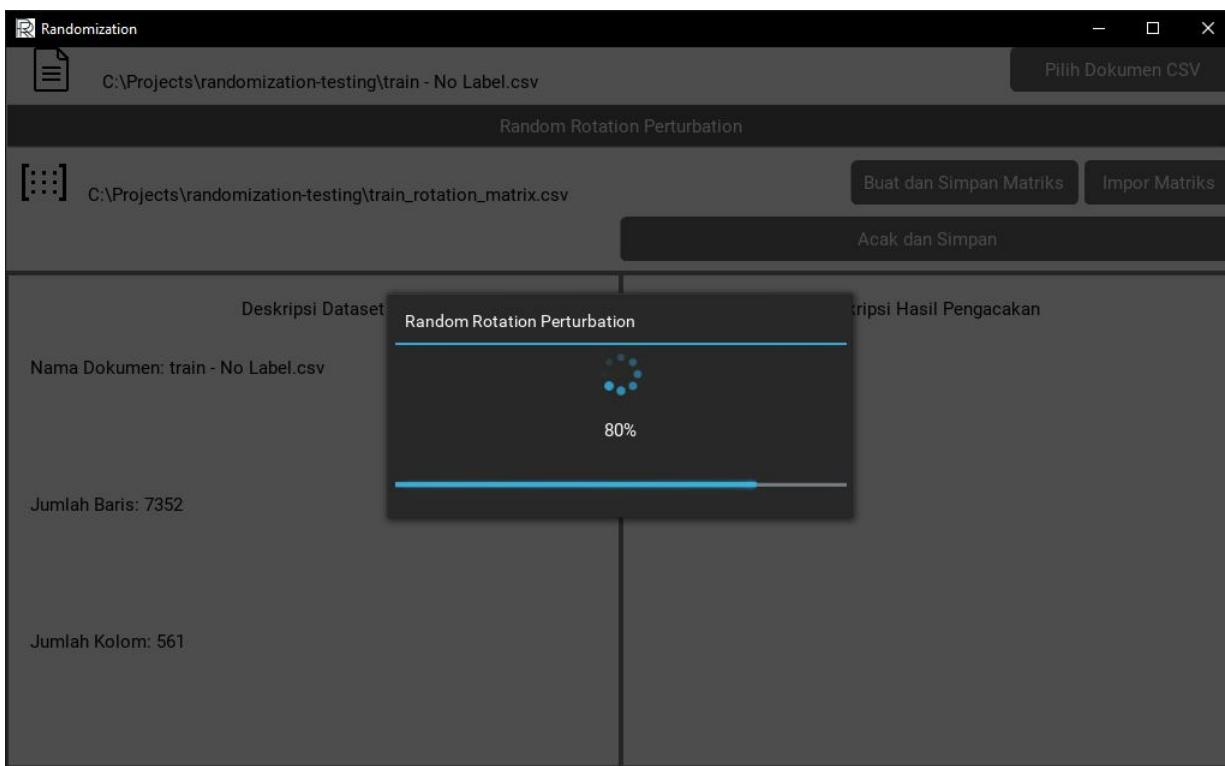
Selain dua buah parameter, pada bagian ini juga ada sebuah tombol yaitu “Hitung Nilai Min K” yang memiliki fungsi untuk menghitung nilai minimal variabel k yang pengguna berikan. Pada teknik *Random Projection Perturbation*, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengguna dan salah satunya adalah variabel k yang diberikan harus melebihi sebuah nilai minimal yang dihitung berdasarkan ukuran *dataset* dan nilai variabel *epsilon*. Oleh karena itu, sebelum tombol ini dapat berfungsi, pengguna harus memilih terlebih dahulu *dataset* yang ingin diacak dan memberikan masukan nilai variabel *epsilon* yang sesuai dengan persyaratan variabel *epsilon* yaitu nilainya lebih besar dari 0 dan kurang dari 1. Apabila pengguna belum memenuhi kedua persyaratan tersebut, tombol tidak akan berfungsi dan perangkat lunak akan menampilkan *popup* peringatan yang dapat dilihat pada Gambar 5.12. Nilai minimal variabel k ditampilkan pada bagian antarmuka deskripsi *dataset* yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

Perangkat lunak juga akan memberikan peringatan apabila nilai minimal variabel k melebihi besar dimensi *dataset* yang ingin diacak karena salah satu persyaratan dari teknik *Random Projection Perturbation* adalah nilai variabel k harus lebih kecil daripada besar dimensi *dataset* yang ingin diacak. Apabila pengguna melakukan impor matriks maka variabel k akan terisi secara otomatis dan pengguna harus menyesuaikan nilai variabel *epsilon* dengan variabel k yang tidak boleh diubah oleh pengguna.

Pengacakan dan Simpan

Setelah pengguna memberikan masukan yang sesuai dan mengatur pengaturan yang diinginkan maka pengguna telah dapat melakukan pengacakan dengan menekan tombol “Acak dan Simpan”. Tombol ini menerapkan teknik *Randomization* yang dipilih oleh pengguna terhadap *dataset* yang ingin diacak menggunakan matriks yang telah dibuat atau dipilih oleh pengguna dan parameter-parameter yang pengguna berikan. Tampilan antarmuka saat proses pengacakan dilakukan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 5.13.

Setelah perangkat lunak berhasil melakukan pengacakan, perangkat lunak akan meminta pengguna untuk memilih direktori tempat penyimpanan dan nama dokumen hasil pengacakan.



Gambar 5.13: Tampilan saat perangkat lunak sedang melakukan proses pengacakan

Perangkat lunak menyimpan hasil pengacakan dalam bentuk dokumen berjenis *comma-separated values*. Jendela baru untuk memilih direktori penyimpanan akan ditampilkan perangkat lunak, apabila pengguna membatalkan atau dengan kata lain menutup jendela tersebut tanpa memilih direktori penyimpanan maka perangkat lunak tidak akan melanjutkan proses pengacakan dan dianggap gagal. Tampilan antarmuka *popup* yang tampil setelah perangkat lunak berhasil melakukan proses pengacakan dan menyimpan hasilnya pada direktori yang pengguna pilih dapat dilihat pada Gambar 5.14. Perangkat lunak juga menampilkan berbagai informasi hasil pengacakan pada bagian antarmuka deskripsi hasil pengacakan yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

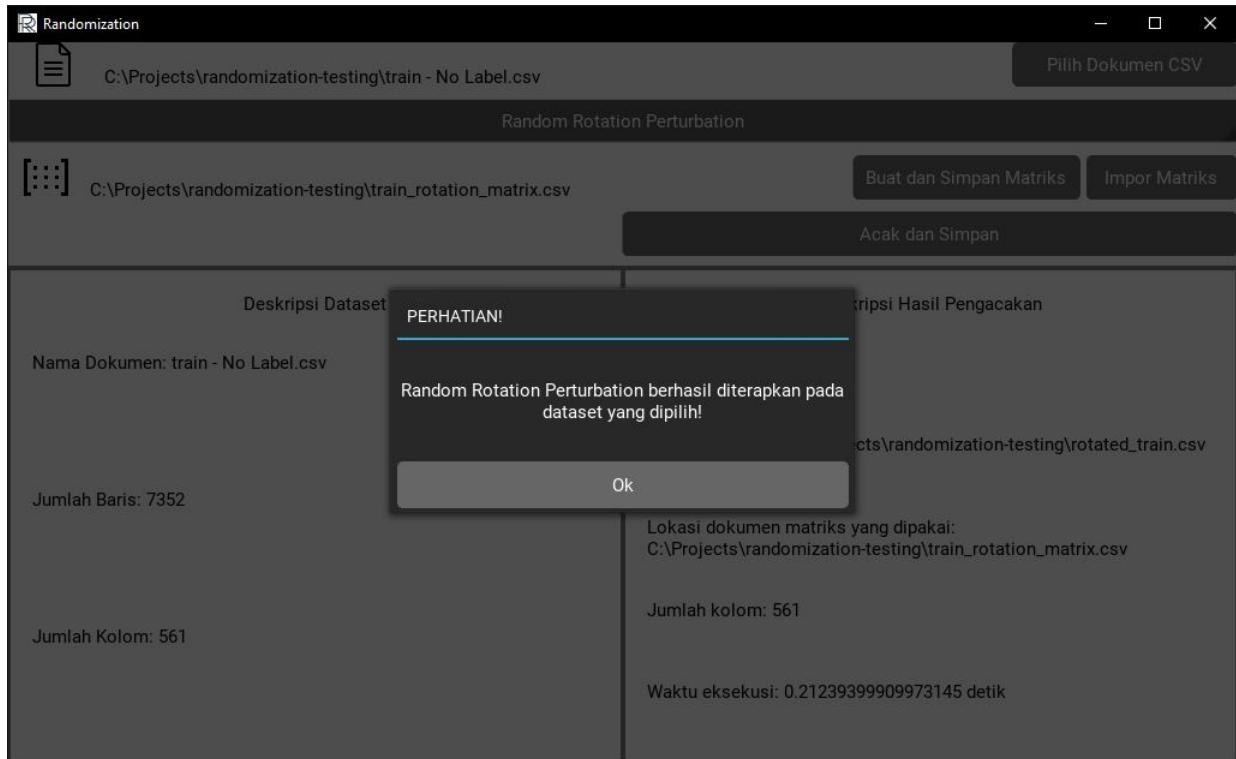
Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengguna sebelum melakukan pengacakan yaitu sebagai berikut.

- Memilih *dataset* yang ingin diacak.
- Memilih teknik *Randomization* yang diinginkan.
- Membuat atau memilih matriks rotasi atau proyeksi.
- Memberikan masukan nilai variabel *epsilon* dan nilai variabel *k*.

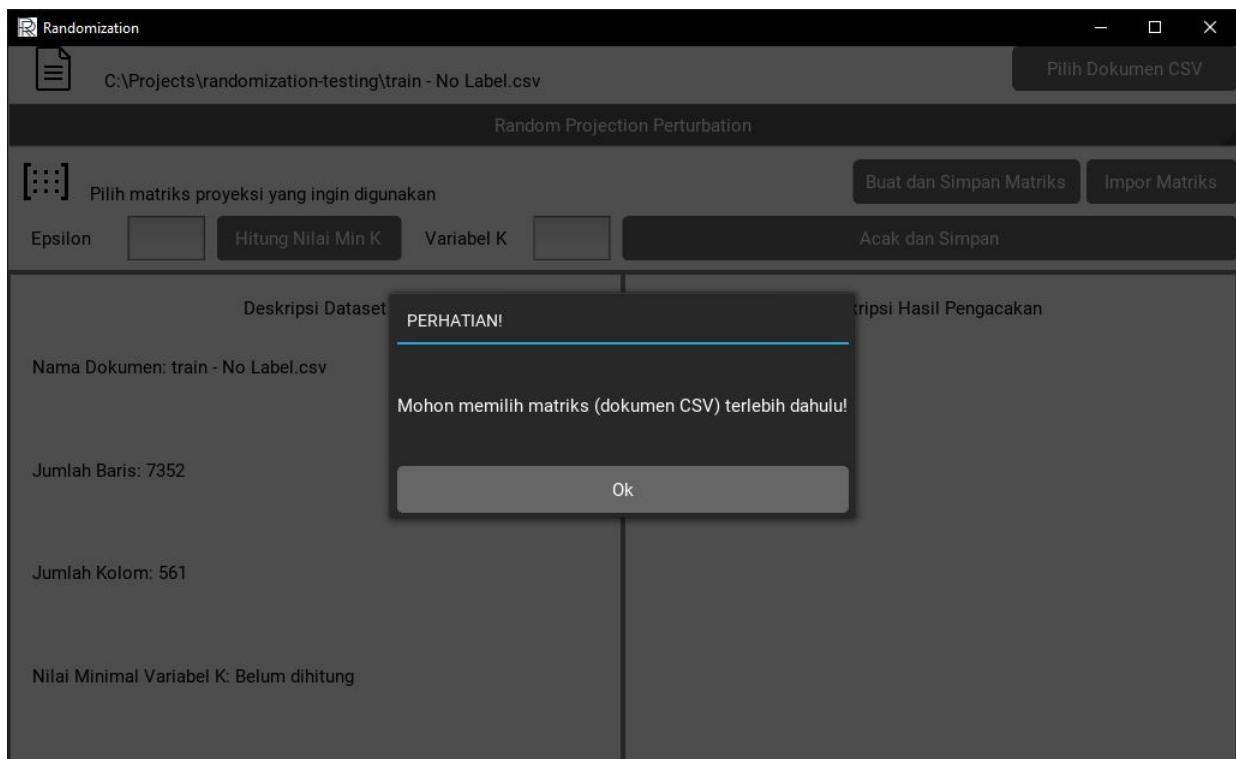
Persyaratan terakhir hanya berlaku apabila pengguna memilih teknik *Random Projection Perturbation*. Apabila ada persyaratan yang tidak dipenuhi oleh pengguna maka perangkat lunak akan menampilkan *popup* untuk memberikan peringatan kepada pengguna dan perangkat lunak tidak akan melanjutkan proses pengacakan. Perangkat lunak akan menampilkan *popup* peringatan terhadap pelanggaran masing-masing persyaratan tersebut, salah satu contoh tampilan antarmuka *popup* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.15.

5.1.2 Deskripsi *Dataset*

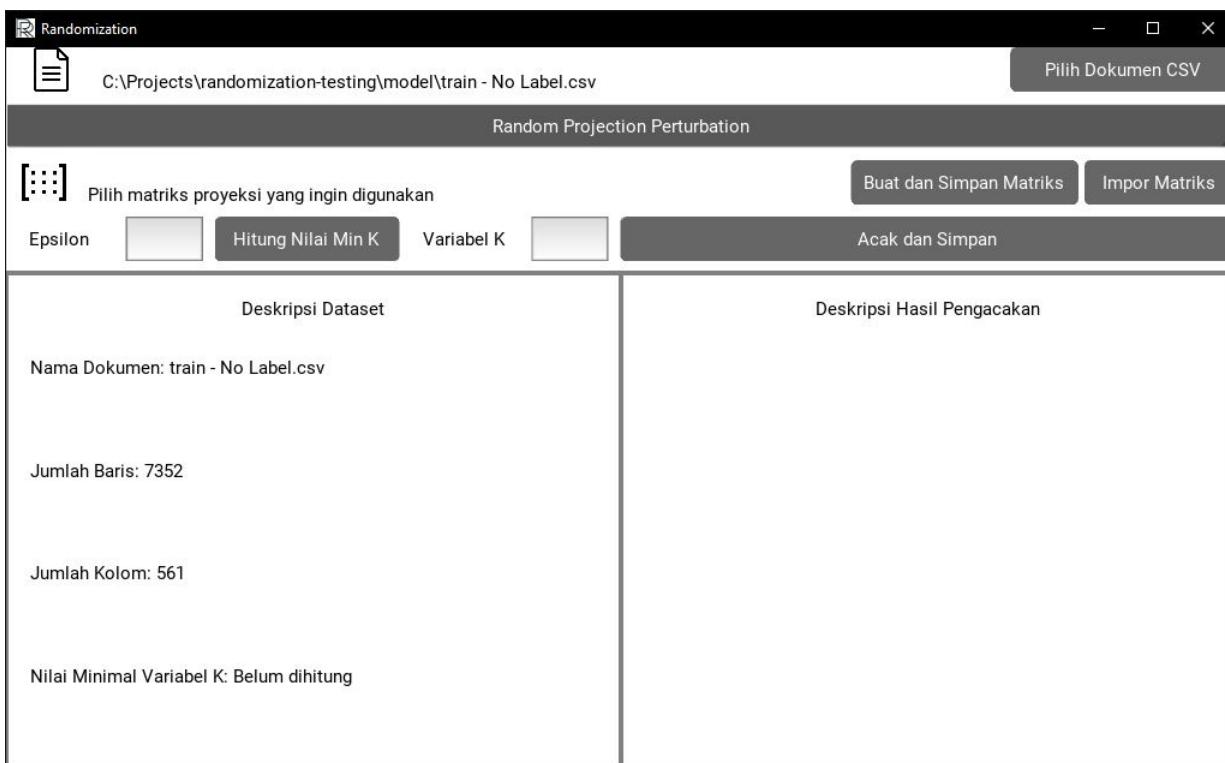
Pengguna dapat melihat berbagai informasi dokumen *comma-separated values* yang dipilih sebagai *dataset* yang ingin diacak pada bagian antarmuka deskripsi *dataset* yaitu sebagai berikut.



Gambar 5.14: Tampilan *popup* untuk memberitahukan pengguna bahwa pengacakan berhasil dilakukan



Gambar 5.15: Tampilan *popup* peringatan apabila pengguna belum memilih atau membuat matriks rotasi/proyeksi



Gambar 5.16: Tampilan antarmuka deskripsi *dataset* setelah pengguna memilih *dataset* yang ingin diacak

- Nama dokumen
- Jumlah baris *dataset*
- Jumlah kolom *dataset*
- Nilai minimal variabel *k*

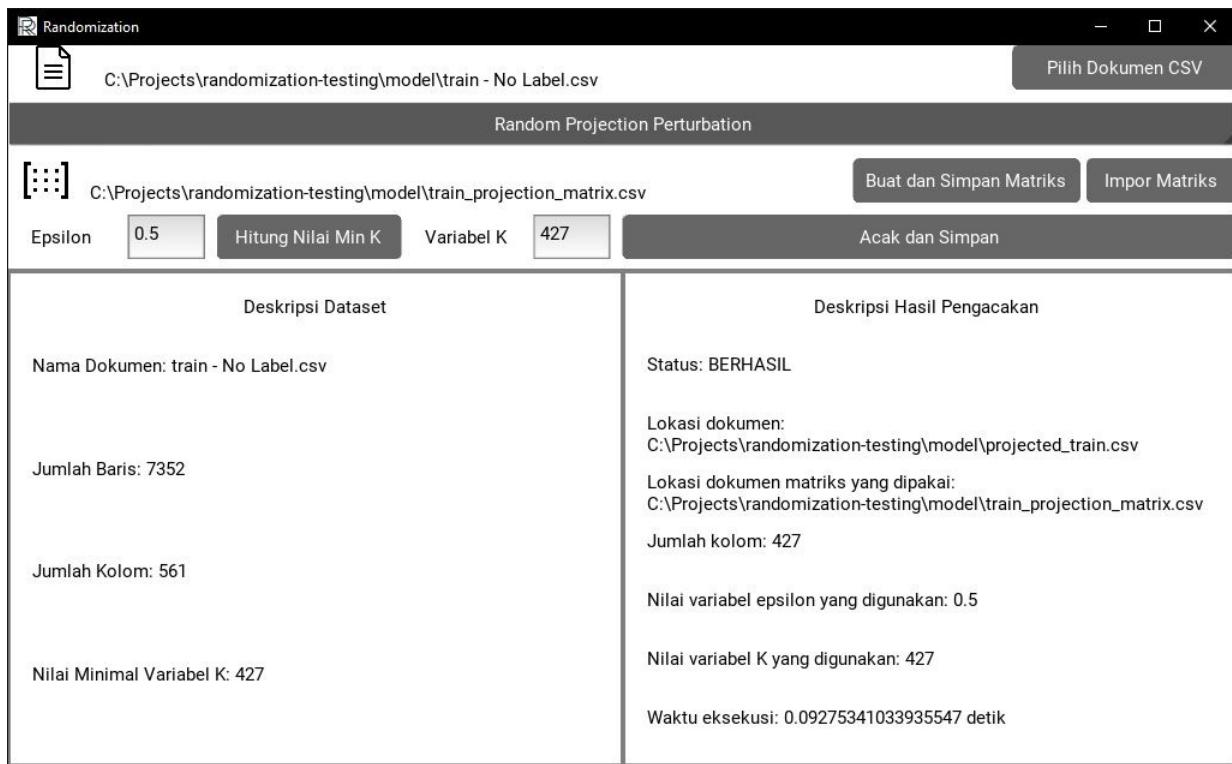
Seperti yang disinggung pada subbab sebelumnya, pada awalnya nilai minimal variabel *k* belum diketahui karena belum dihitung. Pengguna harus mengisi variabel *epsilon* dan menekan tombol “Hitung Nilai Min K” agar perangkat lunak menghitung nilai minimal variabel *k* dan dapat menampilkannya pada deskripsi *dataset*. Nilai minimal variabel *k* hanya ditampilkan apabila pengguna memilih teknik *Random Projection Perturbation*.

Bagian antarmuka deskripsi *dataset* secara otomatis selalu diperbarui setiap pengguna memilih *dataset* yang baru. Tampilan antarmuka bagian deskripsi *dataset* dapat dilihat pada Gambar 5.2 yang dikelilingi oleh kotak berwarna biru dan bernomor dua. Apabila pengguna telah memilih *dataset* yang diinginkan untuk diacak maka perangkat lunak secara otomatis memperbarui tampilan antarmuka deskripsi *dataset* yang dapat dilihat pada Gambar 5.16

5.1.3 Deskripsi Hasil Pengacakan

Perangkat lunak akan menampilkan isi dari deskripsi hasil pengacakan setelah pengguna menekan tombol “Acak dan Simpan” dan perangkat lunak melakukan proses pengacakan. Bagian deskripsi hasil pengacakan ini menampilkan informasi sebagai berikut.

- Status
- Lokasi dokumen
- Lokasi dokumen matriks yang dipakai



Gambar 5.17: Tampilan antarmuka deskripsi hasil pengacakan setelah perangkat berhasil melakukan pengacakan

- Jumlah kolom
- Waktu eksekusi
- Nilai variabel *epsilon* yang digunakan
- Nilai variabel *k* yang digunakan

Nilai variabel *epsilon* dan nilai variabel *k* hanya ditampilkan apabila pengguna memilih teknik *Randomization Random Projection Perturbation*.

Bagian antarmuka deskripsi *dataset* secara otomatis selalu diperbaharui setiap pengguna memilih *dataset* baru. Tampilan antarmuka bagian deskripsi *dataset* dapat dilihat pada Gambar 5.2 yang dikelilingi oleh kotak berwarna biru dan bermotor dua. Apabila pengguna telah memilih *dataset* yang diinginkan untuk diacak maka perangkat lunak secara otomatis memperbaharui tampilan antarmuka deskripsi *dataset* yang dapat dilihat pada Gambar 5.17

5.2 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan perangkat lunak *Randomization* dapat menerapkan kedua teknik *Randomization* yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* dengan baik terhadap *dataset* yang memenuhi syarat. Proses pengujian dilakukan dengan cara menerapkan kedua teknik tersebut dari awal memasukkan *dataset* sampai menghasilkan *dataset* yang telah diacak dan menguji keluaran perangkat lunak tersebut. Berikut pengujian fungsional pada setiap teknik *Randomization*.

0	1	2	0	1	2	3
-0.27377	0.743342	-0.61032	1	0	0	0
0.853611	-0.1046	-0.5103	0	1	0	0
-0.44317	-0.66068	-0.60589	0	0	1	0
			9	96	88	1

Gambar 5.18: Matriks rotasi dan translasi acak yang dibuat perangkat lunak dan disimpan pada satu dokumen *comma-separated values*

5.2.1 Teknik *Random Rotation Perturbation*

Pengujian teknik *Random Rotation Perturbation* dilakukan menggunakan *dataset mall_customers*¹ yang berisi informasi pribadi pelanggan sebuah mall. *Dataset* ini memiliki 3 buah fitur (bersifat numerik) yaitu umur, penghasilan, dan skor pengeluaran. Tiga buah fitur tersebut diacak dan diharapkan hasilnya mengacak *dataset* sehingga nilai setiap fitur tersebut berbeda dari aslinya. Selain itu, matriks rotasi harus dapat disimpan dan digunakan kembali untuk lain kali. *Dataset* yang telah diacak juga diharapkan masih dapat diterapkan teknik penambangan data dengan hasil yang sama dengan *dataset* asli.

Pada teknik *Random Rotation Perturbation* untuk merotasikan sebuah *dataset* diperlukan sebuah matriks rotasi dan translasi acak. Perangkat lunak diharapkan dapat membuat kedua matriks tersebut dan menyimpannya ke dalam sebuah dokumen *comma-separated values*. Beberapa kolom pada *dataset mall_customers* harus dihilangkan terlebih dahulu agar hanya fitur (bersifat numerik) pada *dataset* tersebut saja yang teracak. *Dataset mall_customers* mempunyai 3 buah fitur yang ingin diacak, oleh karena itu matriks rotasi acak yang dibuat perangkat lunak seharusnya berukuran 3×3 dan matriks translasi acak yang dibuat perangkat lunak seharusnya berukuran 4×4 karena matriks translasi mempunyai kolom terakhir tambahan yang dibutuhkan untuk melakukan transformasi translasi.

Pada pengujian yang dilakukan, perangkat lunak berhasil membuat kedua matriks acak tersebut dengan ukuran yang benar dan menyimpannya pada satu dokumen *comma-separated values* yang isinya dapat dilihat pada Gambar 5.18. Matriks rotasi dan translasi ini digunakan untuk menerapkan teknik *Random Rotation Perturbation* terhadap *dataset mall_customers*. Perangkat lunak juga terbukti berhasil menggunakan ulang kedua matriks yang telah disimpan tersebut untuk menerapkan teknik *Random Rotation Perturbation* terhadap *dataset mall_customers* dan hasilnya sama persis seperti hasil yang pertama kali. Kedua matriks tersebut juga dapat digunakan untuk data *mall_customers* yang lain dengan syarat masih memiliki jumlah fitur yang sama.

Dua puluh baris pertama *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20. Dapat dilihat pada gambar tersebut, *dataset* setelah diacak memiliki nilai yang sangat berbeda dengan aslinya. Terlebih lagi jika diperhatikan, nilai yang sama pada beberapa baris di *dataset* asli tidak sama dengan *dataset* yang telah diacak pada baris yang sama seperti pada kolom *Annual Income* baris 10 sampai 12 memiliki nilai 19 pada *dataset* asli tetapi pada *dataset* yang telah diacak ketiga baris tersebut memiliki nilai yang berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Dalam rangka untuk memastikan perangkat lunak berhasil dengan benar menerapkan teknik *Random Rotation Perturbation* dengan matriks rotasi dan translasi yang sebelumnya sudah dibuat dan disimpan oleh perangkat lunak, perhitungan manual dilakukan terhadap *dataset mall_customers* dengan menggunakan matriks rotasi dan translasi tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.18. Hasil akhir dari perangkat lunak sama persis dengan hasil dari perhitungan manual, berikut adalah contoh perhitungan manual untuk baris pertama kolom *Age*. Hasil translasi dapat dilihat pada

¹<https://www.kaggle.com/vjchoudhary7/customer-segmentation-tutorial-in-python>

CustomerID	Gender	Age	Annual Income (k\$)	Spending Score (1-100)
1	Male	19	15	39
2	Male	21	15	81
3	Female	20	16	6
4	Female	23	16	77
5	Female	31	17	40
6	Female	22	17	76
7	Female	35	18	6
8	Female	23	18	94
9	Male	64	19	3
10	Female	30	19	72
11	Male	67	19	14
12	Female	35	19	99
13	Female	58	20	15
14	Female	24	20	77
15	Male	37	20	13
16	Male	22	20	79
17	Female	35	21	35
18	Male	20	21	66
19	Male	52	23	29
20	Female	35	23	98

Gambar 5.19: Dua puluh baris pertama dataset *mall_customers* asli

CustomerID	Gender	Age	Annual Income (k\$)	Spending Score (1-100)
1	Male	30.80293576	-74.70371227	-150.6802393
2	Male	11.64235717	-100.965712	-177.34819
3	Female	46.00730281	-52.26243313	-131.8065483
4	Female	13.72109486	-96.94089629	-176.6555807
5	Female	28.78173046	-66.65349299	-159.6305856
6	Female	15.29164496	-97.12815467	-175.9496722
7	Female	43.6079501	-41.3215056	-141.9819702
8	Female	7.89446913	-108.3817053	-187.9762839
9	Male	37.85168599	-17.88714487	-158.3739244
10	Female	16.58136376	-88.74788781	-179.4292919
11	Male	32.15552849	-22.92463185	-166.8696594
12	Female	3.246982854	-102.8696182	-198.8398822
13	Female	35.0299167	-30.37999029	-162.4929572
14	Female	16.86176701	-96.61595268	-179.3071067
15	Male	41.66545616	-44.66880168	-148.4644332
16	Male	16.52297528	-99.4240021	-179.2982406
17	Female	33.31692523	-60.79510937	-161.0836341
18	Male	23.6853071	-92.42640702	-170.7113514
19	Male	33.02903428	-44.40340067	-168.8443689
20	Female	7.10459415	-102.6273334	-200.2751986

Gambar 5.20: Dua puluh baris pertama dataset *mall_customers* setelah diacak

Tabel 5.1: Contoh perbedaan jarak Euclidean antara *dataset mall_customers* asli dan yang telah diacak dengan *Random Rotation Perturbation*

Baris	Baris	Dataset Asli	Dataset Diacak
194	199	77.07788269017254	77.07788261888021
194	200	26.5329983228432	26.53299827877461
195	195	0.0	0.0
195	196	64.13267497929586	64.13267498269495
195	197	13.564659966250536	13.564659906259806

Persamaan 5.1 dengan variabel x adalah baris pertama kolom *Age*, y adalah baris pertama kolom *Annual Income*, dan z adalah baris pertama kolom *Spending Score*.

$$\begin{aligned}
 x &= 19 \times 1 + 15 \times 0 + 39 \times 0 + 1 \times 9 & (5.1) \\
 &= 28 \\
 y &= 19 \times 0 + 15 \times 1 + 39 \times 0 + 1 \times 96 \\
 &= 111 \\
 z &= 19 \times 0 + 15 \times 0 + 39 \times 1 + 1 \times 88 \\
 &= 127
 \end{aligned}$$

Setelah ditranslasi, transformasi rotasi dilakukan dan hasil akhir dapat dilihat pada Persamaan 5.2.

$$\begin{aligned}
 result &= 28 \times -0.27377 + 111 \times 0.853611 + 127 \times -0.44317 & (5.2) \\
 &= -7.66556 + 94.750821 - 56.28259 \\
 &= 30.802671
 \end{aligned}$$

Dapat dibandingkan hasil akhir perhitungan manual dengan hasil akhir perangkat lunak pada Gambar 5.20, baris pertama pada kolom *Age* memiliki nilai yang sama persis sampai 3 angka di belakang koma (dikarenakan pembulatan pada matriks rotasi untuk visualisasi di dokumen skripsi ini yang dapat dilihat pada Gambar 5.18).

Pengujian terhadap jarak Euclidean antara seluruh objek data pada *dataset* asli dan yang telah diacak juga dilakukan. Pada Tabel 5.1 dapat dilihat sebagian kecil keluaran dari perangkat lunak pengujian yang merupakan contoh perbedaan jarak Euclidean antara sebuah baris yang merepresentasikan sebuah objek data pada *dataset* dengan objek data lainnya. Seluruh objek data pada *dataset* terbukti memiliki jarak Euclidean yang sama pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Pengujian perbandingan jarak Euclidean dilakukan hanya memakai nilai pembulatan sampai 2 atau 3 angka di belakang koma saja karena tidak terlalu relevan untuk mengambil seluruh angka di belakang koma. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak sudah berfungsi dengan baik dan benar dalam menerapkan teknik *Random Rotation Perturbation*.

5.2.2 Teknik *Random Projection Perturbation*

Pengujian teknik *Random Projection Perturbation* dilakukan menggunakan *dataset mobile_sensor*² yang berisi data sensor *smartphone* banyak orang yang sedang melakukan aktivitas tertentu yaitu berdiri, duduk, berbaring, berjalan, berjalan menanjak, berjalan menurun. *Dataset* ini memiliki 561 buah fitur (bersifat numerik) dan sebuah label. Seluruh fitur tersebut diacak dan diharapkan hasilnya mengacak *dataset* sehingga nilai setiap fitur tersebut berbeda dari aslinya. *Dataset* yang telah diacak juga diharapkan masih dapat diterapkan teknik penambangan data dengan hasil yang mirip dengan *dataset* asli.

²<https://www.kaggle.com/uciml/human-activity-recognition-with-smartphones>

Beberapa kolom seperti label pada *dataset mobile_sensor* yang ingin diacak harus dihilangkan terlebih dahulu agar hanya fitur (bersifat numerik) pada *dataset* tersebut saja yang teracak. Nilai variabel *epsilon* yang dipilih pada pengujian ini adalah sebesar 0.52 dan dengan nilai variabel *epsilon* tersebut nilai minimal variabel *k* adalah sebesar 418.0905. Pada pengujian ini perangkat lunak berhasil menghitung dengan benar nilai minimal variabel *k* yaitu sebesar 418 dengan *dataset mobile_sensor* dan nilai variabel *epsilon* sebesar 0.52. Dapat dilihat Persamaan 5.3 adalah contoh perhitungan manual nilai minimal variabel *k* dengan nilai variabel *epsilon* sebesar 0.52 dan jumlah baris pada *dataset* sebanyak 10299 baris.

$$\begin{aligned}
 k &\geq \frac{4 \ln n}{\frac{\epsilon^2}{2} - \frac{\epsilon^3}{3}} & (5.3) \\
 &\geq \frac{4 \ln 10299}{\frac{0.52^2}{2} - \frac{0.52^3}{3}} \\
 &\geq \frac{36.9592}{0.1352 - 0.0468} \\
 &\geq 418.0905
 \end{aligned}$$

Pada teknik *Random Projection Perturbation* untuk memproyeksikan sebuah *dataset* diperlukan sebuah matriks proyeksi acak. Perangkat lunak diharapkan dapat membuat sebuah matriks proyeksi acak dan menyimpannya ke dalam sebuah dokumen *comma-separated values*. *Dataset mobile_sensor* memiliki 561 buah fitur yang ingin diacak dan sesuai dengan nilai minimal variabel *k* yang sudah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 418 maka ditentukan nilai variabel *k* yang dipakai pada pengujian ini adalah sebesar 427. Oleh karena itu, matriks proyeksi acak yang dibuat perangkat lunak seharusnya berukuran 427×427 .

Pada pengujian yang dilakukan, perangkat lunak berhasil membuat matriks proyeksi acak tersebut dengan ukuran yang benar dan menyimpannya pada sebuah dokumen *comma-separated values* yang 14 kolom pertama pada 20 baris pertamanya dapat dilihat pada Gambar 5.21. Matriks proyeksi ini digunakan untuk menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* terhadap *dataset mobile_sensor*. Perangkat lunak juga terbukti berhasil menggunakan ulang matriks yang telah disimpan tersebut untuk menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* terhadap *dataset mobile_sensor* dan hasilnya sama persis seperti hasil yang pertama kali. Matriks proyeksi tersebut juga dapat digunakan untuk data *mobile_sensor* yang lain dengan syarat masih memiliki jumlah fitur yang sama dan dengan penambahan data tersebut, nilai minimal variabel *k* harus tetap lebih kurang atau sama dengan nilai variabel *k* yang dipilih. Persyaratan tersebut didasarkan oleh sifat pada teknik *Random Projection Perturbation* yaitu nilai minimal variabel *k* berbanding lurus dengan banyaknya objek data pada *dataset* yang ingin diacak.

Tujuh buah fitur terakhir serta label pada 20 baris pertama *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23. Dapat dilihat pada gambar tersebut, *dataset* setelah diacak memiliki nilai yang berbeda dengan aslinya. Terlebih lagi setiap fitur pada *dataset* yang telah diacak tidak diketahui arti dari setiap fitur tersebut apa karena sudah tereduksi sehingga seluruh fitur pada *dataset* asli tercampur secara acak dan terproyeksikan ke dalam 427 fitur yang ada pada *dataset* yang telah diacak. Dalam rangka untuk memastikan perangkat lunak berhasil dengan benar menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* dengan matriks proyeksi acak yang sebelumnya sudah dibuat dan disimpan oleh perangkat lunak, perhitungan manual dilakukan terhadap *dataset mobile_sensor* dengan menggunakan matriks proyeksi tersebut. Hasil akhir dari perangkat lunak sama persis dengan hasil dari perhitungan manual. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak sudah berfungsi dengan baik dan benar dalam menerapkan teknik *Random Projection Perturbation*.

Dalam rangka memastikan lebih lagi apakah perangkat lunak menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* dengan akurat, perangkat lunak pengujian dibuat untuk menguji jarak Euclidean dari setiap titik pada *dataset* terhadap setiap titik lainnya. Pengujian dilakukan dengan

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-0.03276	0.04011	-0.01478	0.01277	0.04694	0.03569	-0.02266	-0.07329	-0.00297	0.01155	0.01492	-0.00755	-0.02141	-0.02183
0.02182	-0.02083	0.02094	-0.03843	-0.03965	0.00785	-0.04395	-0.00083	-0.0051	-0.01889	0.05269	0.06792	0.00704	-0.00355
-0.05636	0.03146	0.00636	-0.03852	-0.08686	-0.02119	0.05541	-0.01802	0.00713	0.08346	0.00546	0.00958	-0.04809	-0.04278
-0.01216	0.0138	-0.04911	0.00955	0.03787	-0.05147	-0.06889	0.03739	-0.03441	0.02876	0.07051	-0.04776	-0.02648	-0.00577
0.04679	-0.0088	0.11821	-0.0284	0.04825	0.03611	0.10739	-0.0315	-0.00811	0.00546	0.10633	0.07007	-0.06928	-0.03557
0.01889	0.00222	-0.03215	0.07379	-0.01914	-0.0313	-0.00257	0.07686	0.06301	-0.01889	-0.07781	-0.03361	-0.04044	0.1252
-0.03261	-0.01111	-0.05009	0.00594	-0.00875	0.03797	0.04032	0.03031	0.01071	0.00685	-0.0172	-0.10396	-0.04537	0.0329
-0.03494	0.08604	0.00615	0.04936	-0.00705	0.00161	0.06081	0.02996	-0.02234	0.05149	-0.0299	0.00458	0.04643	0.03377
0.01214	-0.03205	-0.05187	0.02922	0.02763	0.07964	0.00415	0.03845	0.00205	-0.00182	-0.05704	-0.02609	-0.02879	-0.02153
-0.02034	-0.02208	0.08089	-0.02807	-0.0705	-0.01705	-0.02844	0.00082	0.0085	-0.03901	0.04831	-0.05471	0.10369	-0.11468
-0.02321	0.10714	-0.04824	-0.06769	0.00293	0.04747	0.00726	-0.06324	0.00995	-0.05154	-0.09879	0.0256	-0.00708	-0.02562
0.00229	-0.00249	0.06524	-0.04228	0.00964	0.03129	0.07719	0.03581	0.06612	-0.0307	0.01605	-0.01314	0.03646	0.01542
-0.03059	0.02674	0.0537	-0.04237	-0.0152	-0.00295	0.00916	-0.01843	0.02631	-0.03991	0.02444	0.10179	0.00423	0.02668
-0.06482	0.04987	-0.05252	0.07486	-0.03795	0.03784	0.07387	0.00514	0.02794	-0.02625	0.04185	0.04578	0.01185	0.02188
0.10567	-0.02697	0.08684	-0.07994	-0.06175	0.02735	-0.07561	-0.05315	-0.00534	0.01238	0.0801	0.00761	-0.01669	0.09002
0.06459	-0.01561	0.08549	0.00325	0.01512	-0.01851	0.0423	-0.01951	0.01708	0.05016	-0.02286	-0.01588	0.0199	0.06935
0.06138	-0.07631	0.01451	0.0127	0.04138	-0.02069	0.06849	0.08379	0.00195	-0.00422	0.02668	-0.00234	-0.11837	0.03232
0.03948	0.00755	-0.07557	-0.02994	0.01807	-0.0454	-0.04669	0.02799	0.00699	-0.04009	0.02574	0.02861	0.01554	-0.08876
0.01711	0.01447	-0.03811	0.03356	0.11024	-0.04091	-0.00041	0.01896	-0.01741	-0.05211	0.03584	-0.0251	-0.06278	0.08278
0.01231	0.02438	0.04191	-0.0104	0.13033	-0.00214	-0.01177	0.09572	-0.01282	0.07462	0.01603	-0.05019	-0.05982	-0.03376

Gambar 5.21: Matriks proyeksi acak yang dibuat perangkat lunak dan disimpan pada sebuah dokumen *comma-separated values*

angle(tBodyAcc)	angle(tBodyGyr)	angle(tBodyGyr)	angle(X,gravity)	angle(Y,gravity)	angle(Z,gravity)	Activity
0.030400372	-0.46476139	-0.018445884	-0.84124676	0.17994061	-0.058626924	STANDING
-0.007434566	-0.73262621	0.70351059	-0.8447876	0.18028889	-0.054316717	STANDING
0.17789948	0.10069921	0.80852908	-0.84893347	0.18063731	-0.049117815	STANDING
-0.012892494	0.64001104	-0.48536645	-0.84864938	0.18193476	-0.047663183	STANDING
0.12254196	0.69357829	-0.61597061	-0.84786525	0.18515116	-0.043892254	STANDING
-0.14343901	0.27504075	-0.36822404	-0.84963158	0.18482251	-0.042126383	STANDING
-0.23062193	0.01463669	-0.18951153	-0.85215025	0.18216997	-0.043009987	STANDING
0.59399581	-0.56187067	0.46738333	-0.85101671	0.18377851	-0.041975833	STANDING
0.080936389	-0.23431263	0.11779701	-0.84797148	0.18898248	-0.037363927	STANDING
-0.12773018	-0.48287054	-0.070670135	-0.84829438	0.19031033	-0.034417291	STANDING
0.59579055	-0.47580245	0.11593062	-0.85156175	0.18760932	-0.034681168	STANDING
-0.065980273	0.57886112	-0.65194513	-0.8527234	0.18605036	-0.035852089	STANDING
-0.10122189	0.63908399	0.76548488	-0.85065446	0.18761054	-0.035997955	STANDING
-0.090277545	-0.1324028	0.49881419	-0.84977267	0.1888122	-0.035063399	STANDING
-0.05871932	0.031207971	-0.26879133	-0.73093729	0.28315855	0.036443909	STANDING
-0.029076714	-0.013034217	-0.056927156	-0.76110079	0.26311858	0.02417211	STANDING
-0.048109773	-0.34047349	-0.22915457	-0.75917219	0.26432447	0.027014344	STANDING
0.092367048	-0.82223861	0.36755744	-0.75936327	0.26403279	0.029664019	STANDING
-0.033006915	-0.24057155	0.78819291	-0.76105187	0.26288599	0.029345734	STANDING
0.10256897	0.066134774	-0.41172948	-0.76062023	0.26316935	0.029573033	STANDING

Gambar 5.22: Dua puluh baris terakhir dataset *mobile_sensor* yang asli

420	421	422	423	424	425	426	Activity
-0.060976974	-0.28720261	0.749987819	-0.314597972	0.862413791	-0.184264921	0.30054771	STANDING
-0.118304471	-0.367147618	0.968242315	-0.635217584	0.657331951	0.213839293	0.471794176	STANDING
-0.192180445	-0.31118681	0.978629636	-0.633964644	0.39068659	0.152568399	0.62044912	STANDING
0.025086451	-0.504801202	0.7858091	-0.907280086	0.869665518	0.3148417	0.468902009	STANDING
-0.102949398	-0.323268879	0.952716391	-0.899688251	0.629212652	0.223750593	0.684361819	STANDING
-0.147008408	-0.447760471	1.123065848	-0.637227607	0.67689574	0.228867562	0.747769951	STANDING
-0.163893961	-0.357135652	0.87956909	-0.938537783	0.615377996	0.334211022	0.427323639	STANDING
-0.247640685	-0.365958546	0.873331126	-0.736313605	0.73465538	0.324703704	0.46087866	STANDING
-0.102040114	-0.272211976	0.990322769	-0.927303583	0.551974442	0.130154901	0.945745752	STANDING
-0.040080611	-0.182285976	0.865031503	-0.913260332	0.679558281	0.227692766	0.44382714	STANDING
-0.048529732	-0.202250452	0.723406522	-0.960376711	0.583341661	0.331778206	0.516310888	STANDING
0.044383724	-0.357253613	0.893175211	-0.769930023	0.684675053	0.269595542	0.705982695	STANDING
0.116948369	-0.345136512	0.930098548	-0.6464027	0.467892769	0.262751838	0.603885473	STANDING
0.248042906	-0.303948701	0.737485374	-0.859802493	0.647402395	0.296905238	0.514994603	STANDING
-0.709711844	0.032196412	1.157554755	-0.647494103	0.548833741	0.301928493	0.474742466	STANDING
-0.137785364	-0.085822981	0.85368708	-0.63551871	0.987405426	0.477568422	0.590664492	STANDING
-0.337459958	-0.243026448	1.095896604	-0.707716697	0.739239517	0.04972716	0.494796784	STANDING
-0.160292217	-0.477462394	0.904414643	-0.587028222	0.662549199	0.143131645	0.361362174	STANDING
0.277181657	-0.236343455	0.672690154	-0.756133708	0.562502489	0.395388677	0.518869726	STANDING
-0.005303415	-0.333661577	0.813756698	-0.928377447	0.7866421	0.402249818	0.458687589	STANDING

Gambar 5.23: Dua puluh baris terakhir *dataset mobile_sensor* setelah diacakTabel 5.2: Contoh perbedaan jarak Euclidean antara *dataset mobile_sensor* asli dan yang telah diacak dengan *Random Projection Perturbation*

Baris	Baris	Dataset Asli	Dataset Diacak
3	3833	5.640583825006142	5.635041851653843
3	3834	5.493672289123771	5.415793154989641
3	3835	5.639131752043805	5.6762986347602675
3	3836	5.474539329815776	5.369571735368663
3	3837	5.59495589624516	5.518812707950394

menggunakan pertidaksamaan rentang jarak Euclidean berikut untuk menguji apakah jarak Euclidean pada *dataset* yang telah diacak mempunyai distorsi yang sesuai dengan harapan pengguna. Hasil dari perangkat lunak (setiap jarak Euclidean antara sebuah objek data dengan objek data yang lainnya pada *dataset* yang telah diacak) diharapkan memenuhi Pertidaksamaan 5.4.

$$(1 - \epsilon)|u - v|^2 < \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \epsilon)|u - v|^2 \quad (5.4)$$

Pada pengujian ini, dengan nilai variabel *epsilon* sebesar 0.52 Pertidaksamaan 5.4 terpenuhi pada seluruh objek data yang ada pada *dataset*. Pada Tabel 5.2 dapat dilihat sebagian kecil keluaran dari perangkat lunak pengujian yang merupakan contoh perbedaan jarak Euclidean antara sebuah baris yang merepresentasikan sebuah objek data pada *dataset* dengan objek data lainnya. Salah satu contoh saat Pertidaksamaan 5.4 tidak terpenuhi adalah apabila nilai variabel *epsilon* ditentukan sebesar 0.4. Salah satu jarak Euclidean yang melanggar Pertidaksamaan 5.4 adalah baris 473 dengan baris 1306 yang memiliki jarak Euclidean sebesar 8.167734238223167 pada *dataset* asli dan 9.723888530285468 pada *dataset* yang telah diacak, perhitungan manual pengujinya dapat dilihat pada Pertidaksamaan 5.5. Pengujian ini membuktikan bahwa perangkat lunak berhasil menerapkan teknik *Random Projection Perturbation* dengan akurat sesuai batas distorsi yang ditentukan oleh pengguna.

$$(1 - \text{eps})\|u - v\|^2 < \|p(u) - p(v)\|^2 < (1 + \text{eps})\|u - v\|^2 \quad (5.5)$$

$$(1 - 0.4)8.167734238223167^2 < 9.723888530285468^2 < (1 + 0.4)8.167734238223167^2$$

$$40.02712955174579 < 94.55400814941728 < 93.39663562074017$$

5.3 Pengujian Eksperimental

Pengujian eksperimental bertujuan untuk menguji kualitas hasil dari perangkat lunak *Randomization* pada kedua teknik *Randomization* dan membandingkan kualitas hasil pengacakan dari kedua teknik tersebut pada penambangan data. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian seperti berikut.

1. Properti Data
 - (a) *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset diabetes*
 - (b) *Random Projection Perturbation* dengan *dataset mobile_sensor*
2. Penambangan Data Klasifikasi
 - (a) *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset diabetes*
 - (b) *Random Projection Perturbation* dengan *dataset mobile_sensor*
3. Penambangan Data *Clustering*
 - (a) *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset mall_customers*
 - (b) *Random Projection Perturbation* dengan *dataset mobile_sensor*
4. Kesimpulan Akhir

Pengujian dilakukan dengan menggunakan program pengujian yang menerapkan teknik penambangan data yang telah dibuat pada bahasa pemrograman Python dan didukung oleh perangkat lunak Spyder untuk menampilkan visualisasi hasil penambangan data.

5.3.1 Properti Data

Pengujian properti data bertujuan untuk membandingkan beberapa properti data setiap kolom pada *dataset* yaitu sebagai berikut.

1. Rata-rata
2. Standar deviasi
3. Nilai terkecil
4. Nilai terbesar
5. Kuartil bawah
6. Kuartil tengah
7. Kuartil atas

Pengujian ini membandingkan properti data pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Pengujian dibagi menjadi 2 bagian yaitu *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation*. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan.

Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
6	148	72	35	0	33.6		0.627	50
1	85	66	29	0	26.6		0.351	31
8	183	64	0	0	23.3		0.672	32
1	89	66	23	94	28.1		0.167	21
0	137	40	35	168	43.1		2.288	33
5	116	74	0	0	25.6		0.201	30
3	78	50	32	88	31		0.248	26
10	115	0	0	0	35.3		0.134	29
2	197	70	45	543	30.5		0.158	53
8	125	96	0	0	0		0.232	54
4	110	92	0	0	37.6		0.191	30
10	168	74	0	0	38		0.537	34
10	139	80	0	0	27.1		1.441	57
1	189	60	23	846	30.1		0.398	59
5	166	72	19	175	25.8		0.587	51
7	100	0	0	0	30		0.484	32
0	118	84	47	230	45.8		0.551	31
7	107	74	0	0	29.6		0.254	31
1	103	30	38	83	43.3		0.183	33
1	115	70	30	96	34.6		0.529	32

Gambar 5.24: Dua puluh baris pertama *dataset diabetes* asliTabel 5.3: Properti-properti pada *dataset diabetes* asli

	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
count	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000
mean	31.992578	0.471876	33.240885	0.348958
std	7.884160	0.331329	11.760232	0.476951
min	0.000000	0.078000	21.000000	0.000000
25%	27.300000	0.243750	24.000000	0.000000
50%	32.000000	0.372500	29.000000	0.000000
75%	36.600000	0.626250	41.000000	1.000000
max	67.100000	2.420000	81.000000	1.000000

Random Rotation Perturbation

Pengujian teknik *Random Rotation Perturbation* untuk membandingkan properti data dilakukan dengan menggunakan *dataset diabetes*³ yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.24. *Dataset* ini diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.25.

Properti-properti 4 kolom terakhir pada *dataset diabetes* asli dapat dilihat pada Tabel 5.3. Sementara untuk *dataset diabetes* yang telah diacak dapat dilihat pada Tabel 5.4. Jika dilihat pada kedua tabel tersebut, seluruh properti pada *dataset* yang telah diacak mempunyai nilai yang berbeda kecuali jumlah baris (*count*) dan kolom label (*Outcome*). Hal ini menunjukkan selain nilai pada setiap data, teknik *Random Rotation Perturbation* juga mengacak bermacam properti data seperti rata-rata, standar deviasi, nilai terkecil, nilai terbesar, kuartil bawah, kuartil tengah dan kuartil atas setiap kolom pada *dataset*.

³<https://www.kaggle.com/uciml/pima-indians-diabetes-database>

Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
-91.37651756	-80.18724466	23.05889315	-18.9693363	110.5088496	-133.4205069		86.0698456	-48.84586837
-75.53749369	-36.05193919	13.61201036	-17.05774302	96.33252668	-90.82560108		76.21980243	-40.35699091
-92.42942058	-94.56928839	1.851857108	3.981465625	114.1469917	-163.8819462		58.28394087	-55.95014122
-126.993899	-19.97252557	41.95044912	12.71359672	146.366212	-80.48590451		42.87623651	-14.4243376
-175.912903	-54.87009029	87.61024212	41.12103859	178.1742884	-93.93255265		23.24115845	15.4702748
-77.49366851	-53.89318148	-6.042582122	-6.564720711	113.553306	-114.0705412		64.92332441	-50.40619642
-120.6678891	-23.70836905	48.43553354	7.584019346	132.5262512	-69.33207772		43.64006616	-4.804724932
-69.83804655	-86.30230284	6.576880008	10.61500227	73.50342656	-98.42959311		36.60831617	-13.21252366
-380.5808875	-22.67446556	243.749478	117.0593059	410.6210675	-85.54982523		-87.46332942	95.24128787
-66.68175924	-53.19432898	4.407546648	-29.43172457	136.7787079	-128.4024803		61.29313373	-67.66505132
-82.77052893	-48.11261586	-14.37485848	-7.899390021	122.7354016	-107.9874489		80.23207042	-54.51218446
-95.0159058	-89.40851965	-6.621076283	0.876107771	119.2961308	-148.640664		71.21720253	-53.07414301
-75.73544771	-79.23855094	1.003430106	-18.05831711	130.9163815	-126.3571694		70.26494314	-54.22574441
-521.8891047	17.70297409	349.3454371	195.9590596	583.3955701	-27.00658802		-199.2092795	183.302024
-177.2238609	-63.14743279	84.04348195	29.40445346	215.1435288	-120.5701915		17.77020272	-6.772259965
-62.0408439	-77.4456268	9.358955118	7.376454038	73.79847691	-87.95326333		34.66589639	-13.57824067
-215.9630713	-15.85940033	104.9031479	39.45825766	228.6949467	-77.25266936		29.06237766	18.15464029
-76.61265022	-51.2057761	-8.491558255	-8.751231878	113.380821	-105.9266292		67.03349362	-46.88195403
-124.2450241	-53.51904364	56.4471758	15.2220361	121.7116444	-79.50822308		47.21844068	0.938260398
-135.5651967	-39.46936443	49.87545502	11.63635561	153.8601703	-96.05165177		51.95779491	-17.56987501

Gambar 5.25: Dua puluh baris pertama dataset *diabetes* setelah diacakTabel 5.4: Properti-properti pada dataset *diabetes* yang telah diacak

	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
count	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000
mean	-103.101329	50.477502	-23.129061	0.348958
std	24.146554	35.533157	32.695887	0.476951
min	-176.332307	-199.209279	-74.182020	0.000000
25%	-116.872237	35.049918	-46.748389	0.000000
50%	-101.458852	58.320138	-28.463990	0.000000
75%	-86.757613	73.320823	-9.757361	1.000000
max	-22.156712	116.151884	183.302024	1.000000

Tabel 5.5: Properti-properti pada dataset *mobile_sensor* asli

	tBodyAcc-mean()-X	tBodyAcc-mean()-Y	angle(Y,gravityMean)
count	10299.000000	10299.000000	10299.000000
mean	0.274347	-0.017743	0.063255
std	0.067628	0.037128	0.305468
min	-1.000000	-1.000000	-1.000000
25%	0.262625	-0.024902	0.002151
50%	0.277174	-0.017162	0.182028
75%	0.288354	-0.010625	0.250790
max	1.000000	1.000000	1.000000

Tabel 5.6: Properti-properti pada dataset *mobile_sensor* yang telah diacak

	0	1	425
count	10299.000000	10299.000000	10299.000000
mean	0.136942	-0.289681	0.173610
std	0.528322	0.266849	0.214992
min	-1.433025	-1.206428	-1.437424
25%	-0.340174	-0.482918	0.033424
50%	0.308314	-0.270461	0.179048
75%	0.582374	-0.097266	0.325611
max	1.283867	0.726498	0.978304

Random Projection Perturbation

Pengujian teknik *Random Projection Perturbation* untuk membandingkan properti data dilakukan dengan menggunakan dataset *mobile_sensor* yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.22. Dataset ini diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.23.

Properti-properti 3 buah kolom pada dataset *mobile_sensor* asli dapat dilihat pada Tabel 5.5. Sementara untuk dataset *mobile_sensor* yang telah diacak dapat dilihat pada Tabel 5.6. Jika dilihat pada kedua tabel tersebut, seluruh properti pada dataset yang telah diacak mempunyai nilai yang berbeda kecuali jumlah baris (*count*). Hal ini menunjukkan selain nilai pada setiap data, teknik *Random Projection Perturbation* juga mengacak bermacam properti dataset seperti rata-rata, standar deviasi, nilai terkecil dan terbesar pada sebuah kolom, kuartil bawah, kuartil tengah dan kuartil atas setiap kolom pada dataset.

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian properti data, dibuat kesimpulan sekaligus membandingkan antara dataset asli, dataset yang telah diacak menggunakan teknik *Random Rotation Perturbation*, dan dataset yang telah diacak menggunakan teknik *Random Projection Perturbation*. Pada Tabel 5.7 dapat dilihat hasil akhir pengujian antara properti data pada dataset asli dan dataset yang telah diacak dengan *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Dapat dilihat pada tabel tersebut metode *Randomization* mengacak data dengan baik dan tidak menjaga properti-properti lain pada data selain jarak Euclidean sehingga properti-properti data tersebut tidak dapat digunakan setelah data diacak dengan metode *Randomization*.

5.3.2 Penambangan Data Klasifikasi

Pengujian dengan penambangan data klasifikasi berpusat pada pembuatan model dengan dataset asli dan dataset yang telah diacak dan membandingkan kedua model tersebut. Teknik penambangan

Tabel 5.7: Perbandingan Properti Data

	<i>Rotation</i>	<i>Projection</i>
Rata-rata	Berbeda	Berbeda
Standar Deviasi	Berbeda	Berbeda
Nilai Terkecil	Berbeda	Berbeda
Nilai Terbesar	Berbeda	Berbeda
Kuartil Bawah	Berbeda	Berbeda
Kuartil Tengah	Berbeda	Berbeda
Kuartil Atas	Berbeda	Berbeda

data klasifikasi yang digunakan adalah *k-nearest neighbors*. Pengujian dengan penambangan data klasifikasi dibagi menjadi 2 bagian yaitu *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation*. Pengujian ini membandingkan beberapa informasi pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Beberapa informasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Akurasi model *k-nearest neighbors*
2. Nilai variabel *k* yang modelnya memiliki akurasi tertinggi
3. Waktu eksekusi pelatihan model dan prediksi dengan model yang telah dibuat

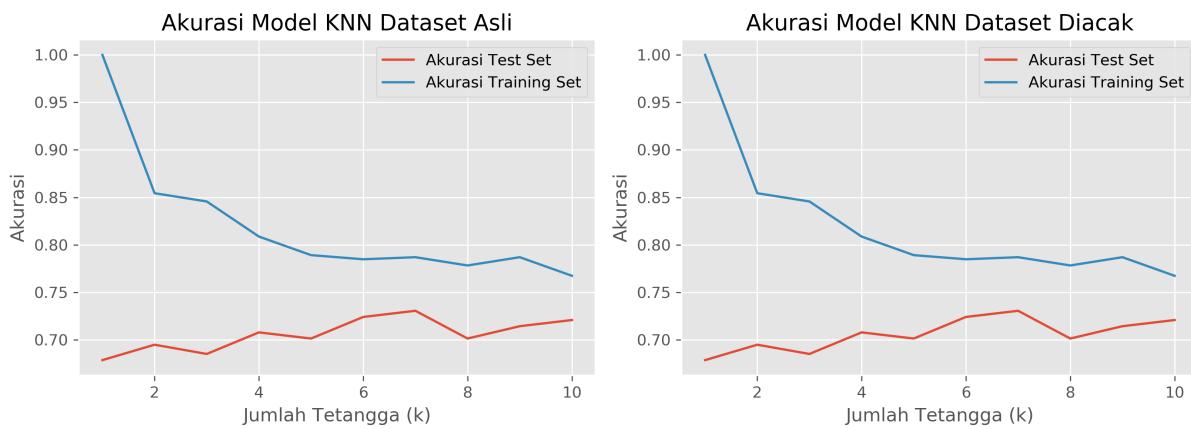
Tujuan dari pengujian ini adalah mencari informasi yang masih terjaga (mempunyai hasil yang sama atau mirip) antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak.

Random Rotation Perturbation

Pengujian teknik *Random Rotation Perturbation* untuk penambangan data klasifikasi dengan algoritma *k-nearest neighbors* dilakukan dengan menggunakan *dataset diabetes* yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.24. *Dataset* ini diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.25. Penambangan data dilakukan terhadap kedua *dataset* tersebut dan dihasilkan berbagai macam informasi yang dapat dibandingkan. Berikut adalah hasil pengujian dan penjelasannya.

Teknik penambangan data *k-nearest neighbors* diterapkan menggunakan 8 buah fitur yang ada untuk menguji apakah *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak mempunyai akurasi model klasifikasi yang sama persis. Pengujian tersebut didasarkan pada sifat dari teknik *Random Rotation Perturbation* yang menjamin jarak Euclidean setiap titik tidak berubah sama sekali. *Dataset* dibagi dua menjadi *train set* dan *test set* yang masing-masing berguna untuk melatih model dan menghitung akurasi model. Akurasi dihitung pada setiap model yang memiliki jumlah tetangga (nilai variabel *k*) dari 1 sampai 10. Implementasi kode teknik penambangan data ini diterapkan dengan bahasa pemrograman Python dan dibantu oleh *library Scikit-learn*. Pada Gambar 5.26 dapat dilihat grafik akurasi model *k-nearest neighbors* dalam memprediksi label *training set* dan *test set* pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Apabila dibandingkan, kedua grafik tersebut terlihat memiliki nilai akurasi yang sama persis untuk setiap nilai variabel *k*.

Contoh sebagian kecil keluaran perangkat lunak pengujian yaitu akurasi model untuk setiap nilai variabel *k* dari 6 sampai 10 pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dapat dilihat masing-masing pada Listing 5.1 dan Listing 5.2. Akurasi *test set* tertinggi pada model *k-nearest neighbors* dengan *dataset* asli adalah sebesar 0.7305194805194806 dengan nilai variabel *k* sebesar 7. Nilai yang sama juga muncul pada *dataset* yang telah diacak. Hal ini dapat menjadi bukti bahwa teknik *Random Rotation Perturbation* menjaga jarak Euclidean dengan sempurna, tidak ada perubahan nilai pada jarak Euclidean antara seluruh titik. Oleh karena itu model *k-nearest neighbors* yang terbuat memiliki hasil yang sama persis.

Gambar 5.26: Grafik akurasi model klasifikasi pada *training set* dan *test set* *dataset diabetes*Listing 5.1: *Dataset diabetes* Asli

Akurasi setiap K pada training set dataset asli :

6: 0.7847826086956522
 7: 0.7869565217391304
 8: 0.7782608695652173
 9: 0.7869565217391304
 10: 0.7673913043478261

Akurasi setiap K pada test set dataset asli :

6: 0.724025974025974
 7: 0.7305194805194806
 8: 0.7012987012987013
 9: 0.7142857142857143
 10: 0.7207792207792207

Listing 5.2: *Dataset diabetes* Diacak

Akurasi setiap K pada training set dataset diacak :

6: 0.7847826086956522
 7: 0.7869565217391304
 8: 0.7782608695652173
 9: 0.7869565217391304
 10: 0.7673913043478261

Akurasi setiap K pada test set dataset diacak :

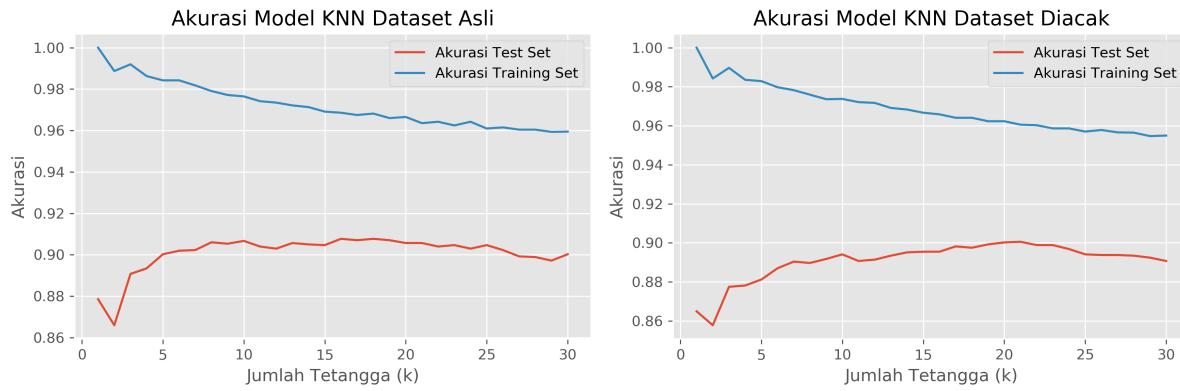
6: 0.724025974025974
 7: 0.7305194805194806
 8: 0.7012987012987013
 9: 0.7142857142857143
 10: 0.7207792207792207

Waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melatih model klasifikasi dengan nilai variabel k sebesar 7 memakai *dataset* asli adalah sebesar 0.0009961128234863281 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk memprediksi *test set* adalah sebesar 0.010970354080200195 detik. Sementara untuk *dataset* yang telah diacak membutuhkan waktu eksekusi untuk melatih model klasifikasi sebesar 0.000997781753540039 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi adalah sebesar 0.011968135833740234 detik. Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap durasi waktu eksekusi untuk melatih model dan memprediksi dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak.

Random Projection Perturbation

Pengujian teknik *Random Projection Perturbation* untuk penambangan data klasifikasi dengan algoritma *k-nearest neighbors* dilakukan dengan menggunakan *dataset mobile_sensor* yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.22. *Dataset* ini diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.23. Penambangan data dilakukan terhadap kedua *dataset* tersebut dan dihasilkan berbagai macam informasi yang dapat dibandingkan. Berikut adalah hasil pengujian dan penjelasannya.

Teknik penambangan data *k-nearest neighbors* diterapkan menggunakan 561 fitur yang ada untuk menguji apakah *dataset* mempunyai akurasi model klasifikasi yang hampir sama. Pengujian tersebut didasarkan pada sifat teknik *Random Projection Perturbation* yang menjamin jarak Euclidean setiap



Gambar 5.27: Grafik akurasi model klasifikasi pada *training set* dan *test set* *dataset mobile_sensor*

titik terjaga dengan besar distorsi yang ditentukan oleh pengguna. *Dataset* dibagi dua menjadi *train set* dan *test set* yang masing-masing berguna untuk melatih model dan menghitung akurasi model. Akurasi dihitung pada setiap model yang memiliki jumlah tetangga (nilai variabel *k*) dari 1 sampai 30. Implementasi kode teknik penambangan data ini diterapkan dengan bahasa pemrograman Python dan dibantu oleh *library* Scikit-learn.

Pada Gambar 5.27 dapat dilihat grafik akurasi model *k-nearest neighbors* dalam memprediksi label *training set* dan *test set* pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Apabila dibandingkan, kedua grafik tersebut memiliki nilai akurasi yang mirip. Walaupun begitu, teknik *Random Projection Perturbation* tidak menjamin jarak Euclidean terjaga dengan sempurna maka ada sedikit perbedaan yang lumayan terlihat khususnya pada akurasi *test set* dan jumlah tetangga (nilai variabel *k*) pada model yang memiliki akurasi tertinggi. Tetapi perbedaan nilai akurasi tertingginya masih mirip dengan *dataset* asli.

Contoh sebagian kecil keluaran perangkat lunak pengujian yaitu akurasi model untuk setiap nilai variabel *k* dari 19 sampai 23 pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dapat dilihat masing-masing pada Listing 5.3 dan Listing 5.4. Dapat dilihat pada kedua listing tersebut akurasi *test set* pada kedua *dataset* berbeda. Akurasi *test set* tertinggi pada *dataset* asli adalah sebesar 0.9077027485578555 dengan nilai variabel *k* sebesar 16. Sementara pada *dataset* yang telah diacak, akurasi *test set* tertingginya adalah sebesar 0.9005768578215134 dengan nilai variabel *k* sebesar 21. Jika dihitung perbedaan akurasinya adalah sebesar 0.0071258907363421 yang mana relatif kecil tetapi ada perbedaan nilai variabel *k* pada model yang memiliki akurasi tertinggi. Dari perbedaan akurasi yang relatif kecil maka dapat disimpulkan bahwa teknik *Random Projection Perturbation* menjaga jarak Euclidean dengan baik dan distorsinya terkontrol sesuai yang pengguna inginkan. Oleh karena itu, model *k-nearest neighbors* yang terbuat memiliki hasil yang sangat mirip.

Tabel 5.8: Perbandingan Model *k-nearest neighbors* antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan yang telah diacak

	<i>Rotation</i>	<i>Projection</i>
Akurasi Model	Sama	Sangat Mirip
<i>k</i> terbaik	Sama	Dapat Berbeda
Waktu Eksekusi	Sama	Lebih Cepat

Listing 5.3: *Dataset mobile_sensor* Asli

```
Akurasi setiap K pada training
set dataset asli :
19: 0.9659956474428727
20: 0.9665397170837867
21: 0.9635473340587595
22: 0.9642274211099021
23: 0.9624591947769314

Akurasi setiap K pada test
set dataset asli :
19: 0.9070240922972514
20: 0.9056667797760435
21: 0.9056667797760435
22: 0.9039701391245334
23: 0.9046487953851374
```

Listing 5.4: *Dataset mobile_sensor* Diacak

```
Akurasi setiap K pada training
set dataset diacak :
19: 0.9623231773667029
20: 0.9623231773667029
21: 0.9605549510337323
22: 0.9602829162132753
23: 0.9586507072905331

Akurasi setiap K pada test
set dataset diacak :
19: 0.8992195453003053
20: 0.9002375296912114
21: 0.9005768578215134
22: 0.8988802171700034
23: 0.8988802171700034
```

Waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melatih model klasifikasi dengan nilai variabel *k* sebesar 16 memakai *dataset* asli adalah sebesar 0.2872335910797119 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk memprediksi *test set* adalah sebesar 17.754546642303467 detik. Sementara untuk *dataset* yang telah diacak membutuhkan waktu eksekusi untuk melatih model klasifikasi dengan nilai variabel *k* sebesar 21 adalah sebesar 0.5630350112915039 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi adalah sebesar 12.86760687828064 detik. Pada *dataset* yang telah diacak waktu prediksi lebih cepat dikarenakan fitur-fitur yang ada lebih sedikit daripada *dataset* asli. Hal ini menunjukkan ada pengaruh yang signifikan terhadap durasi waktu eksekusi untuk melatih model dan memprediksi dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak.

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dengan teknik penambangan data klasifikasi menggunakan teknik *k-nearest neighbors* pada *dataset* asli, *dataset* yang telah diacak menggunakan teknik *Random Rotation Perturbation*, dan *dataset* yang telah diacak menggunakan teknik *Random Projection Perturbation* dibuat kesimpulan sekaligus membandingkan antara kedua teknik *Randomization*. Pada Tabel 5.8 dapat dilihat hasil akhir pengujian antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dengan *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.

Akurasi model *k-nearest neighbors* terjaga dengan baik pada kedua teknik *Randomization* yang dikarenakan oleh jarak Euclidean tetap terjaga setelah *dataset* diacak. Tetapi untuk teknik *Random Projection Perturbation* ada persyaratan yang harus dipenuhi agar jarak Euclidean dapat terjaga dengan baik dan tidak bisa sama persis dengan aslinya seperti teknik *Random Rotation Perturbation*. Nilai variabel *k* terbaik (memiliki akurasi tertinggi) dalam pembuatan model *k-nearest neighbors* sama persis pada teknik *Random Rotation Perturbation*. Tetapi pada teknik *Random Projection Perturbation* dapat berubah. Hal ini menyebabkan perlunya perhitungan kembali untuk menentukan nilai variabel *k* yang baik untuk dipakai. Waktu eksekusi pembuatan model dan

prediksi hanya memiliki perbedaan pada model yang menggunakan *dataset* yang telah diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation*. Waktu eksekusinya lebih cepat dikarenakan oleh data pada *dataset* lebih sedikit karena dimensinya direduksi.

5.3.3 Penambangan Data *Clustering*

Pengujian dengan penambangan data *clustering* berpusat pada pembuatan model *clustering* dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dan membandingkan kedua model tersebut. Teknik penambangan data *clustering* yang digunakan adalah *k-means*. Pengujian ini membandingkan beberapa informasi pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Beberapa informasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Sum of Squared Error*
2. *Silhouette Score*
3. Nilai variabel *k* (jumlah *cluster*) yang modelnya memiliki kualitas *clustering* terbaik
4. Visualisasi *cluster*
5. Waktu eksekusi pelatihan model

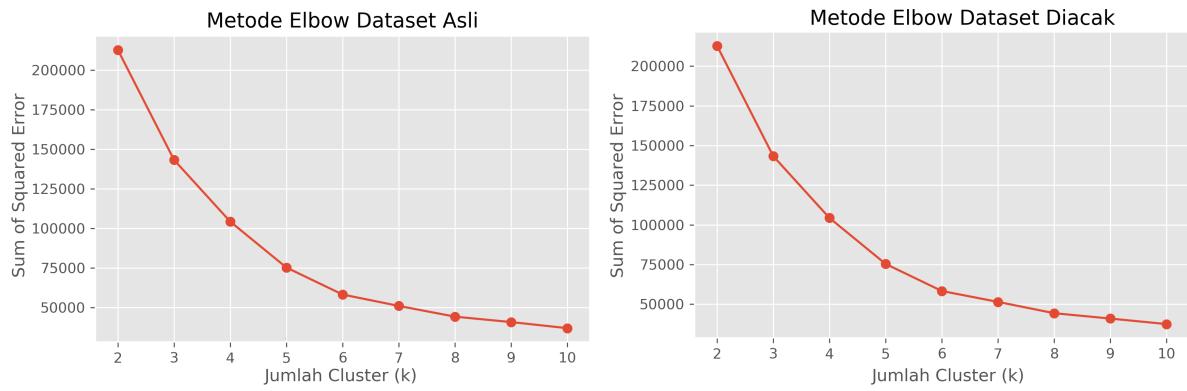
Tujuan dari pengujian ini adalah mencari informasi yang masih terjaga (mempunyai hasil yang sama atau mirip) antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Selain itu metode *Adjusted Rand Index* juga digunakan untuk menghitung kemiripan antara kedua model.

Random Rotation Perturbation

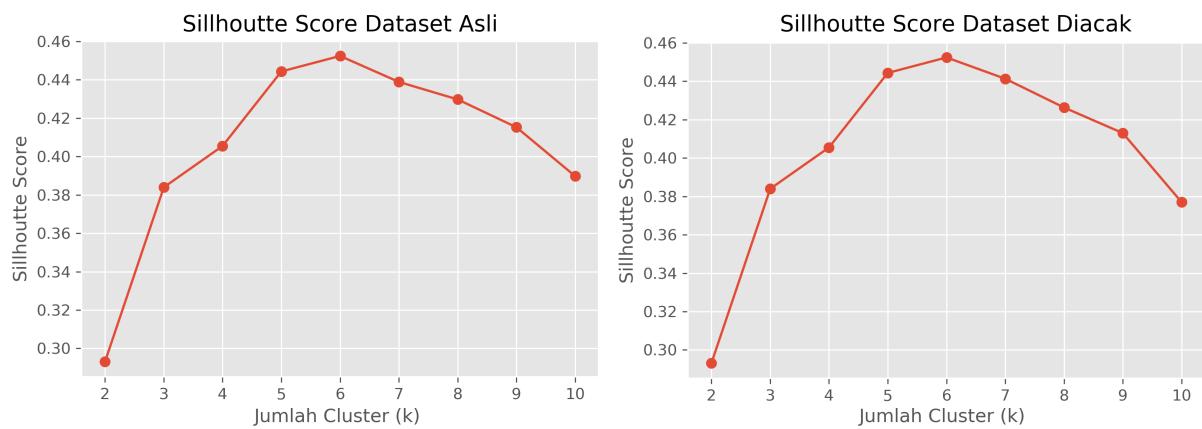
Pengujian teknik *Random Rotation Perturbation* untuk penambangan data *clustering* dengan menggunakan algoritma *k-means* dilakukan dengan menggunakan *dataset mall_customers* yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.19. *Dataset* ini diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.20. Penambangan data dilakukan terhadap kedua *dataset* tersebut dan dihasilkan berbagai macam informasi yang dapat dibandingkan. Berikut adalah hasil pengujian dan penjelasannya.

Dalam menentukan jumlah *cluster* atau nilai variabel *k* yang terbaik untuk membuat model *clustering* dengan algoritma *k-means* perlu ada metode untuk menentukan nilai tersebut. Metode Elbow menjadi salah satu metode yang digunakan untuk menentukan nilai variabel *k* yang terbaik untuk dipakai. Pada Gambar 5.28 terdapat grafik *Sum of Squared Error* untuk menggunakan metode Elbow pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Terlihat nilai variabel *k* sebesar 5, 6, dan 7 adalah kandidat terbaik untuk menjadi nilai variabel *k* yang dipakai pada *dataset* asli maupun *dataset* yang telah diacak. Pada kedua *dataset* tersebut grafik *Sum of Squared Error*-nya terlihat sama persis dikarenakan teknik *Random Rotation Perturbation* menjaga jarak Euclidean dengan sempurna. Dalam menentukan nilai variabel *k* yang terbaik antara ketiga nilai tersebut, *Silhouette Score* dapat digunakan untuk metode alternatif untuk menentukan nilai variabel *k* yang terbaik.

Pada Gambar 5.29 terdapat grafik *Silhouette Score* dari *dataset mall_customers* asli dan yang telah diacak. Dapat terlihat kedua grafik *Silhouette Score* terlihat sama persis dan dapat dilihat nilai-nilai pada setiap *k* tersebut di Listing 5.5 dan Listing 5.6 ada sedikit perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini mungkin dikarenakan oleh nilai pada setiap data yang berbeda dan mempengaruhi sedikit algoritma pada *Silhouette Score*. Dapat terlihat *Silhouette Score* pada nilai variabel *k* sebesar 6 adalah nilai paling besar yaitu 0.4523443947724053 pada *dataset* asli dan 0.4523443947780976 pada *dataset* yang telah diacak. Hal ini menunjukkan teknik *Random Rotation Perturbation* tidak mempengaruhi secara signifikan nilai *Silhouette Score* pada setiap *k*.



Gambar 5.28: Grafik *Sum of Squared Error* model *clustering* pada dataset *mall_customers*



Gambar 5.29: Grafik *Silhouette Score* model *clustering* pada dataset *mall_customers*

Listing 5.5: Dataset *mall_customers* Asli

```
Silhouette Score setiap K
pada dataset asli:
2: 0.293166070535953
3: 0.3839349967742105
4: 0.40546302077733304
5: 0.44504314844253573
6: 0.4523443947724053
7: 0.43978902692261157
8: 0.42790288922594905
9: 0.4137641526186506
10: 0.3750147687842441
```

Listing 5.6: Dataset *mall_customers* Diacak

```
Silhouette Score setiap K
pada dataset diacak:
2: 0.29316607053507854
3: 0.383934996807901
4: 0.40546302082487856
5: 0.44428597567883826
6: 0.4523443947780976
7: 0.44128075766857394
8: 0.42815090435529995
9: 0.3861502477348431
10: 0.3897532214988177
```

Teknik penambangan data *k-means* diterapkan menggunakan 3 buah fitur yang ada untuk menguji apakah *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak menghasilkan kluster dan bentuk yang sama dengan sudut yang berbeda saat divisualisasikan. Pengujian tersebut didasarkan pada sifat teknik *Random Rotation Perturbation* yang menjamin jarak Euclidean antara setiap titik tidak berubah sama sekali tetapi merotasi seluruh titik yang ada pada bidang Euclidean. Implementasi kode teknik penambangan data ini diterapkan dengan bahasa pemrograman Python dan dibantu oleh *library* Scikit-learn.

Visualisasi model *clustering* dengan nilai variabel *k* sebesar 6 pada *dataset* *mall_customers* asli dan yang telah diacak dapat dilihat pada Gambar 5.30 dan Gambar 5.31. Dapat dilihat pada kedua visualisasi tersebut mempunyai jumlah *cluster* yang sama dan terlihat dari lokasi titik-titik yang ada jika dibandingkan terlihat seperti dirotasi searah jarum jam dan bentuknya masih terlihat sama. Apabila dihitung kemiripan *cluster* tersebut dengan metode *Adjusted Rand Index* maka kedua hasil *clustering* tersebut mempunyai nilai 1.0 yang berarti titik-titik yang ada pada setiap *cluster* pada kedua model persis adanya.

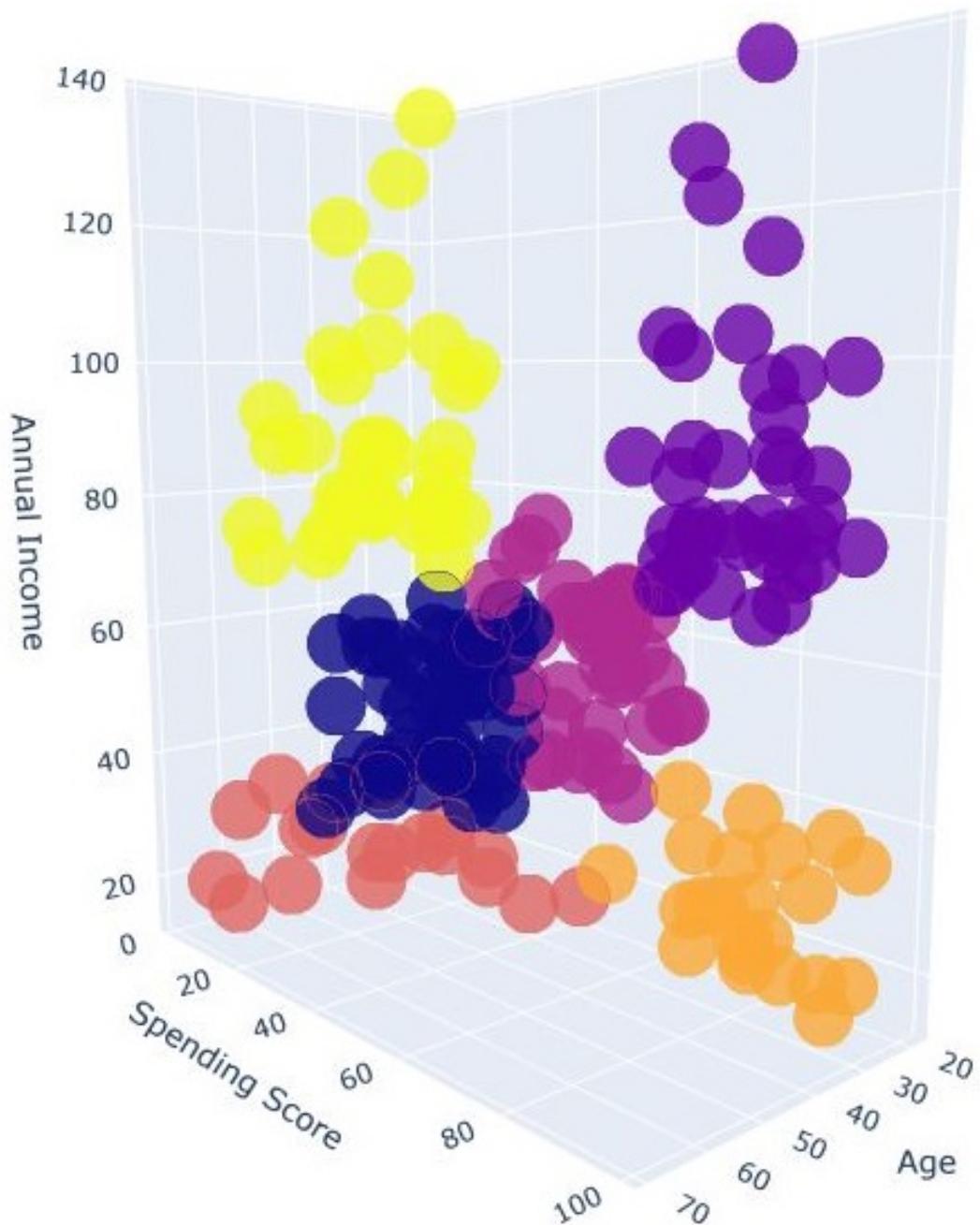
Waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melatih model *clustering* dengan algoritma *k-means* adalah sebesar 0.02995157241821289 detik pada *dataset* yang asli dan sebesar 0.032910823822021484 detik pada *dataset* yang telah diacak, hal ini menunjukkan bahwa teknik *Random Rotation Perturbation* tidak mempengaruhi secara signifikan waktu eksekusi untuk melatih model *k-means*.

Random Projection Perturbation

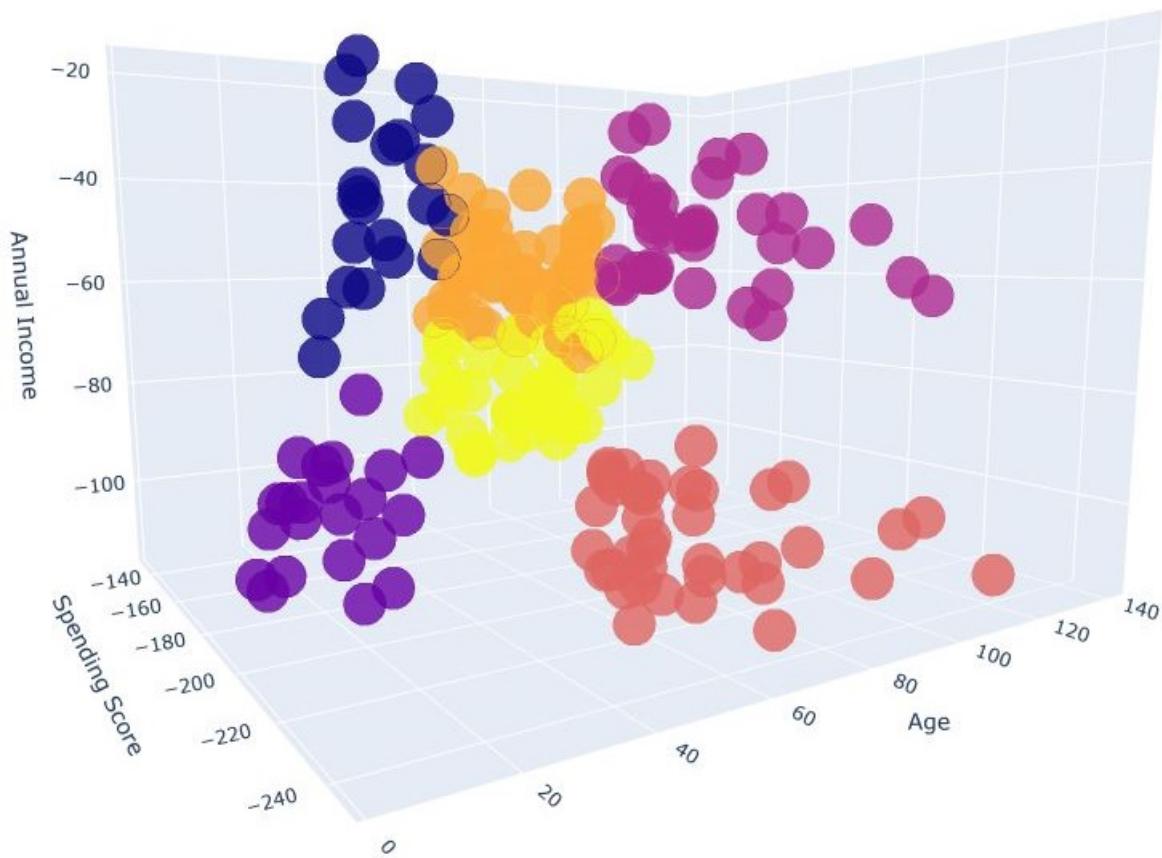
Pengujian teknik *Random Projection Perturbation* untuk penambangan data *clustering* dengan algoritma *k-means* dilakukan dengan menggunakan *dataset* *mobile_sensor* yang dapat dilihat 20 baris pertamanya pada Gambar 5.22. *Dataset* ini diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation* dan hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 5.23. Penambangan data dilakukan terhadap kedua *dataset* tersebut dan dihasilkan berbagai macam informasi yang dapat dibandingkan. Berikut adalah hasil pengujian dan penjelasannya.

Sebelum melakukan teknik *clustering* dengan algoritma *k-means*, *dataset* yang memiliki fitur yang sangat banyak tersebut dimensinya harus direduksi terlebih dahulu agar model dapat divisualisasikan dengan mudah. Reduksi dimensi dilakukan sampai *dataset* hanya memiliki 2 dimensi saja. Reduksi dimensi dilakukan dengan menerapkan teknik *Principal Component Analysis* yang sudah umum digunakan pada penambangan data dan hasilnya relatif baik. Dalam menguji teknik *Random Projection Perturbation*, *dataset* yang tidak diacak langsung direduksi dimensinya dengan teknik *Principal Component Analysis*. Sementara *Dataset* yang ingin diacak, direduksi dimensinya menjadi 2 dimensi dengan teknik *Principal Component Analysis* setelah *dataset* tersebut diacak.

Pada Gambar 5.32 terdapat grafik *Sum of Squared Error* untuk menggunakan metode Elbow pada *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak. Pada grafik ini tidak terlalu terlihat nilai yang terbaik untuk menjadi nilai variabel *k* yang dipakai pada *dataset* asli maupun *dataset* yang telah diacak. Walaupun seperti itu, pada kedua *dataset* tersebut grafik *Sum of Squared Error*-nya terlihat



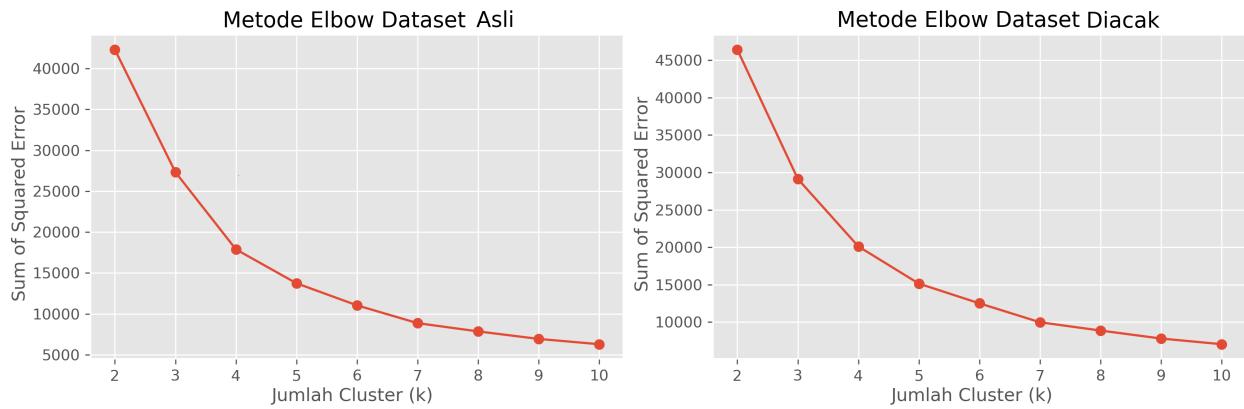
Gambar 5.30: Visualisasi *cluster* pada *dataset mall_customers* yang asli



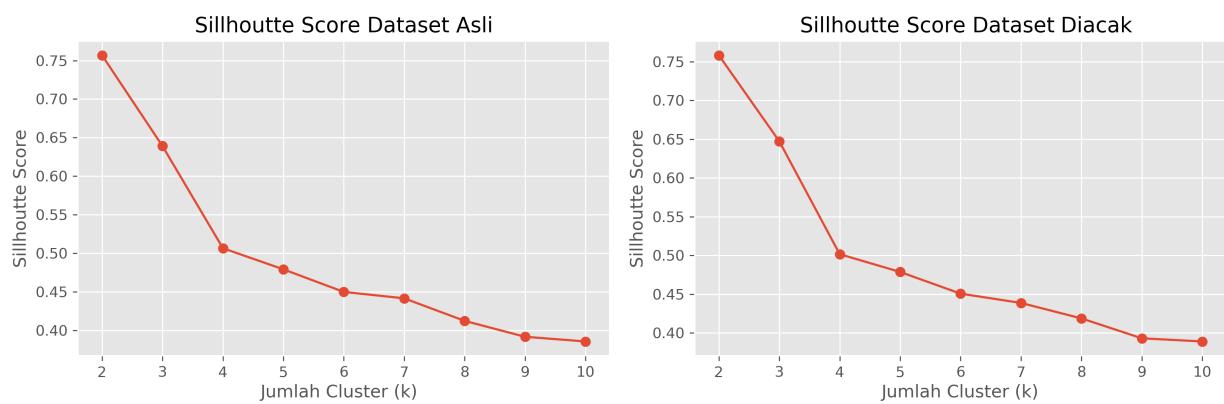
Gambar 5.31: Visualisasi *cluster* pada dataset *mall_customers* yang telah diacak

sangat mirip dikarenakan teknik *Random Projection Perturbation* menjaga jarak Euclidean dengan baik dan terkontrol. Dalam menentukan nilai variabel k yang terbaik untuk dipakai membuat model, *Silhouette Score* dapat digunakan untuk metode alternatif untuk menentukan nilai variabel k yang terbaik.

Pada Gambar 5.33 terdapat grafik *Silhouette Score* dari dataset *mobile_sensor* yang asli dan yang telah diacak. Dapat terlihat kedua grafik *Silhouette Score* terlihat sangat mirip dan dapat dilihat nilai-nilai pada setiap k tersebut di Listing 5.7 dan Listing 5.8 ada sedikit perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan oleh jarak Euclidean pada dataset asli dan yang telah diacak sedikit berbeda sehingga mempengaruhi sedikit pada hasil algoritma *Silhouette Score*. Dapat dilihat *Silhouette Score* pada nilai variabel k sebesar 2 adalah nilai paling besar yaitu 0.7568010158989575 pada dataset asli dan 0.7581796759180272 pada dataset yang telah diacak. Hal ini menunjukkan teknik *Random Projection Perturbation* tidak mempengaruhi secara signifikan nilai *Silhouette Score* pada setiap k .



Gambar 5.32: Grafik *Sum of Squared Error* model *clustering* pada dataset *mobile_sensor*



Gambar 5.33: Grafik *Silhoutte Score* model *clustering* pada dataset *mobile_sensor*

Listing 5.7: Dataset mobile_sensor Asli

```
Silhouette Score setiap K
pada dataset asli:
2: 0.7568010158989575
3: 0.6390101777235029
4: 0.506497255331499
5: 0.4790910470659918
6: 0.4497981866661921
7: 0.4414685328088866
8: 0.4122363491089296
9: 0.39158160384319435
10: 0.3854996654126945
```

Listing 5.8: Dataset mobile_sensor Diacak

```
Silhouette Score setiap K
pada dataset diacak:
2: 0.7581796759180272
3: 0.6472419899391577
4: 0.5015650888399312
5: 0.47862510668209096
6: 0.45064475921629954
7: 0.43865532313764366
8: 0.4186927518384631
9: 0.3930205669353965
10: 0.3889412224520463
```

Teknik penambangan data *k-means* diterapkan menggunakan dua buah fitur hasil dari teknik *Principal Component Analysis* untuk menguji apakah *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak menghasilkan *cluster* yang hampir sama. Pengujian tersebut didasarkan pada sifat teknik *Random Projection Perturbation* yang menjamin jarak Euclidean terjaga dengan besar distorsi yang ditentukan oleh pengguna. Model *k-means* dibuat dengan nilai variabel *k* yang terbaik dihitung menggunakan metode Elbow dan nilai variabel *k* yang memiliki *Silhouette Score* tertinggi. Implementasi kode teknik penambangan data ini diterapkan dengan bahasa pemrograman Python dan dibantu oleh *library* Scikit-learn.

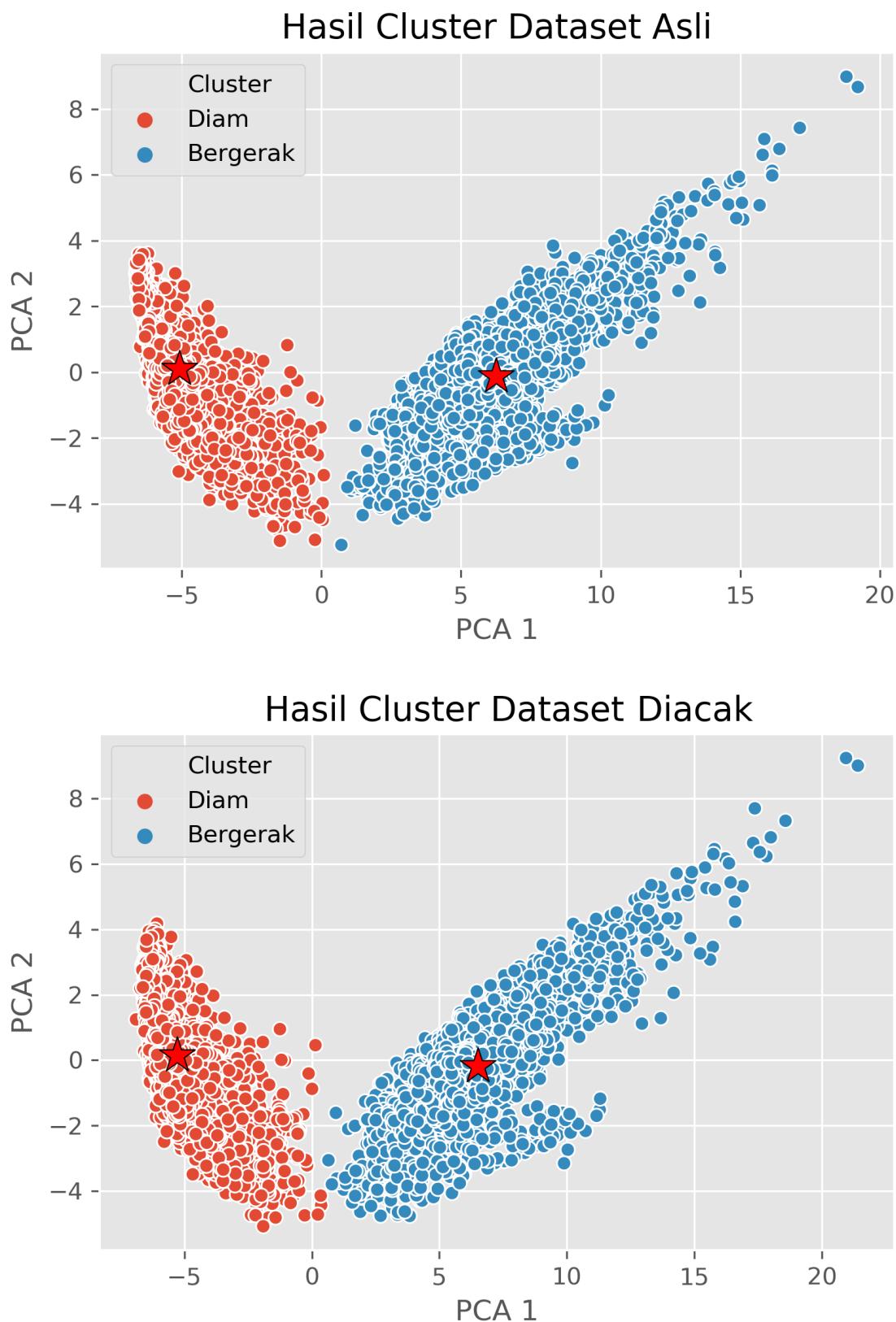
Visualisasi model *clustering* dengan nilai variabel *k* sebesar 2 pada *dataset mobile_sensor* asli dan yang telah diacak dapat dilihat pada Gambar 5.34. Dapat dilihat pada kedua visualisasi tersebut mempunyai jumlah *cluster* yang sama yaitu 2 *cluster* dan terlihat dari lokasi titik-titik yang ada jika dibandingkan ada sedikit perbedaan tetapi tidak terlalu signifikan. Hasil *clustering* menyatakan bahwa ada dua buah *cluster* yaitu kelompok orang-orang yang diam dan kelompok orang-orang yang bergerak, hasil *clustering* ini tidak secara spesifik menentukan aktivitas setiap orang karena informasi tersebut sudah hilang oleh teknik yang digunakan sebelumnya, *Principal Component Analysis*.

Apabila dihitung kemiripan *cluster* tersebut dengan metode *Adjusted Rand Index* maka kedua hasil *clustering* tersebut mempunyai nilai 0.9994558701020273 yang berarti titik-titik yang ada pada setiap *cluster* pada kedua model sangat mirip sekali. Hal ini dikarenakan jarak Euclidean kedua buah *dataset* tidak rusak secara signifikan dan distorsinya terkendali sesuai yang pengguna inginkan.

Waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melatih model *k-means* dengan nilai variabel *k* sebesar 2 adalah sebesar 0.031239032745361328 detik pada *dataset* asli dan sebesar 0.031217575073242188 detik pada *dataset* yang telah diacak. Jika dibandingkan, kedua *dataset* memiliki waktu eksekusi yang hampir sama, hal ini dikarenakan kedua *dataset* tersebut diterapkan terlebih dahulu teknik *Principal Component Analysis* sehingga kedua *dataset* memiliki ukuran yang sama. Perbedaan pada kedua *dataset* dapat terlihat pada waktu eksekusi teknik *Principal Component Analysis* pada kedua *dataset* yang mana masing-masing sebesar 0.1405951976776123 detik dan 0.1093449592590332 detik. Oleh karena itu, teknik *Random Projection Perturbation* mempengaruhi waktu eksekusi penambangan data *clustering* karena besar dimensi *dataset* berkurang sehingga waktu eksekusinya juga berkurang.

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dengan teknik penambangan data *clustering* menggunakan teknik *k-means* pada *dataset* asli, *dataset* yang telah diacak menggunakan teknik *Random Rotation Perturbation*, dan *dataset* yang telah diacak menggunakan teknik *Random Projection Perturbation* dibuat kesimpulan sekaligus membandingkan antara kedua teknik *Randomization*. Pada Tabel 5.9 dapat dilihat hasil



Gambar 5.34: Visualisasi *cluster* pada *dataset mobile_sensor*

Tabel 5.9: Perbandingan model *k-means* antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan yang telah diacak

	<i>Rotation</i>	<i>Projection</i>
<i>Sum of Squared Error</i>	Sangat Mirip	Sangat Mirip
<i>Silhouette Score</i>	Sangat Mirip	Sangat Mirip
<i>Jumlah cluster</i>	Sama	Sama
<i>Visualisasi cluster</i>	Sedikit Berbeda	Sedikit Berbeda
<i>Nilai Adjusted Rand Index</i>	1.0	Sangat Mendekati 1.0
<i>Waktu Eksekusi</i>	Sama	Lebih Cepat

akhir pengujian antara model yang dilatih dengan *dataset* asli dan *dataset* yang telah diacak dengan *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.

Model *clustering* yang dilatih oleh *dataset* yang diacak sangat mirip dengan *dataset* asli. *Sum of Squared Error* dan *Silhouette Score* pada kedua teknik *Randomization* memiliki hasil yang sangat mirip dengan aslinya sehingga metode Elbow dan pemilihan fitur dengan *Silhouette Score* dapat dilakukan setelah *dataset* diacak. Jumlah *cluster* (nilai variabel *k*) pada model *clustering* terbaik yang dilatih dengan kedua teknik *Randomization* sama dengan model *clustering* terbaik yang dilatih dengan *dataset* asli. Visualisasi *cluster* pada kedua teknik sedikit berbeda karena teknik *Random Rotation Perturbation* merotasi seluruh data sehingga pada visualisasinya juga terlihat terotasi dan teknik *Random Projection Perturbation* tidak menjaga jarak Euclidean secara sempurna sehingga visualisasinya sedikit berbeda. *Adjusted Rand Index* pada kedua teknik memiliki nilai yang baik yaitu masing-masing bernilai 1.0 dan mendekati 1.0. Hal ini menunjukkan bahwa model *clustering* antara yang dilatih dengan *dataset* yang telah diacak dan *dataset* aslinya sama persis atau sangat mirip. Waktu eksekusi pembuatan model hanya memiliki perbedaan pada model yang menggunakan *dataset* yang telah diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation*. Waktu eksekusinya lebih cepat dikarenakan oleh *dataset* setelah diacak memiliki fitur yang lebih sedikit karena dimensinya direduksi.

5.3.4 Kesimpulan Akhir

Berdasarkan hasil pengujian eksperimental yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* dapat digunakan untuk menghilangkan privasi pada data dengan mengacak data tersebut tetapi masih dapat digunakan untuk penambangan data klasifikasi dan *clustering* masing-masing dengan teknik *k-nearest neighbors* dan *k-means* dengan hasil yang sama dengan *dataset* asli untuk teknik *Random Rotation Perturbation* dan hasil yang sangat mirip dengan *dataset* asli untuk teknik *Random Projection Perturbation*. Hal tersebut dikarenakan teknik *Random Rotation Perturbation* menjaga jarak Euclidean secara sempurna, sementara teknik *Random Projection Perturbation* tidak menjaga jarak Euclidean secara sempurna karena ada distorsi yang terkontrol pada jarak Euclidean antara setiap titik yang merepresentasikan sebuah objek data pada *dataset* yang diacak. Waktu eksekusi dalam pembuatan model klasifikasi maupun *clustering* lebih cepat pada *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation* karena ukuran *dataset* berkurang akibat reduksi dimensi yang dilakukan teknik tersebut.

Ada persyaratan yang harus dipenuhi untuk teknik *Random Projection Perturbation* bekerja dengan baik yaitu data yang dipakai harus cukup besar. Teknik *Random Projection Perturbation* juga memiliki waktu eksekusi untuk melakukan pengacakkan dan pembuatan model yang lebih cepat daripada teknik *Random Rotation Perturbation*. Oleh karena itu, teknik *Random Projection Perturbation* lebih cocok dipakai untuk *dataset* yang sangat besar. Sedangkan teknik *Random Rotation Perturbation* masih dapat dipakai untuk *dataset* yang besar juga tetapi tidak mendapatkan keuntungan waktu eksekusi yang lebih cepat seperti teknik *Random Projection Perturbation*. Teknik *Random Rotation Perturbation* lebih cocok digunakan apabila penambangan data klasifikasi atau

clustering yang dilakukan diharapkan memiliki hasil yang tidak memiliki perbedaan sama sekali dengan penambangan data klasifikasi atau *clustering* yang menggunakan *dataset* asli.

Kualitas hasil dari teknik *Random Projection Perturbation* akan menurun dalam 2 kondisi yaitu pertama apabila data direduksi ke dimensi yang lebih kecil lagi (semakin besar dimensinya, semakin kecil distorsi pada jarak Euclidean) dan kedua adalah data yang diacak bertambah banyak. Kondisi kedua dikarenakan oleh nilai variabel k (dimensi minimal) berbanding lurus dengan banyaknya data. Oleh karena itu semakin sering model dilatih dengan data baru, ada kemungkinan kualitas model tersebut akan menurun apabila nilai variabel k (dimensi minimal) sudah melebihi besar dimensi *dataset* yang telah diacak.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari awal hingga akhir penelitian beserta saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Teknik *Random Rotation Perturbation* mengacak data dengan cara merotasi setiap titik yang merepresentasikan sebuah objek data pada bidang Euclidean sehingga nilai setiap objek data berubah tetapi jarak Euclidean antara setiap titik dengan titik lainnya tidak berubah. Oleh karena itu, data yang telah diacak tersebut masih dapat digunakan untuk teknik penambangan data yang hanya memanfaatkan jarak Euclidean.
- Teknik *Random Projection Perturbation* mengacak data dengan cara memproyeksikan data yang berdimensi cukup besar ke dimensi yang lebih kecil. Teknik ini memanfaatkan *Johnson-Lindenstrauss Lemma* yang menyatakan bahwa titik-titik pada bidang Euclidean d -dimensi dapat diproyeksikan ke bidang Euclidean yang berdimensi lebih kecil dari d tetapi jarak Euclidean antara setiap titik tetap terjaga dengan distorsi yang terkontrol tetapi dengan syarat d harus cukup besar. Oleh karena itu, data yang telah diacak tersebut masih dapat digunakan untuk teknik penambangan data yang hanya memanfaatkan jarak Euclidean.
- Perangkat lunak diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python. Antarmuka perangkat lunak dibuat dengan bantuan *framework* antarmuka bernama Kivy. Fungsi-fungsi pada perangkat lunak yang berkaitan dengan masukan, keluaran, dan implementasi algoritma dibantu oleh berbagai *library* seperti Numpy, Scipy, Pandas, dan Scikit-learn. Perangkat lunak hanya dapat menerima masukan dataset berupa dokumen *comma-separated values* yang setiap fiturnya bersifat numerik saja.
- Teknik *Random Rotation Perturbation* diimplementasikan dengan cara mengolah dataset yang ingin diacak menjadi matriks, lalu melakukan transformasi translasi pada matriks dataset tersebut dengan cara mengkalikannya dengan matriks translasi acak yang dibuat mengikuti distribusi *uniform* dengan rentang nilai $[0, 100]$. Kemudian transformasi rotasi dilakukan pada matriks dataset yang telah ditranslasi dengan cara mengkalikannya dengan matriks rotasi acak yang dibuat mengikuti distribusi Haar dengan bantuan *library* Scipy.
- Teknik *Random Projection Perturbation* diimplementasikan dengan cara mengolah dataset yang ingin diacak menjadi matriks, lalu melakukan pemeriksaan persyaratan terlebih dahulu dan menentukan target dimensi yang menjadi dimensi dataset hasil pengacakan. Kemudian apabila persyaratan terpenuhi maka proyeksi dapat dilakukan dengan cara mengkalikan matriks dataset tersebut dengan matriks proyeksi acak yang dibuat mengikuti distribusi normal.

- Teknik *Random Rotation Perturbation* terbukti menjaga jarak Euclidean dengan sempurna tanpa ada distorsi dan teknik *Random Projection Perturbation* terbukti menjaga jarak Euclidean dengan distorsi yang sesuai dengan keinginan pengguna.
- Berdasarkan pengujian eksperimental yang telah dilakukan, metode *Randomization* mengacak data dan berbagai properti yaitu rata-rata, standar deviasi, nilai terkecil, nilai terbesar, kuartil bawah, kuartil tengah, dan kuartil atas setiap kolom tanpa merusak jarak Euclidean pada data tersebut.
- *Dataset* yang diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* terbukti masih dapat digunakan untuk penambangan data klasifikasi menggunakan teknik *k-nearest neighbors* dengan akurasi model klasifikasi yang sama persis. Sedangkan untuk teknik *Random Projection Perturbation* memiliki akurasi model klasifikasi yang sangat mirip dengan akurasi model yang dilatih dengan *dataset* asli dan jumlah tetangga (nilai variabel *k*) pada model yang memiliki akurasi tertinggi juga berbeda dengan model yang dilatih dengan *dataset* asli.
- *Dataset* yang diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* terbukti masih dapat digunakan untuk penambangan data *clustering* menggunakan teknik *k-means* dengan hasil *cluster* yang sama persis dengan model yang dilatih dengan *dataset* asli. Sedangkan untuk teknik *Random Projection Perturbation* memiliki hasil *cluster* yang sangat mirip dengan model yang dilatih menggunakan *dataset* asli.
- Waktu eksekusi dalam proses penambangan data klasifikasi dan *clustering* menggunakan *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Rotation Perturbation* tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan penambangan data dengan *dataset* asli. Sedangkan untuk waktu eksekusi dalam proses penambangan data klasifikasi dan *clustering* menggunakan *dataset* yang diacak dengan teknik *Random Projection Perturbation* lebih cepat dibandingkan penambangan data dengan *dataset* asli karena jumlah fitur yang ada pada *dataset* lebih sedikit.

6.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

- Pada penelitian ini tidak menguji apakah data yang telah diacak berpotensi dapat dikembalikan ke aslinya. Untuk penelitian selanjutnya, metode *Randomization* dapat diuji untuk mengetahui apakah ada potensi data yang telah diacak dengan metode *Randomization* dapat dikembalikan ke aslinya.
- Pada penelitian ini metode *Randomization* diuji dengan menggunakan penambangan data biasa, bukan dalam lingkungan *big data*. Untuk penelitian selanjutnya, metode *Randomization* dapat diuji untuk diimplementasikan dalam lingkungan *big data* dan mengukur kecepatan dan kualitas teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian lebih lanjut lagi terhadap teknik *Random Projection Perturbation* menggunakan data yang lain untuk mengetahui nilai variabel *epsilon* yang tepat sehingga kualitas model penambangan data yang dilatih menggunakan *dataset* yang telah diacak masih dapat ditoleransi perbedaannya dari yang asli dan bagaimana menanggulangi masalah nilai variabel *k* (dimensi minimal) pada teknik *Random Projection Perturbation* semakin menaik seiring model penambangan data dilatih dengan data yang baru.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan eksperimen mengenai perbedaan teknik *Principal Component Analysis* dengan teknik *Random Projection Perturbation* dalam mereduksi dimensi data. Eksperimen dapat bertujuan untuk menganalisa kualitas hasil dari kedua teknik tersebut dan apakah ada potensi sebuah data yang telah direduksi dengan kedua teknik tersebut dapat dikembalikan ke aslinya.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Keyvanpour, M. dan Moradi, S. S. (2011) Classification and evaluation the privacy preserving data mining techniques by using a data modification-based framework. *International Journal on Computer Science and Engineering*, **3**, 862–870.
- [2] NIST Special Publication 800-122 (2010) *Guide to Protecting the Confidentiality of Personally Identifiable Information (PII)*. National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Erika McCallister, Tim Grance, Karen Scarfone. Gaithersburg, Maryland.
- [3] Oliveira, S. R. M. dan Zaïane, O. R. (2004) Towards standardization in privacy-preserving data mining. *ACM SIGKDD 3rd Workshop on Data Mining Standards*, **3**, 862–870.
- [4] MENDES, R. dan VILELA, J. P. (2017) Privacy-preserving data mining: Methods, metrics, and applications. *IEEE Access*, **5**, 10562–10582.
- [5] Han, J., Kamber, M., dan Pei, J. (2012) *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd edition. Morgan Kaufmann, Waltham.
- [6] Torra, V. (2017) *Data Privacy: Foundations, New Developments and the Big Data Challenge*, 1st edition. Springer, Warsaw.
- [7] Chen, K. dan Liu, L. (2005) A random rotation perturbation approach to privacy preserving data classification. Technical Report GIT-CC-05-12. Georgia Institute of Technology, Georgia.
- [8] Agrawal, R. dan Srikant, R. (2000) Privacy preserving data mining. In *Proceedings of the ACM SIGMOD*, **3**, 439–450.
- [9] STEWART, G. W. (1980) The efficient generation of random orthogonal matrices with an application to condition estimators. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, **17**, 403–409.
- [10] Johnson, W. B. dan Lindenstrauss, J. (1984) Extensions of lipschitz mappings into a hilbert space. *Contemporary Mathematics*, **26**, 189–206.
- [11] Kun Liu, J. R., Hillol Kargupta (2006) Random projection-based multiplicative data perturbation for privacy preserving distributed data mining. *IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING*, **18**, 92–106.
- [12] Ella Bingham, H. M. (2001) Random projection in dimensionality reduction: Applications to image and text data. In *Proceedings of the ACM SIGKDD*, **7**, 245–250.
- [13] Rossum, G. V. (1995) Python tutorial. Technical Report CS-R9526. Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI), Amsterdam.
- [14] Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Jarrod Millman, K., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., Carey, C., Polat, İ., Feng, Y., Moore, E. W., Vand erPlas, J., Laxalde, D., Perktold, J., Cimrman, R., Henriksen, I., Quintero, E. A., Harris, C. R., Archibald, A. M., Ribeiro, A. H., Pedregosa,

- F., van Mulbregt, P., dan Contributors, S. . . (2020) SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, **17**, 261–272.
- [15] Wes McKinney (2010) Data Structures for Statistical Computing in Python. Bagian dari Stéfan van der Walt dan Jarrod Millman (ed.), *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, pp. 56 – 61.
- [16] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., dan Duchesnay, E. (2011) Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, **12**, 2825–2830.
- [17] Hunter, J. D. (2007) Matplotlib: A 2d graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, **9**, 90–95.

LAMPIRAN A

KODE PERANGKAT LUNAK *RANDOMIZATION*

A.1 *Package Perturbation*

Dalam *package Perturbation* terdapat 3 buah kelas. Kode program untuk masing-masing kelas dalam *package* ini adalah sebagai berikut.

A.1.1 Kelas *Perturbation*

Kode program untuk kelas *Perturbation* adalah sebagai berikut.

Listing A.1: perturbation.py

```
1 from abc import ABC, abstractmethod
2
3
4 class Perturbation(ABC):
5     def __init__(self, dataset):
6         self._dataset = dataset
7         self._perturbedDataset = None
8
9     def getOriginalDataset(self):
10        return self._dataset
11
12    def getPerturbedDataset(self):
13        return self._perturbedDataset
14
15    def setDataset(self, dataset):
16        self._dataset = dataset
17
18    @abstractmethod
19    def perturbDataset(self):
20        pass
```

A.1.2 Kelas *RandomRotationPerturbation*

Kode program untuk kelas *RandomRotationPerturbation* adalah sebagai berikut.

Listing A.2: random_rotation_perturbation.py

```
1 from .perturbation import Perturbation
2 from matrix.random_translation_matrix import RandomTranslationMatrix
3
4
5 class RandomRotationPerturbation(Perturbation):
6     def __init__(self, dataset, randomTranslationMatrix, randomRotationMatrix):
7         super().__init__(dataset)
8
9         self._randomTranslationMatrix = randomTranslationMatrix
10        self._randomRotationMatrix = randomRotationMatrix
11
12    def perturbDataset(self):
13        dataset_with_ones = RandomTranslationMatrix.addAColumnOfOnes(self._dataset)
14        translated_dataset_with_ones = dataset_with_ones.multiply(self._randomTranslationMatrix)
15        translated_dataset = RandomTranslationMatrix.removeLastColumn(translated_dataset_with_ones)
16
17        self._perturbedDataset = translated_dataset.multiply(self._randomRotationMatrix)
18        return True
19
20    def getRandomTranslationMatrix(self):
21        return self._randomTranslationMatrix
22
23    def getRandomRotationMatrix(self):
24        return self._randomRotationMatrix
```

A.1.3 Kelas *RandomProjectionPerturbation*

Kode program untuk kelas *RandomProjectionPerturbation* adalah sebagai berikut.

Listing A.3: random_projection_perturbation.py

```

1 from .perturbation import Perturbation
2 from sklearn.random_projection import johnson_lindenstrauss_min_dim, GaussianRandomProjection
3 from matrix.matrix import Matrix
4
5
6 class RandomProjectionPerturbation(Perturbation):
7     def __init__(self, dataset, epsilon, k=0, randomProjectionMatrix=False):
8         super().__init__(dataset)
9         self._epsilon = epsilon
10        self._k = k
11
12        self._MinK = None
13        self.calculateMinK()
14
15        self._transformer = self.GaussianRandomProjection(n_components=k, eps=epsilon,
16                                                        randomProjectionMatrix=randomProjectionMatrix)
17
18    def perturbDataset(self):
19        self._perturbedDataset = Matrix(self._transformer.fit_transform(self._dataset.getRawMatrix()))
20
21    def getEpsilon(self):
22        return self._transformer.eps
23
24    def getMinK(self):
25        return self._MinK
26
27    def calculateMinK(self):
28        self._MinK = johnson_lindenstrauss_min_dim(
29            self._dataset.getNumberofRows(), self._epsilon)
30
31    def checkMinK(self):
32        return self._MinK < self._dataset.getNumberofColumns()
33
34    def checkVariableK(self):
35        return self._MinK <= self._k < self._dataset.getNumberofColumns()
36
37    class GaussianRandomProjection(GaussianRandomProjection):
38        def __init__(self, n_components, eps, randomProjectionMatrix):
39            super().__init__(n_components=n_components, eps=eps)
40            self._randomProjectionMatrix = randomProjectionMatrix
41
42        def _make_random_matrix(self, n_components, n_features):
43            return self._randomProjectionMatrix.getRawMatrix()

```

A.2 Package *Matrix*

Dalam *package Matrix* terdapat 4 buah kelas. Kode program untuk masing-masing kelas dalam *package* ini adalah sebagai berikut.

A.2.1 Kelas *Matrix*

Kode program untuk kelas *Matrix* adalah sebagai berikut.

Listing A.4: matrix.py

```

1 from numpy.linalg import det
2
3
4 class Matrix:
5     def __init__(self, matrix):
6         self._matrix = matrix
7
8     def getNumberofRows(self):
9         return self._matrix.shape[0]
10
11    def getNumberofColumns(self):
12        return self._matrix.shape[1]
13
14    def multiply(self, multiplierMatrix):
15        return Matrix(self._matrix @ multiplierMatrix.getRawMatrix())
16
17    def get(self, row, col):
18        return self._matrix[row][col]
19
20    def getRawMatrix(self):
21        return self._matrix
22
23    def determinant(self):
24        return det(self._matrix)
25
26    def transpose(self):
27        return Matrix(self._matrix.T)

```

A.2.2 Kelas *RandomRotationMatrix*

Kode program untuk kelas *RandomRotationMatrix* adalah sebagai berikut.

Listing A.5: random_rotation_matrix.py

```

1 from .matrix import Matrix
2 from scipy.stats import special_ortho_group
3
4
5 class RandomRotationMatrix:
6     @staticmethod
7     def generate(dimension):
8         return Matrix(special_ortho_group.rvs(dim=dimension))

```

A.2.3 Kelas *RandomTranslationMatrix*

Kode program untuk kelas *RandomTranslationMatrix* adalah sebagai berikut.

Listing A.6: random_translation_matrix.py

```

1 from .matrix import Matrix
2 from numpy import identity, append, ones
3 from random import randint
4
5
6 class RandomTranslationMatrix:
7     @staticmethod
8     def generate(dimension):
9         matrix = identity(dimension)
10        matrix[-1][-1] = [randint(0, 100) for x in matrix[-1][-1]]
11
12    return Matrix(matrix)
13
14 @staticmethod
15 def addAColumnOfOnes(matrix):
16    matrixTransposed = matrix.transpose()
17    return Matrix(append(matrixTransposed.getRawMatrix(), ones((1, matrixTransposed.getNumberOfColumns())), axis=0)).transpose()
18
19
20 @staticmethod
21 def removeLastColumn(matrix):
22    return Matrix(matrix.transpose().getRawMatrix()[:-1].T)

```

A.2.4 Kelas *RandomProjectionMatrix*

Kode program untuk kelas *RandomProjectionMatrix* adalah sebagai berikut.

Listing A.7: random_projection_matrix.py

```

1 from sklearn.random_projection import GaussianRandomProjection
2
3 from matrix.matrix import Matrix
4
5
6 class RandomProjectionMatrix:
7     @staticmethod
8     def generate(originalDimension, k, epsilon):
9         transformer = GaussianRandomProjection(n_components=k, eps=epsilon)
10        return Matrix(transformer._make_random_matrix(k, originalDimension))

```

A.3 Package Preprocessor

Dalam *package Preprocessor* terdapat 3 buah kelas. Kode program untuk masing-masing kelas dalam *package* ini adalah sebagai berikut.

A.3.1 Kelas *CSVPreprocessor*

Kode program untuk kelas *CSVPreprocessor* adalah sebagai berikut.

Listing A.8: csv_preprocessor.py

```

1 import ntpath
2
3 from numpy import array
4 from pandas import DataFrame, read_csv
5 from matrix.matrix import Matrix
6

```

```

7 def path_leaf(path):
8     head, tail = ntpath.split(path)
9     return tail or ntpath.basename(head)
10
11
12 class CSVPreprocessor:
13     def __init__(self):
14         self._filePath = None
15         self._dataCSV = None
16
17     def csvToMatrix(self):
18         self._matrix = Matrix(array(self._dataCSV.values))
19         self._nameOfColumns = self._dataCSV.columns
20
21     def getFilePath(self):
22         return self._filePath
23
24     def getNameOfColumns(self):
25         return self._nameOfColumns
26
27     def getFileName(self):
28         return path_leaf(self._filePath)
29
30     def matrixToCSV(self, matrix, newFilePath):
31         try:
32             if matrix.getNumberOfColumns() != self._nameOfColumns.size:
33                 df = DataFrame(matrix.getRawMatrix())
34             else:
35                 df = DataFrame(matrix.getRawMatrix(), columns=self._nameOfColumns)
36
37             df.to_csv(newFilePath, index=False)
38             return True
39         except:
40             return False
41
42
43
44
45

```

A.3.2 Kelas *ProjectionMatrixPreprocessor*

Kode program untuk kelas *ProjectionMatrixPreprocessor* adalah sebagai berikut.

Listing A.9: *projection_matrix_preprocessor.py*

```

1 from pandas import DataFrame
2
3 from preprocessor.csv_preprocessor import CSVPreprocessor
4
5
6 class ProjectionMatrixPreprocessor:
7     def __init__(self):
8         self._projectionMatrix = None
9
10    def readFromCSV(self, filePath, dimension):
11        csvPreprocessor = CSVPreprocessor()
12        csvPreprocessor.readCSV(filePath)
13        matrix = csvPreprocessor.csvToMatrix()
14        if matrix.getNumberOfColumns() != dimension or matrix.getNumberOfRows() >= dimension:
15            return False
16        else:
17            self._projectionMatrix = matrix
18            return True
19
20    def getProjectionMatrix(self):
21        return self._projectionMatrix
22
23    @staticmethod
24    def saveToCSV(path, projectionMatrix):
25        try:
26            df = DataFrame(projectionMatrix.getRawMatrix())
27            df.to_csv(path, index=False)
28            return True
29        except:
30            return False

```

A.3.3 Kelas *RotationMatrixPreprocessor*

Kode program untuk kelas *ProjectionMatrixPreprocessor* adalah sebagai berikut.

Listing A.10: *rotation_matrix_preprocessor.py*

```

1 from pandas import DataFrame, concat
2
3 from matrix.matrix import Matrix
4 from preprocessor.csv_preprocessor import CSVPreprocessor
5
6
7 class RotationMatrixPreprocessor:

```

```

8  def __init__(self):
9      self._randomTranslationMatrix = None
10     self._randomRotationMatrix = None
11
12    def readFromCSV(self, filePath, dimension):
13        csvPreprocessor = CSVPreprocessor()
14        csvPreprocessor.readCSV(filePath)
15        matrix = csvPreprocessor.csvToMatrix()
16
17        if matrix.getNumberOfRows() != dimension + 1 or matrix.getNumberOfColumns() != dimension * 2 + 1:
18            return False
19        else:
20            self._randomRotationMatrix = Matrix(matrix.getRawMatrix()[:dimension, :dimension])
21            self._randomTranslationMatrix = Matrix(matrix.getRawMatrix()[:, dimension:])
22            return True
23
24    def getRandomRotationMatrix(self):
25        return self._randomRotationMatrix
26
27    def getRandomTranslationMatrix(self):
28        return self._randomTranslationMatrix
29
30    @staticmethod
31    def saveToCSV(path, randomRotationMatrix, randomTranslationMatrix):
32        try:
33            df1 = DataFrame(randomRotationMatrix.getRawMatrix())
34            df2 = DataFrame(randomTranslationMatrix.getRawMatrix())
35            df = concat([df1, df2], axis=1)
36            df.to_csv(path, index=False)
37            return True
38        except:
39            return False

```

A.4 Package View

Dalam *package View* terdapat beberapa buah kelas yang berfungsi untuk menangani antarmuka perangkat lunak yang dibuat dengan *framework* Kivy. Kode program untuk masing-masing dokumen dalam *package* ini adalah sebagai berikut.

A.4.1 Dokumen *main_menu.py*

Kode program untuk dokumen *main_menu.py* adalah sebagai berikut.

Listing A.11: *main_menu.py*

```

1 import pathlib
2 from threading import Thread
3 from time import time
4
5 from kivy.properties import ObjectProperty
6 from kivy.uix.behaviors import FocusBehavior
7 from kivy.uix.gridlayout import GridLayout
8 from kivy.uix.label import Label
9 from kivy.uix.popup import Popup
10 from plyer import filechooser
11
12 from matrix.random_projection_matrix import RandomProjectionMatrix
13 from matrix.random_rotation_matrix import RandomRotationMatrix
14 from matrix.random_translation_matrix import RandomTranslationMatrix
15 from perturbation.random_projection_perturbation import RandomProjectionPerturbation
16 from perturbation.random_rotation_perturbation import RandomRotationPerturbation
17 from preprocessor.csv_preprocessor import CSVPreprocessor
18 from preprocessor.projection_matrix_preprocessor import ProjectionMatrixPreprocessor
19 from preprocessor.rotation_matrix_preprocessor import RotationMatrixPreprocessor
20
21
22 def hide_widget(wid, do_hide=True):
23     if hasattr(wid, 'saved_attrs'):
24         if not do_hide:
25             wid.height, wid.size_hint_y, wid.opacity, wid.disabled = wid.saved_attrs
26             del wid.saved_attrs
27     elif do_hide:
28         wid.saved_attrs = wid.height, wid.size_hint_y, wid.opacity, wid.disabled
29         wid.height, wid.size_hint_y, wid.opacity, wid.disabled = 0, None, 0, True
30
31
32 class MainMenu(GridLayout):
33     load_file_path = ObjectProperty(None)
34
35     dimension_label = ObjectProperty(None)
36     dimension_value = ObjectProperty(None)
37     epsilon_label = ObjectProperty(None)
38     epsilon_value = ObjectProperty(None)
39     calculate_k_button = ObjectProperty(None)
40
41     technique_spinner = ObjectProperty(None)
42
43     dataset_description_layout = ObjectProperty(None)

```

```

44 randomization_result_description_layout = ObjectProperty(None)
45
46 load_matrix_path = ObjectProperty(None)
47
48 def __init__(self, **kwargs):
49     super(GridLayout, self).__init__(**kwargs)
50     self.on_technique_spinner_select("Random_Rotation_Perturbation")
51
52 def calculate_k_button_action(self):
53     if self.load_file_path_empty() or self.epsilon_not_valid():
54         return
55
56     randomizer = RandomProjectionPerturbation(self.dataset, float(self.epsilon_value.text))
57
58     self.calculate_and_check_k(randomizer)
59
60 def calculate_and_check_k(self, randomizer):
61     self.k_label.change_value(str(randomizer.getMinK()))
62
63     if not randomizer.checkMinK():
64         WarningPopup().open("Nilai_minimal_variabel_K_lebih_besar_dari_dimensi_dataset!\nMohon_mengganti_nilai_variabel_Epsilon!")
65         return False
66
67     return True
68
69 def browse_load_button_action(self):
70     self.path = self.browse_load_file()
71     if not self.path:
72         return
73
74     self.loading_popup = LoadingPopup()
75     self.loading_popup.title = "Memuat_Dokumen"
76     self.loading_popup.open()
77     self.loading_popup.progress(40)
78
79     load_file_thread = Thread(target=self.browse_load)
80     load_file_thread.start()
81
82 def browse_load(self):
83     self.csv_preprocessor = CSVPreprocessor()
84     try:
85         self.csv_preprocessor.readCSV(self.path)
86     except:
87         WarningPopup().open("Dokumen_CSV_yang_dimasukkan_tidak_sesuai_dengan_persyaratan!")
88         self.loading_popup.dismiss()
89         return
90
91     self.dataset = self.csv_preprocessor.csvToMatrix()
92
93     self.randomization_result_description_layout.clear_widgets()
94     self.load_file_path.text = self.path
95     if self.technique_spinner.text == "Random_Rotation_Perturbation":
96         self.load_matrix_path.text = "Pilih_matriks_rotasi_yang_ingin_digunakan"
97     else:
98         self.load_matrix_path.text = "Pilih_matriks_proyeksi_yang_ingin_digunakan"
99     self.randomTranslationMatrix = None
100    self.randomRotationMatrix = None
101    self.randomProjectionMatrix = None
102
103    self.dataset_description_layout.clear_widgets()
104
105    self.loading_popup.progress(60)
106    self.dataset_description_layout.add_widget(
107        DescriptionLabel("Nama_Dokumen", self.csv_preprocessor.getFileName()))
108    self.dataset_description_layout.add_widget(
109        DescriptionLabel("Jumlah_Baris", str(self.dataset.getNumberofRows())))
110    self.loading_popup.progress(80)
111    self.dataset_description_layout.add_widget(
112        DescriptionLabel("Jumlah_Kolom", str(self.dataset.getNumberofColumns())))
113    self.k_label = DescriptionLabel("Nilai_Minimal_Variabel_K", "Belum_dihitung")
114    self.dataset_description_layout.add_widget(self.k_label)
115
116    if self.technique_spinner.text == "Random_Rotation_Perturbation":
117        hide_widget(self.k_label)
118    self.loading_popup.progress(100)
119    self.loading_popup.dismiss()
120
121 def browse_load_file(self):
122     path = filechooser.open_file(title="Pilih_dokumen_CSV..",
123                                 filters=[("Comma-separated_Values", "*.csv")])
124     if len(path) != 0:
125         return path[0]
126     else:
127         return False
128
129 def browse_save(self):
130     path = filechooser.save_file(title="Simpan_hasil_berbentuk_dokumen_CSV..",
131                                 filters=[("Comma-separated_Values", "*.csv")])
132
133     if len(path) != 0:
134         if pathlib.Path(path[0]).suffix == ".csv":
135             return path[0]
136         else:
137             return path[0] + ".csv"
138     else:
139         return False
140
141 def on_technique_spinner_select(self, text):
142     self.randomization_result_description_layout.clear_widgets()

```

```

142     self.randomTranslationMatrix = None
143     self.randomRotationMatrix = None
144     self.randomProjectionMatrix = None
145     if text == "Random_Rotation_Perturbation":
146         self.load_matrix_path.text = "Pilih_matriks_rotasi_yang_ingin_digunakan"
147         hide_widget(self.dimension_label)
148         hide_widget(self.dimension_value)
149         hide_widget(self.epsilon_label)
150         hide_widget(self.epsilon_value)
151         try:
152             hide_widget(self.k_label)
153         except AttributeError:
154             pass
155         hide_widget(self.calculate_k_button)
156     else:
157         self.load_matrix_path.text = "Pilih_matriks_proyeksi_yang_ingin_digunakan"
158         hide_widget(self.dimension_label, False)
159         hide_widget(self.dimension_value, False)
160         hide_widget(self.epsilon_label, False)
161         hide_widget(self.epsilon_value, False)
162         try:
163             hide_widget(self.k_label, False)
164         except AttributeError:
165             pass
166         hide_widget(self.calculate_k_button, False)
167
168 def load_file_path_empty(self):
169     if self.load_file_path.text == "Belum_ada_dokumen_CSV_yang_dipilih_untuk_diacak":
170         WarningPopup().open("Mohon_memilih_dataset_(dokumen_CSV)_terlebih_dahulu!")
171         return True
172     else:
173         return False
174
175 def load_matrix_path_empty(self):
176     if self.load_matrix_path.text == "Pilih_matriks_rotasi_yang_ingin_digunakan" or self.load_matrix_path.text == "Pilih_matriks_proyeksi_yang_ingin_digunakan":
177         WarningPopup().open("Mohon_memilih_matriks_(dokumen_CSV)_terlebih_dahulu!")
178         return True
179     else:
180         return False
181
182 def epsilon_not_valid(self):
183     if self.epsilon_value.text == "":
184         WarningPopup().open("Mohon_menentukan_nilai_variabel_Epsilon_terlebih_dahulu!")
185         return True
186
187     try:
188         float(self.epsilon_value.text)
189     except ValueError:
190         WarningPopup().open(
191             "Anda_tidak_memasukan_nilai(bilangan_desimal)_dengan_benar_untuk_variabel_Epsilon!\nMohon_periksa_"
192             "kembali_dengan_teliti!")
193         return True
194
195     if not 1 > float(self.epsilon_value.text) > 0:
196         WarningPopup().open(
197             "Nilai_variabel_Epsilon_wajib_berada_pada_rentang_nilai_lebih_dari_0_dan_kurang_dari_1!")
198         return True
199
200     return False
201
202 def dimension_target_not_valid(self):
203     if self.dimension_value.text == "":
204         WarningPopup().open("Mohon_menentukan_nilai_variabel_K_terlebih_dahulu!")
205         return True
206
207     try:
208         int(self.dimension_value.text)
209     except ValueError:
210         WarningPopup().open(
211             "Anda_tidak_memasukan_nilai(bilangan_bulat)_dengan_benar_untuk_variabel_K!\nMohon_periksa_kembali_"
212             "dengan_teliti!")
213         return True
214
215     return False
216
217 def create_save_matrix_button_action(self):
218     if self.load_file_path_empty():
219         return
220
221     if self.technique_spinner.text == "Random_Projection_Perturbation":
222         if self.epsilon_not_valid() or self.dimension_target_not_valid():
223             return
224
225         randomizer = RandomProjectionPerturbation(self.dataset, float(self.epsilon_value.text),
226                                                 int(self.dimension_value.text))
227
228         if not self.calculate_and_check_k(randomizer):
229             return
230
231         if not randomizer.checkVariableK():
232             WarningPopup().open(
233                 "Nilai_dari_variabel_K_wajib_lebih_besar_dari_atau_sama_dengan_nilai_minimal_variabel_K_"
234                 "dan_lebih_kecil_dari_dimensi_dataset_yang_ingin_diacak!\nMohon_mengganti_nilai_variabel_K!")
235             return
236
237         self.matrix_path = self.browse_save()
238         if not self.matrix_path:
239             return

```

```

240
241     self.loading_popup = LoadingPopup()
242     self.loading_popup.title = "Membuat_dan_Menyimpan_Matriks"
243     self.loading_popup.open()
244
245     self.loading_popup.progress(10)
246
247     randomize_thread = Thread(target=self.create_save_matrix)
248     randomize_thread.start()
249
250     def create_save_matrix(self):
251         if self.technique_spinner.text == "Random_Rotation_Perturbation":
252             start_time = time()
253             self.randomRotationMatrix = RandomRotationMatrix.generate(self.dataset.getNumberOfColumns())
254             self.randomTranslationMatrix = RandomTranslationMatrix.generate(self.dataset.getNumberOfColumns() + 1)
255             self.create_matrix_time = time() - start_time
256
257             self.loading_popup.progress(50)
258
259             if RotationMatrixPreprocessor.saveToCSV(self.matrix_path, self.randomRotationMatrix, self.randomTranslationMatrix):
260                 self.loading_popup.dismiss()
261                 WarningPopup().open(
262                     "Tolong_menutup_dokumen_yang_dipilih_yaitu_" + self.matrix_path)
263                 return
264
265         else:
266             start_time = time()
267             self.randomProjectionMatrix = RandomProjectionMatrix.generate(self.dataset.getNumberOfColumns(),
268                             int(self.dimension_value.text),
269                             float(self.epsilon_value.text))
270
271             self.create_matrix_time = time() - start_time
272
273             self.loading_popup.progress(50)
274
275             if ProjectionMatrixPreprocessor.saveToCSV(self.matrix_path, self.randomProjectionMatrix):
276                 self.loading_popup.dismiss()
277                 WarningPopup().open(
278                     "Tolong_menutup_dokumen_yang_dipilih_yaitu_" + self.matrix_path)
279                 return
280
281         self.load_matrix_path.text = self.matrix_path
282
283         self.loading_popup.progress(100)
284         self.loading_popup.dismiss()
285
286     def import_matrix_button_action(self):
287         self.create_matrix_time = 0
288         if self.load_file_path_empty():
289             return
290
291         self.matrix_path = self.browse_load_file()
292         if not self.matrix_path:
293             return
294
295         self.loading_popup = LoadingPopup()
296         self.loading_popup.title = "Memuat_Matriks"
297         self.loading_popup.open()
298
299         self.loading_popup.progress(10)
300
301         randomize_thread = Thread(target=self.import_matrix)
302         randomize_thread.start()
303
304     def import_matrix(self):
305         if self.technique_spinner.text == "Random_Rotation_Perturbation":
306             try:
307                 rotationMatrixPreprocessor = RotationMatrixPreprocessor()
308                 if not rotationMatrixPreprocessor.readFromCSV(self.matrix_path, self.dataset.getNumberOfColumns()):
309                     self.loading_popup.dismiss()
310                     WarningPopup().open(
311                         "Matriks_yang_dipilih_tidak_sesuai_dengan_dataset!")
312
313                 self.loading_popup.progress(50)
314
315                 self.randomTranslationMatrix = rotationMatrixPreprocessor.getRandomTranslationMatrix()
316                 self.randomRotationMatrix = rotationMatrixPreprocessor.getRandomRotationMatrix()
317
318             except:
319                 self.loading_popup.dismiss()
320                 WarningPopup().open("Dokumen_CSV_yang_dimasukkan_tidak_sesuai_dengan_persyaratan!")
321
322         else:
323             projectionMatrixPreprocessor = ProjectionMatrixPreprocessor()
324             if not projectionMatrixPreprocessor.readFromCSV(self.matrix_path, self.dataset.getNumberOfColumns()):
325                 self.loading_popup.dismiss()
326                 WarningPopup().open(
327                     "Matriks_yang_dipilih_tidak_sesuai_dengan_dataset!")
328
329             self.loading_popup.progress(50)
330
331             self.randomProjectionMatrix = projectionMatrixPreprocessor.getProjectionMatrix()
332             self.dimension_value.text = str(self.randomProjectionMatrix.getNumberOfRows())
333
334             self.load_matrix_path.text = self.matrix_path
335
336             self.loading_popup.progress(100)
337             self.loading_popup.dismiss()
338
339     def randomize_button_action(self):

```

```

339     self.randomization_result_description_layout.clear_widgets()
340
341     if self.load_file_path_empty() or self.load_matrix_path_empty():
342         return
343
344     if self.technique_spinner.text == "Random_Projection_Perturbation":
345         if self.epsilon_not_valid() or self.dimension_target_not_valid():
346             return
347         elif self.randomProjectionMatrix.getNumberOfRows() != int(self.dimension_value.text):
348             WarningPopup().open("Dimensi_matriks_tidak_sama_dengan_dimensi_target_yang_diinginkan!")
349             return
350
351     self.loading_popup = LoadingPopup()
352     self.loading_popup.title = self.technique_spinner.text
353     self.loading_popup.open()
354
355     self.loading_popup.progress(10)
356
357     randomize_thread = Thread(target=self.randomize)
358     randomize_thread.start()
359
360 def randomize(self):
361     try:
362         self.loading_popup.progress(30)
363
364         if self.technique_spinner.text == "Random_Rotation_Perturbation":
365             start_time = time()
366             randomizer = RandomRotationPerturbation(self.dataset, self.randomTranslationMatrix,
367                                                       self.randomRotationMatrix)
368             initialize_time = time() - start_time
369             self.loading_popup.progress(50)
370             try:
371                 start_time = time()
372                 randomizer.perturbDataset()
373                 perturb_time = time() - start_time
374             except TypeError:
375                 self.loading_popup.dismiss()
376                 WarningPopup().open(
377                     "Ada_nilai.yang_tidak_bersifat_numerik_pada_dataset!_Semua_nilai_harus_berupa_numerik!")
378                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
379                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Alasan",
380
381                                         "Ada.nilai.yang.tidak."
382                                         "bersifat.numerik.pada."
383                                         "dataset!.Semua.nilai.harus."
384                                         "berupa.numerik!"))
385
386         else:
387             start_time = time()
388             randomizer = RandomProjectionPerturbation(self.dataset, float(self.epsilon_value.text),
389                                                       int(self.dimension_value.text), self.randomProjectionMatrix)
390             initialize_time = time() - start_time
391
392             if not self.calculate_and_check_K(randomizer):
393                 self.loading_popup.dismiss()
394                 return
395
396             if not randomizer.checkVariableK():
397                 self.loading_popup.dismiss()
398                 WarningPopup().open(
399                     "Nilai_dari_variabel_K_wajib_lebih_besar_dari_atau_sama_dengan_nilai_minimal_variabel_K."
400                     "dan_lebih_kecil_dari_dimensi_dataset_yang_ingin_diacak!\nMohon_mengganti_nilai_variabel_K!")
401                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
402                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Alasan",
403
404                                         "Nilai_dari_variabel_K."
405                                         "wajib_berada_pada_rentang."
406                                         "nilai_lebih_besar_dari_atau_"
407                                         "sama_dengan_K."
408                                         "dan_lebih_kecil_dari_atau_"
409                                         "sama_dengan_dimensi_dataset_"
410                                         "yang_ingin_"
411                                         "diacak!\nMohon_"
412                                         "mengganti_"
413                                         "variabel_K!"))
414
415             return
416             self.loading_popup.progress(50)
417             try:
418                 start_time = time()
419                 randomizer.perturbDataset()
420                 perturb_time = time() - start_time
421             except TypeError:
422                 self.loading_popup.dismiss()
423                 WarningPopup().open(
424                     "Ada_nilai.yang_tidak_bersifat_numerik_pada_dataset!_Semua_nilai_harus_berupa_numerik!")
425                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
426                 self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Alasan", "Ada.nilai.yang."
427
428                                         "tidak_bersifat."
429                                         "numerik_pada."
430                                         "dataset!.Semua."
431                                         "nilai_harus."
432                                         "berupa_numerik!"))
433
434             self.loading_popup.progress(80)
435
436             save_path = self.browse_save()
437
438             if not save_path:
439                 self.loading_popup.dismiss()
440                 WarningPopup().open("Penyimpanan_dokumen_dibatalkan!")

```

```

438         self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
439         self.randomization_result_description_layout.add_widget(
440             DescriptionLabel("Alasan", "Penyimpanan_dokumen_dibatalkan!"))
441         return
442
443     if self.csv_preprocessor.matrixToCSV(randomizer.getPerturbedDataset(), save_path):
444         self.loading_popup.dismiss()
445         WarningPopup().open()
446         "Tolong_menutup_dokumen_yang_dipilih_yaitu_" + save_path)
447         self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
448         self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Alasan",
449                                         "Sudah_ada_dokumen_yang_"
450                                         "mempunyai_nama_yang_sama_yaitu_" +
451                                         save_path +
452                                         "_dan_dibuka_oleh_program_lain!"
453                                         "\nMohon_ditutup_terlebih_dahulu!"))
454
455     return
456
457     self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "BERHASIL"))
458     self.randomization_result_description_layout.add_widget(
459         DescriptionLabel("Lokasi_dokumen", save_path))
460     self.randomization_result_description_layout.add_widget(
461         DescriptionLabel("Lokasi_dokumen_matrix_yang_dipakai", self.matrix_path))
462     self.randomization_result_description_layout.add_widget(
463         DescriptionLabel("Jumlah_kolom", str(randomizer.getPerturbedDataset().getNumberOfColumns())))
464     if self.technique_spinner.text == "Random_Projection_Perturbation":
465         self.randomization_result_description_layout.add_widget(
466             DescriptionLabel("Nilai_variabel_epsilon_yang_digunakan", str(randomizer.getEpsilon())))
467         self.randomization_result_description_layout.add_widget(
468             DescriptionLabel("Nilai_variabel_K_yang_digunakan", self.dimension_value.text))
469     self.randomization_result_description_layout.add_widget(
470         DescriptionLabel("Waktu_eksekusi", str((initialize_time + perturb_time + self.create_matrix_time) % 60) + "detik"))
471
472     self.loading_popup.progress(100)
473     self.loading_popup.dismiss()
474     WarningPopup().open(self.technique_spinner.text + "berhasil_diterapkan_pada_dataset_yang_dipilih!")
475 except Exception as e:
476     self.loading_popup.dismiss()
477     WarningPopup().open(str(e))
478     self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Status", "GAGAL"))
479     self.randomization_result_description_layout.add_widget(DescriptionLabel("Alasan", str(e)))
480
481 class WarningPopup(Popup):
482     text_label = ObjectProperty(None)
483     close_button = ObjectProperty(None)
484
485     def open(self, text, *largs, **kwargs):
486         self.text_label.text = text
487         # self.close_button.focus = True
488         super().open()
489
490
491 class LoadingPopup(Popup):
492     progress_bar = ObjectProperty(None)
493     progress_label = ObjectProperty(None)
494
495     def progress(self, value):
496         self.progress_bar.value = value
497         self.progress_label.text = str(value) + "%"
498
499
500 class DescriptionLabel(Label):
501     def __init__(self, title, value):
502         self.title = title
503         super().__init__(text=title + ":" + value)
504
505     def change_value(self, value):
506         self.text = self.title + ":" + value
507

```

A.4.2 Dokumen *randomization_app.py*

Kode program untuk dokumen *randomization_app.py* adalah sebagai berikut.

Listing A.12: *randomization_app.py*

```

1 from kivy.config import Config
2 Config.set('graphics', 'width', '1024')
3 Config.set('graphics', 'height', '600')
4 Config.set('kivy', 'window_icon', 'view/assets/r.ico')
5 Config.set('input', 'mouse', 'mouse,multitouch_on_demand')
6 Config.set('kivy', 'exit_on_escape', '0')
7
8 from kivy.uix.textinput import TextInput
9 from kivy.uix.spinner import Spinner, SpinnerOption
10 from kivy.core.window import Window
11 # Window.clearcolor = (214/255.0, 217/255.0, 223/255.0, 1)
12 Window.clearcolor = (1, 1, 1, 1)
13 from kivy.properties import BooleanProperty, ObjectProperty
14 from kivy.app import App
15 from kivy.uix.button import Button
16 from kivy.uix.behaviors import FocusBehavior
17

```

```

18
19 from .main_menu import MainMenu
20 class HoverBehavior(object):
21     """Hover behavior.
22     :Events:
23         'on_enter'
24             Fired when mouse enter the bbox of the widget.
25         'on_leave'
26             Fired when the mouse exit the widget
27
28
29     hovered = BooleanProperty(False)
30     border_point= ObjectProperty(None)
31     '''Contains the last relevant point received by the Hoverable. This can
32     be used in 'on_enter' or 'on_leave' in order to know where was dispatched the event.
33     '''
34
35     def __init__(self, **kwargs):
36         self.register_event_type('on_enter')
37         self.register_event_type('on_leave')
38         Window.bind(mouse_pos=self.on_mouse_pos)
39         super(HoverBehavior, self).__init__(**kwargs)
40
41     def on_mouse_pos(self, *args):
42         if not self.get_root_window():
43             return # do proceed if I'm not displayed <=> If have no parent
44         pos = args[1]
45         #Next line to_widget allow to compensate for relative layout
46         inside = self.collide_point(*self.to_widget(*pos))
47         if self.hovered == inside:
48             #We have already done what was needed
49             return
50         self.border_point = pos
51         self.hovered = inside
52         if inside:
53             self.dispatch('on_enter')
54         else:
55             self.dispatch('on_leave')
56
57     def on_enter(self):
58         pass
59
60     def on_leave(self):
61         pass
62
63 from kivy.factory import Factory
64 Factory.register('HoverBehavior', HoverBehavior)
65
66 class HoverButton(Button, HoverBehavior):
67     def on_enter(self, *args):
68         Window.set_system_cursor("hand")
69         self.background_color = 1,1,1,1
70
71     def on_leave(self, *args):
72         Window.set_system_cursor("arrow")
73         self.background_color = 0,0,0,0
74
75 class PopupCloseButton(FocusBehavior, HoverButton):
76     def keyboard_on_key_down(self, window, keycode, text, modifiers):
77         super().keyboard_on_key_down(window, keycode, text, modifiers)
78         if keycode[1] == 'enter' or keycode[1] == 'numpadenter': # deal with cycle
79             self.trigger_action()
80
81         return True
82     return False
83
84 class HoverSpinner(Spinner, HoverBehavior):
85     def on_enter(self, *args):
86         Window.set_system_cursor("hand")
87
88     def on_leave(self, *args):
89         Window.set_system_cursor("arrow")
90
91 class HoverTextInput(TextInput, HoverBehavior):
92     def on_enter(self, *args):
93         Window.set_system_cursor("ibeam")
94
95     def on_leave(self, *args):
96         Window.set_system_cursor("arrow")
97
98 class RandomizationApp(App):
99     def build(self):
100        return MainMenu()

```

A.4.3 Dokumen *randomization.kv*

Kode program untuk dokumen *randomization.kv* adalah sebagai berikut.

Listing A.13: randomization.kv

```

1 #:kivy 2.0.0
2 #:import Window kivy.core.window.Window
3
4 <MainMenu>
5     cols: 1

```

```

6   size: root.width, root.height
7   spacing: 10
8
9   load_file_path: load_file_path
10
11  dimension_label: dimension_label
12  epsilon_label: epsilon_label
13  dimension_value: dimension_value
14  epsilon_value: epsilon_value
15  calculate_k_button: calculate_k_button
16
17  technique_spinner: technique_spinner
18
19  dataset_description_layout: dataset_description_layout
20  randomization_result_description_layout: randomization_result_description_layout
21
22  load_matrix_path: load_matrix_path
23
24
25  GridLayout:
26      cols: 3
27      size_hint: (root.width, 0.09)
28      spacing: 5
29      Image:
30          source: 'view/assets/browse.jpg'
31          size_hint: (0.1, root.height)
32      Label:
33          id: load_file_path
34          text: "Belum ada dokumen CSV yang dipilih untuk diacak"
35          size: self.texture_size
36          text_size: self.size
37          halign: 'left'
38      HoverButton:
39          text: "Pilih Dokumen CSV"
40          size_hint: (0.25, root.height)
41          on_release: root.browse_load_button_action()
42
43
44  GridLayout:
45      cols: 1
46      size_hint: (root.width, 0.09)
47      HoverSpinner:
48          color: 1,1,1,1
49          id: technique_spinner
50          size_hint: (root.width, root.height)
51          text: 'Random Rotation Perturbation'
52          values: 'Random Rotation Perturbation', 'Random Projection Perturbation'
53          on_text: root.on_technique_spinner_select(self.text)
54
55
56  GridLayout:
57      cols: 4
58      size_hint: (root.width, 0.09)
59      spacing: 5
60      Image:
61          source: 'view/assets/matrix.png'
62          size_hint: (0.1, root.height)
63      Label:
64          id: load_matrix_path
65          text: "Pilih matriks rotasi yang ingin digunakan"
66          size: self.texture_size
67          text_size: self.size
68          halign: 'left'
69      HoverButton:
70          text: "Buat dan Simpan Matriks"
71          size_hint: (0.3, root.height)
72          on_release: root.create_save_matrix_button_action()
73      HoverButton:
74          text: "Impor Matriks"
75          size_hint: (0.2, root.height)
76          on_release: root.import_matrix_button_action()
77
78
79  GridLayout:
80      cols: 6
81      size_hint: (root.width, 0.09)
82      spacing: 10
83      Label:
84          id: epsilon_label
85          size_hint: (0.07, root.height)
86          text: "Epsilon"
87      HoverTextInput:
88          id: epsilon_value
89          size_hint: (0.05, root.height)
90          input_filter: 'float'
91          write_tab: False
92          multiline: False
93          on_text_validate: root.calculate_k_button_action()
94      HoverButton:
95          id: calculate_k_button
96          text: "Hitung Nilai Min K"
97          size_hint: (0.12, root.height)
98          on_release: root.calculate_k_button_action()
99      Label:
100         id: dimension_label
101         size_hint: (0.07, root.height)
102         text: "Variabel K"
103     HoverTextInput:
104         id: dimension_value

```

```
105     size_hint: (0.05, root.height)
106     input_filter: 'int'
107     write_tab: False
108     multiline: False
109 HoverButton:
110     text: "Acak dan Simpan"
111     size_hint: (0.4, root.height)
112     on_release: root.randomize_button_action()
113
114
115
116 BoxLayout:
117     orientation: "vertical"
118     BoxLayout:
119         orientation: "horizontal"
120         BoxLayout:
121             orientation: "vertical"
122             canvas.before:
123                 Color:
124                     rgba: .5, .5, .5, 1
125                 Line:
126                     width: 2
127                     rectangle: self.x, self.y, self.width, self.height
128             Label:
129                 text: "Deskripsi Dataset"
130                 size_hint: (1, 0.2)
131                 text_size: self.size
132                 halign: "center"
133                 valign: "top"
134                 padding: (20, 20)
135
136             BoxLayout:
137                 id: dataset_description_layout
138                 orientation: "vertical"
139
140
141             BoxLayout:
142                 orientation: "vertical"
143                 canvas.before:
144                     Color:
145                         rgba: .5, .5, .5, 1
146                     Line:
147                         width: 2
148                         rectangle: self.x, self.y, self.width, self.height
149             Label:
150                 text: "Deskripsi Hasil Pengacakkan"
151                 size_hint: (1, 0.2)
152                 text_size: self.size
153                 halign: "center"
154                 valign: "top"
155                 padding: (20, 20)
156
157             BoxLayout:
158                 id: randomization_result_description_layout
159                 orientation: "vertical"
160
161
162
163 <WarningPopup>
164     title: 'PERHATIAN!'
165     size_hint: (None, None)
166     size: (400, 200)
167     auto_dismiss: False
168
169     text_label: text_label
170     close_button: close_button
171
172     GridLayout:
173         cols: 1
174         Label:
175             markup: True
176             color: 1,1,1,1
177             id: text_label
178             text_size: self.width, None
179             size_hint: 1, None
180             halign: "center"
181         PopupCloseButton:
182             id: close_button
183             size_hint: (root.width, 0.5)
184             text: "Ok"
185             on_release: root.dismiss(); Window.set_system_cursor("arrow")
186
187
188 <LoadingPopup>
189     title: 'Random Projection Perturbation'
190     size_hint: (None, None)
191     size: (400, 200)
192     auto_dismiss: False
193
194     progress_bar: progress_bar
195     progress_label: progress_label
196     GridLayout:
197         cols: 1
198         Image:
199             source: 'view/assets/loading.gif'
200             anim_delay: 0.025
201             mipmap: True
202             allow_stretch: True
203         Label:
```

```
204         id: progress_label
205         color: 1,1,1,1
206         text: "0%"
207     ProgressBar:
208         id: progress_bar
209         max: 100
210
211 <DescriptionLabel>
212     size_hint: (1, 0.5)
213     text_size: self.size
214     halign: "left"
215     valign: "top"
216     padding: (20, 0)
217
218 <Label>:
219     markup: True
220     color: 0,0,0,1
221
222 <HoverButton>:
223     color: 1,1,1,1
224     background_color: 0,0,0,0 # the last zero is the critical one, make invisible
225     canvas.before:
226         Color:
227             rgba: (.4,.4,.4,1) if self.state=='normal' else (0,.7,.7,1) # visual feedback of press
228         RoundedRectangle:
229             pos: self.pos
230             size: self.size
231             radius: [5,]
232
233 <SpinnerOption>
234     color: 1,1,1,1
```

LAMPIRAN B

KODE PERANGKAT LUNAK PENGUJIAN

B.1 Pengujian Penambangan Data Klasifikasi

Kode program untuk pengujian penambangan data klasifikasi dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut.

B.1.1 *Random Rotation Perturbation*

Kode program untuk pengujian penambangan data klasifikasi terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset diabetes* adalah sebagai berikut.

Listing B.1: knn_diabetes.py

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 import pandas as pd
4 import numpy as np
5
6 from sklearn.model_selection import train_test_split
7 from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
8 from sklearn.metrics import confusion_matrix
9
10 import matplotlib.pyplot as plt
11 plt.style.use('ggplot')
12
13 import seaborn as sns
14
15 from time import time
16
17 # =====
18
19 df = pd.read_csv('rotated_diabetes.csv', delimiter = ',')
20
21 X = df.drop('Outcome', axis = 1).values
22 y = df['Outcome'].values
23
24 # =====
25
26 pd.options.display.max_columns = 10
27 print(df.describe())
28 print()
29
30 # -----
31
32 plt.title("Jumlah_Kasus_Diabetes")
33 sns.countplot(x = "Outcome", data = df)
34 plt.savefig('distribusi_label_diabetes.png', dpi=300)
35 plt.show()
36
37 # -----
38
39 g = sns.pairplot(df, hue = "Outcome", vars = df.columns[:-1])
40 g.fig.suptitle("Pairplot_Seluruh_Fitur_Dataset_Diacak", y=1.05, fontsize=75)
41 plt.savefig('distribusi_kolom_diabetes_diacak.png', dpi=300)
42 plt.show()
43
44 # -----
45
46 plt.title("Heatmap_Korelasi_Antar_Variabel_Dataset_Diacak")
47 ax = sns.heatmap(df.corr(), annot = True, cmap = 'RdYlGn')
48 ax.set_xticklabels(ax.get_xticklabels(), rotation = 23, ha="right")
49 ax.set_yticklabels(ax.get_yticklabels(), rotation = 60, ha="right")
50 plt.tight_layout()
51 plt.savefig('heatmap_diabetes_diacak.png', dpi=300)
52 plt.show()
53
54 # =====
55
56 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.4, random_state=42, stratify = y)
57
58 # -----
```

```

59
60 neighbors = np.arange(1, 11)
61 train_accuracy = np.empty(len(neighbors))
62 test_accuracy = np.empty(len(neighbors))
63
64 for i, k in enumerate(neighbors):
65     knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = k)
66     knn.fit(X_train, y_train)
67
68     #Compute accuracy on the training set
69     train_accuracy[i] = knn.score(X_train, y_train)
70     #Compute accuracy on the test set
71     test_accuracy[i] = knn.score(X_test, y_test)
72
73 # -----
74
75 plt.title('Akurasi_Model_KNN_Dataset_Diacak')
76 plt.plot(neighbors, test_accuracy, label = 'Akurasi_Test_Set')
77 plt.plot(neighbors, train_accuracy, label = 'Akurasi_Training_Set')
78 plt.legend()
79 plt.xlabel('Jumlah_Tetangga_(k)')
80 plt.ylabel('Akurasi')
81 plt.savefig('plot_akurasi_diabetes_diacak.png', dpi=300)
82 plt.show()
83
84 # -----
85
86 print("Akurasi_setiap_K_pada_training_set_dataset_diacak:")
87 for i, accuracy in enumerate(train_accuracy):
88     print(str(i + 1) + ":" + str(accuracy))
89 print()
90
91 # -----
92
93 print("Akurasi_setiap_K_pada_test_set_dataset_diacak:")
94 for i, accuracy in enumerate(test_accuracy):
95     print(str(i + 1) + ":" + str(accuracy))
96 print()
97
98 # -----
99
100 highest_test_accuracy = test_accuracy.max()
101 k_highest_test_accuracy = np.argmax(test_accuracy) + 1
102
103 print("K_terbaik_adalah_" + str(k_highest_test_accuracy) + "_dengan_akurasi_test_set_sebesar_" + str(highest_test_accuracy))
104 print()
105
106 # =====
107
108 start_time = time()
109
110 knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = k_highest_test_accuracy)
111 knn.fit(X_train, y_train)
112
113 print("..._Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melatih_model_adalah_%s_detik_---" % (time() - start_time))
114 print()
115
116 print("Akurasi_pada_model_KNN_yang_digunakan:" + str(knn.score(X_test, y_test)))
117 print()
118
119 # -----
120
121 start_time = time()
122
123 y_pred = knn.predict(X_test)
124
125 print("..._Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melakukan_prediksi_adalah_%s_detik_---" % (time() - start_time))
126 print()
127
128 plt.title('Confusion_Matrix_pada_Test_Set_Dataset_Diacak')
129 sns.heatmap(confusion_matrix(y_pred, y_test), annot = True, annot_kws={"size": 16}, fmt='g')
130 plt.savefig('confusion_diabetes_diacak.png', dpi=300)
131 plt.show()
132
133 # =====

```

B.1.2 Random Projection Perturbation

Kode program untuk pengujian penambangan data klasifikasi terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset mobile_sensor* adalah sebagai berikut.

Listing B.2: knn_mobile_sensor.py

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 import pandas as pd
4 import numpy as np
5
6 from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
7 from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
8 from sklearn.metrics import confusion_matrix
9
10 import matplotlib.pyplot as plt
11 plt.style.use('ggplot')

```

```

12
13 import seaborn as sns
14
15 from time import time
16
17 # =====
18 df_train = pd.read_csv('projected_train.csv', delimiter = ',')
19 X_train = df_train.drop(['subject', 'Activity'], axis = 1).values
20 label_np = df_train['Activity'].values
21
22 # -----
23
24 label_np = label_np.ravel()
25 le = LabelEncoder()
26
27 y_train = le.fit_transform(label_np)
28
29 # =====
30
31 df_test = pd.read_csv('projected_test.csv', delimiter = ',')
32 X_test = df_test.drop(['subject', 'Activity'], axis = 1).values
33 label_np_test = df_test['Activity'].values
34
35 # -----
36 label_np_test = label_np_test.ravel()
37 y_test = le.fit_transform(label_np_test)
38
39 # =====
40 df_train_test = df_train.append(df_test)
41
42 # -----
43
44 pd.options.display.max_columns = 5
45 print(df_train_test.drop(['subject'], axis = 1).describe())
46 print()
47
48 # -----
49 plt.title("Distribusi_Label_(Aktivitas)")
50 ax = sns.countplot(x = "Activity", data = df_train_test)
51 ax.set_xticklabels(ax.get_xticklabels(), rotation = 20, ha="right")
52 plt.tight_layout()
53 plt.savefig('distribusi_label_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
54 plt.show()
55
56 # -----
57 neighbors = np.arange(1,31)
58 train_accuracy = np.empty(len(neighbors))
59 test_accuracy = np.empty(len(neighbors))
60
61 for i,k in enumerate(neighbors):
62     knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = k)
63     knn.fit(X_train, y_train)
64
65     #Compute accuracy on the training set
66     train_accuracy[i] = knn.score(X_train, y_train)
67     #Compute accuracy on the test set
68     test_accuracy[i] = knn.score(X_test, y_test)
69
70 # -----
71
72 plt.title('Akurasi_Model_KNN_Dataset_Aslি')
73 plt.plot(neighbors, test_accuracy, label = 'Akurasi_Test_Set')
74 plt.plot(neighbors, train_accuracy, label = 'Akurasi_Training_Set')
75 plt.legend()
76 plt.xlabel('Jumlah_Tetangga_(K)')
77 plt.ylabel('Akurasi')
78 plt.tight_layout()
79 plt.savefig('akurasi_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
80 plt.show()
81
82 # -----
83
84 print("Akurasi_setiap_K_pada_training_set_dataset_diacak:")
85 for i, accuracy in enumerate(train_accuracy):
86     print(str(i + 1) + ":" + str(accuracy))
87 print()
88
89 # -----
90
91 print("Akurasi_setiap_K_pada_test_set_dataset_diacak:")
92 for i, accuracy in enumerate(test_accuracy):
93     print(str(i + 1) + ":" + str(accuracy))
94 print()
95
96 # -----
97
98 print("Akurasi_setiap_K_pada_test_set_dataset_diacak:")
99 for i, accuracy in enumerate(test_accuracy):
100    print(str(i + 1) + ":" + str(accuracy))
101 print()
102
103 # -----
104
105 highest_test_accuracy = test_accuracy.max()
106 k_highest_test_accuracy = np.argmax(test_accuracy) + 1
107
108 print("K_terbaik_adalah_" + str(k_highest_test_accuracy) + "_dengan_akurasi_test_set_sebesar_" + str(highest_test_accuracy))
109 print()
110

```

```

111 # =====
112 start_time = time()
113
114 knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = k_highest_test_accuracy)
115 knn.fit(X_train, y_train)
116
117 print("----Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melatih_model_adalah_%s_detik----" % (time() - start_time))
118 print()
119
120 print("Akurasi_pada_model_KNN_yang_digunakan:" + str(knn.score(X_test, y_test)))
121 print()
122
123 #
124 # -----
125 start_time = time()
126
127 y_pred = knn.predict(X_test)
128
129 print("----Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melakukan_prediksi_adalah_%s_detik----" % (time() - start_time))
130 print()
131
132 plt.title('Dataset_Diacak')
133 sns.heatmap(confusion_matrix(y_pred, y_test), annot = True, annot_kws={"size": 16}, fmt='g')
134 plt.tight_layout()
135 plt.savefig('confusion_matrix_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
136 plt.show()
137
138 #
139 # =====

```

B.2 Pengujian Penambangan Data *Clustering*

Kode program untuk pengujian penambangan data *clustering* dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut.

B.2.1 *Random Rotation Perturbation*

Kode program untuk pengujian penambangan data *clustering* terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* dengan *dataset mall_customers* adalah sebagai berikut.

Listing B.3: kmeans_mall.py

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 import pandas as pd
4 import numpy as np
5
6 from sklearn.cluster import KMeans
7 from sklearn.metrics import silhouette_score
8
9 import matplotlib.pyplot as plt
10 plt.style.use('ggplot')
11
12 import plotly.graph_objs as go
13 from plotly.offline import plot
14
15 import seaborn as sns
16
17 from time import time
18
19 # =====
20
21 df = pd.read_csv('rotated_Mall_Customers.csv', delimiter = ',')
22 X = df[['Age', 'Annual_Income_(k$)', 'Spending_Score_(1-100)']].values
23
24 #
25
26 pd.options.display.max_columns = 10
27 print(df.describe())
28 print()
29
30 #
31
32 sns.pairplot(df, vars = df.columns[2:])
33 plt.tight_layout()
34 plt.savefig('pairplot_mall_customers_diacak.png', dpi=300)
35 plt.show()
36
37 #
38
39 plt.title("Heatmap_Korelasi_Antar_Variabel_Dataset_Diacak")
40 ax = sns.heatmap(df.corr(), annot = True, cmap = 'RdYlGn')
41 ax.set_xticklabels(ax.get_xticklabels(), rotation = 40, ha="right")
42 ax.set_yticklabels(ax.get_yticklabels(), rotation = 68, ha="right")
43 plt.tight_layout()
44 plt.savefig('heatmap_mall_customers_diacak.png', dpi=300)
45 plt.show()
46

```

```

47 # =====
48 kmax = 10
49
50 inertia = []
51 sil = []
52
53 for k in range(2, kmax + 1):
54     kmeans = KMeans(n_clusters = k).fit(X)
55     labels = kmeans.labels_
56
57     inertia.append(kmeans.inertia_)
58     sil.append(silhouette_score(X, labels, metric = 'euclidean'))
59
60 # -----
61
62 plt.title("Metode_Elbow_Dataset_Diacak")
63 plt.plot(range(2, kmax + 1), inertia, marker='o')
64 plt.xlabel('Jumlah_Cluster_(k)')
65 plt.ylabel('Sum_of_Squared_Error')
66 plt.tight_layout()
67 plt.savefig('elbow_mall_customers_diacak.png', dpi=300)
68 plt.show()
69
70 #
71 #
72 plt.title("Sillhoutte_Score_Dataset_Diacak")
73 plt.plot(range(2, kmax + 1), sil, marker='o')
74 plt.xlabel('Jumlah_Cluster_(k)')
75 plt.ylabel('Sillhoutte_Score')
76 plt.tight_layout()
77 plt.savefig('siluet_mall_customers_diacak.png', dpi=300)
78 plt.show()
79
80 #
81 #
82 print("Sillhoutte_Score_setiap_K:")
83 for i, score in enumerate(sil):
84     print(str(i + 2) + ":" + str(score))
85 print()
86
87 #
88 highest_sil = max(sil)
89 k_highest_sil = np.argmax(sil) + 2
90
91 print("K_terbaik_adalah_" + str(k_highest_sil) + "_dengan_Sillhoutte_Score_sebesar_" + str(highest_sil))
92 print()
93
94 # =====
95
96 start_time = time()
97
98 kmeans = KMeans(n_clusters = k_highest_sil).fit(X)
99
100 print("---_Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melatih_model_adalah_%s_detik---" % (time() - start_time))
101 print()
102
103 labels = kmeans.labels_
104 centroids = kmeans.cluster_centers_
105
106 #
107 df['label'] = labels
108
109 trace1 = go.Scatter3d(
110     x = df['Age'],
111     y = df['Spending_Score_(1-100)'],
112     z = df['Annual_Income_(k$)'],
113
114     mode = 'markers',
115
116     marker = dict(
117         color = df['label'],
118         size = 15,
119         line = dict(
120             color = df['label'],
121             width = 12
122         ),
123         opacity = 0.8
124     )
125 )
126
127 )
128
129 data = [trace1]
130
131 layout = go.Layout(
132     title= 'Clusters',
133     scene = dict(
134         xaxis = dict(title = 'Age'),
135         yaxis = dict(title = 'Spending_Score'),
136         zaxis = dict(title = 'Annual_Income')
137     )
138 )
139
140 fig = go.Figure(data=data, layout=layout)
141 plot(fig)
142
143 # =====

```

B.2.2 Random Projection Perturbation

Kode program untuk pengujian penambangan data *clustering* terhadap teknik *Random Projection Perturbation* dengan *dataset mobile_sensor* adalah sebagai berikut.

Listing B.4: kmeans_mobile_sensor.py

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 import pandas as pd
4 import numpy as np
5
6 from sklearn.cluster import KMeans
7 from sklearn.metrics import silhouette_score
8
9 import matplotlib.pyplot as plt
10 plt.style.use('ggplot')
11
12 import seaborn as sns
13
14 from time import time
15
16 # =====
17
18 df = pd.read_csv('projected_train.csv', delimiter = ',')
19 X = df.drop(['subject', 'Activity'], axis = 1).values
20
21 # -----
22 start_time = time()
23
24 from sklearn.decomposition import PCA
25 pca = PCA(n_components = 2)
26 X = pca.fit_transform(X)
27
28 print("--- Waktu yang dibutuhkan untuk PCA adalah %s detik ---" % (time() - start_time))
29 print()
30
31 # =====
32
33 print(df.describe())
34 print()
35
36 # -----
37
38 plt.title("Activities_Count")
39 ax = sns.countplot(x = "Activity", data = df)
40 ax.set_xticklabels(ax.get_xticklabels(), rotation = 20, ha="right")
41 plt.show()
42
43 #
44
45 df_pca = pd.DataFrame(X, columns = ['PCA_1', 'PCA_2']).join(df[["Activity"]])
46
47 plt.title("Dataset_Diacak")
48 sns.scatterplot(x = 'PCA_1', y = 'PCA_2', hue = "Activity", data = df_pca)
49 plt.legend(bbox_to_anchor=(1, 1))
50 plt.tight_layout()
51 plt.savefig('scatter_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
52 plt.show()
53
54 # =====
55
56 kmax = 10
57
58 inertia = []
59 sil = []
60
61 for k in range(2, kmax + 1):
62     kmeans = KMeans(n_clusters = k).fit(X)
63     labels = kmeans.labels_
64
65     inertia.append(kmeans.inertia_)
66     sil.append(silhouette_score(X, labels, metric = 'euclidean'))
67
68 #
69
70 plt.title("Metode_Elbow_Dataset_Diacak")
71 plt.plot(range(2, kmax + 1), inertia, marker='o')
72 plt.xlabel('Jumlah_Cluster_(k)')
73 plt.ylabel('Distortion')
74 plt.tight_layout()
75 plt.savefig('elbow_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
76 plt.show()
77
78 #
79
80 plt.title("Sillhoutte_Score_Dataset_Diacak")
81 plt.plot(range(2, kmax + 1), sil, marker='o')
82 plt.xlabel('Jumlah_Cluster_(k)')
83 plt.ylabel('Sillhoutte_Score')
84 plt.tight_layout()
85 plt.savefig('siluet_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
86 plt.show()
87
88 #
89

```

```

91 print("Sillhouette_Score_setiap_K:")
92 for i, score in enumerate(sil):
93     print(str(i + 2) + ":" + str(score))
94 print()
95 #
96 # -----
97
98 highest_sil = max(sil)
99 k_highest_sil = np.argmax(sil) + 2
100 print("K_terbaik_adalah_" + str(k_highest_sil) + "_dengan_Sillhouette_Score_sebesar_" + str(highest_sil))
101 print()
102
103 # =====
104 start_time = time()
105
106 kmeans = KMeans(n_clusters = k_highest_sil).fit(X)
107
108 print("---_Waktu_yang_dibutuhkan_untuk_melatih_model_adalah_%s_detik---" % (time() - start_time))
109 print()
110
111 labels = kmeans.labels_
112 centroids = kmeans.cluster_centers_
113
114 # -----
115
116 df_pca['Cluster'] = labels
117 df_pca['Cluster'] = df_pca['Cluster'].map({0: 'Bergerak', 1: 'Diam'})
118
119 plt.title("Hasil_Cluster_Dataset_Diacak")
120 sns.scatterplot(x = "PCA_1", y = "PCA_2", hue = "Cluster", data = df_pca)
121 plt.scatter(
122     centroids[:, 0],
123     centroids[:, 1],
124     s=250,
125     marker='*',
126     c='red',
127     edgecolor='black'
128 )
129 plt.tight_layout()
130 plt.savefig('cluster_mobile_sensor_diacak.png', dpi=300)
131 plt.show()
132
133 # =====
134
135 # =====

```

B.3 Pengujian Lainnya

Kode program untuk pengujian lainnya seperti pengujian jarak Euclidean dan *Adjusted Rand Index* adalah sebagai berikut.

Listing B.5: pengujian.py

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 # Dua baris dibawah adalah kode untuk menghitung ADJUSTED RAND INDEX
4 # variabel labels_asli dan labels_diacak perlu diambil dari hasil
5 # clustering yang sudah dilakukan. Tips: dapat menggunakan fitur copy/paste
6 # variabel pada perangkat lunak Spyder di tab Variable explorer
7
8 # from sklearn.metrics import adjusted_rand_score
9 # adjusted_rand_score(labels_asli, labels_diacak)
10
11
12 # Berikut adalah kode untuk menguji hasil Random Projection Perturbation
13 # apakah berada pada rentang jarak Euclidean yang benar
14 import pandas as pd
15
16 from scipy.spatial import distance
17 import sys
18
19 df_asli = pd.read_csv('train.csv', delimiter = ',')
20 df_projected = pd.read_csv('projected_train.csv', delimiter = ',')
21 asli = df_asli.drop(['subject', 'Activity'], axis = 1).values
22 projected = df_projected.drop(['subject', 'Activity'], axis = 1).values
23
24 eps = 0.52
25 for i in range(0, asli.shape[0]):
26     for j in range(i, asli.shape[0]):
27         d_asli = distance.euclidean(asli[i], asli[j])
28         d_projected = distance.euclidean(projected[i], projected[j])
29         if (1-eps) * d_asli**2 > d_projected**2 or d_projected**2 > (1+eps) * d_asli**2:
30             print("-----ERROR:" + str(i+1) + ":" + str(j+1) + ":" +
31                   str(d_asli) + " " + str(d_projected) + "-----")
32             sys.exit()
33         else:
34             print(str(i+1) + ":" + str(j+1) + ":" + str(d_asli) + " " + str(d_projected))
35
36 print("ok")
37
38
39 # Berikut adalah kode untuk menguji hasil Random Rotation Perturbation

```

```
41 # apakah mempunyai jarak Euclidean yang sama persis dengan aslinya
42 df_asli = pd.read_csv('Mall_Customers.csv', delimiter = ',')
43 asli = df_asli[['Age' , 'Annual_Income_(k$)' , 'Spending_Score_(1-100)']].values
44 df_rotated = pd.read_csv('rotated_Mall_Customers.csv', delimiter = ',')
45 rotated = df_rotated[['Age' , 'Annual_Income_(k$)' , 'Spending_Score_(1-100)']].values
46
47 for i in range(0, asli.shape[0]):
48     for j in range(i, asli.shape[0]):
49         d_asli = distance.euclidean(asli[i], asli[j])
50         d_rotated = distance.euclidean(rotated[i], rotated[j])
51         if round(d_asli, 2) != round(d_rotated, 2) and round(d_asli, 3) != round(d_rotated, 3):
52             print("-----ERROR: " + str(i+1) + ":" + str(j+1) + ":" + 
53                   str(d_asli) + "," + str(d_rotated) + "-----")
54             sys.exit()
55         else:
56             print(str(i+1) + ":" + str(j+1) + ":" + str(d_asli) + "," + str(d_rotated))
57
58 print("ok")
```