

BAB 1

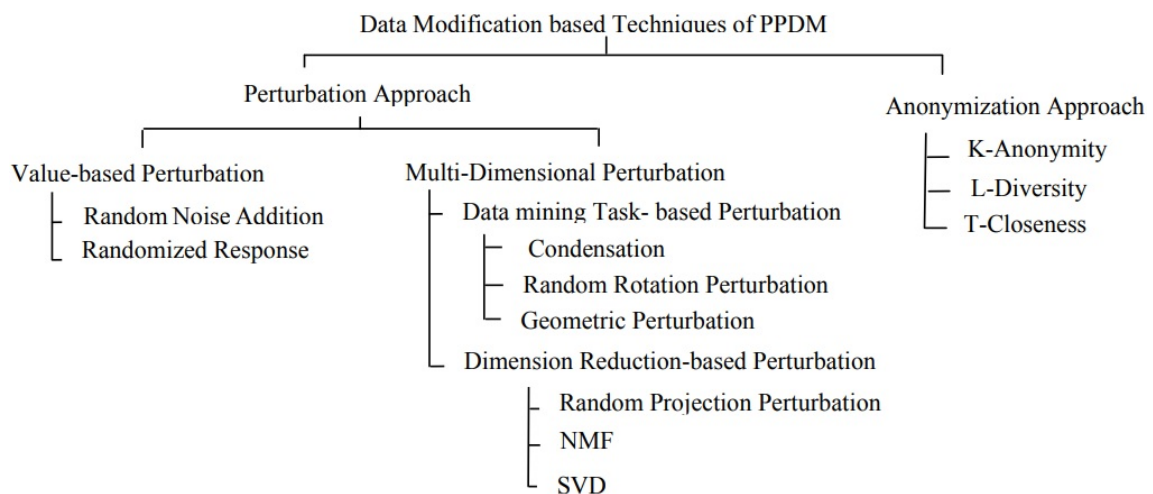
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan 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 tersebar pada proses penambangan data, menjaga privasi pada data tersebut. Istilah untuk hal tersebut adalah *privacy preserving data mining*.

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 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 ditambang. *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, akan 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.

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 dan mengukur hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. «TODO»

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet

odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

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 akan digunakan
4. Melakukan analisis terhadap teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* serta bagaimana penerapannya dengan teknik penambangan data yang akan 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 diproses untuk menganalisis hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*
9. Melakukan analisis dan pengujian untuk membandingkan dan mengukur hasil dari teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*
10. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil eksperiment 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, *Random Rotation Perturbation*, *Random Projection Perturbation*, *Random Rotation Perturbation*, dan teknik penambangan data.
- Bab 3 Analisis
Berisi analisis masalah, studi kasus, dan diagram aliran proses.
- Bab 4 Perancangan
Berisi perancangan perangkat lunak yang dibangun meliputi perancangan antarmuka dan diagram kelas yang lengkap.

- Bab 5 Implementasi dan Pengujian
Berisi implementasi antarmuka perangkat lunak, pengujian fungsional, pengujian eksperimental, 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 konkrit untuk menentukan data seperti apa yang menjadi privasi. Pada penambahan data, perlu ada teknik yang baik untuk menjaga privasi tidak tersebar kepada orang yang tidak berhak. Ada beberapa teknik untuk menjaga privasi pada penambahan data antara lain modifikasi data dengan metode randomisasi yaitu teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*

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 [1]. 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 [1]. 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 [3]. 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 *classification* dan *clustering*. Subbab berikutnya akan menjelaskan secara singkat kedua teknik tersebut dan contoh algoritmanya.

2.2.1 Classification

Tujuan utama *Classification* (klasifikasi) adalah membuat model yang dalam kasus ini disebut *classifier* yang mana dapat mengidentifikasi nilai kelas dari suatu data [3]. 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 akan 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 akan dijelaskan teknik *K-nearest Neighbors* saja.

Teknik *K-nearest Neighbors* adalah teknik penambahan data klasifikasi yang mencari label terbanyak pada sejumlah tetangga terdekatnya. Teknik ini bergantung pada jarak Euclidean antara titik yang mana adalah data yang akan diprediksi dengan tetangga-tetangganya. Setiap record pada data dipetakan ke bidang Euclidean dengan beberapa atribut yang menentukan letaknya pada bidang Euclidean [4].

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

2.2.2 Clustering

Clustering adalah proses mengelompokkan 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 [3].

Salah satu contoh teknik *clustering* adalah *K-means*. Teknik *k-means* adalah adalah teknik penambahan 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*. [4]

1. Tentukan nilai 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 tiap 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 tiap fitur seluruh data pada kluster tersebut

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 [5]. 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 [5]. *Perturbation Approach* adalah pendekatan untuk *privacy preserving data mining* dengan cara mengacaukan data yang ada, tetapi hasil data yang dikacaukan masih tetap dapat ditambang. Sedangkan pada *Anonymization Approach*, data diterapkan de-identifikasi di mana dataset mentah disebarluaskan setelah menghapus inti dari identitas setiap record [5].

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 akurasi sama baiknya dengan tanpa menerapkan teknik *Perturbation Approach*. Setiap teknik penambangan data memakai properti yang berbeda-beda pada data yang ditambang. Oleh karena itu, properti yang terjaga pun sebaiknya berdasarkan properti yang digunakan pada teknik penambangan data yang digunakan [6]. Pada saat ini, teknik modifikasi data yang ada sering kali mempunyai perbedaan pada properti-properti yang terjaga. Teknik-teknik modifikasi data tertentu sering kali mempunyai 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 randomisasi umumnya menerapkan perusakan nilai pada data. Salah satu teknik yang pertama kali menggunakan metode randomisasi untuk *privacy preserving data mining* adalah teknik *Random Noise Addition* yang dikemukakan oleh Agrawal dan Srikant pada paper berikut [7]. Teknik *Random Noise Addition* ini dilakukan dengan cara menambahkan nilai random (*noise*) pada data. Nilai random tersebut diambil dari sebuah distribusi. Untuk menambang 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 pun perlu dilakukan agar teknik *Random Noise Addition* ini dapat digunakan dan mendapatkan hasil penambangan data yang hampir sama dengan tanpa menggunakan teknik *Random Noise Addition*.

Setelah teknik *Random Noise Addition* ditemukan, berbagai macam teknik lain pun 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 teknik-teknik randomisasi 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 dan privasi pun terjaga. Masing-masing dari dua teknik tersebut akan dijelaskan lebih detail pada subbab-subbab berikutnya.

2.4.1 *Random Noise Addition* [7]

Ide utama dari teknik *Random Noise Addition* 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 mempunyai nilai yang berbeda untuk setiap nilai pada data.

Dengan teknik *Random Noise Addition*, dari 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 Gambar 2.1.

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 pun 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

-
- ```

(1) $f_X^0 := \text{Uniform distribution}$
(2) $j := 0$ // Iteration number
 repeat
(3) $f_X^{j+1}(a) := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_Y(w_i - a) f_X^j(a)}{\int_{-\infty}^{\infty} f_Y(w_i - z) f_X^j(z) dz}$
(4) $j := j + 1$
 until (stopping criterion met)

```
- 

Gambar 2.1: Algoritma rekonstruksi

menyesuaikan dengan teknik *Random Noise Addition*. Masalah mengenai algoritma yang dapat digunakan pun menjadi perhatian karena teknik *Random Noise Addition* hanya dapat digunakan untuk algoritma yang bergantung pada distribusi saja sedangkan teknik randomisasi lain tidak menjaga distribusi pada data. Ada juga penelitian yang mengatakan bahwa teknik *Random Noise Addition* ini mempunyai 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 pun tidak akan digunakan untuk diuji kualitas hasilnya. Teknik *Random Projection Perturbation* akan digunakan untuk menggantikan teknik *Random Noise Addition*.

#### 2.4.2 *Random Rotation Perturbation*

Ide utama dari teknik *Random Rotation Perturbation* adalah jika data direpresentasikan sebagai matrix  $X_{n \times d}$ , *rotation perturbation* dari dataset  $X$  didefinisikan sebagai berikut.

$$G(X) = X_{n \times d} R_{d \times d} \quad (2.1)$$

Dimana  $R_{d \times d}$  adalah *random rotation matrix*. *Random rotation matrix* berukuran  $d$  dimensi dapat dibuat dengan cara membuat matriks *special orthogonal* acak karena matriks rotasi mempunyai sifat *special orthogonal*. Matriks *special orthogonal* adalah matriks yang mempunyai 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 [8]. Dari definisi di atas dapat disimpulkan transformasi rotasi tersebut menjaga jarak Euclidean [6].

Teknik ini menjaga beberapa properti pada data antara lain yaitu jarak Euclidean, *inner product*, dan *geometric shape hyper* pada bidang multi-dimensi [5]. 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* [6]. 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 mempunyai 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 dan properti

lainnya pun terjaga dan hasil penambahan data pun tetap sama.

### 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*. [9]

**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  $x, y \in S$ ,  $(1 - \epsilon)s||u - v||^2 < ||p(u) - p(v)||^2 < (1 + \epsilon)s||u - v||^2$ , where  $||\cdot||$  denotes the vector 2-norm.*

Inti dari Lemma ini menunjukkan bahwa titik pada bidang Euclidean  $d$ -dimensi dapat diproyeksikan ke bidang Euclidean berdimensi lebih kecil dari  $d$ , sedemikian rupa sehingga jarak antara dua titik tetap konsisten dengan *error* yang terkontrol tetapi dengan syarat  $d$  harus cukup besar. Oleh karena adanya *error* yang muncul, properti-properti pada data pun relatif sedikit berubah dan hal ini menyebabkan akurasi pada model yang dibuat dengan data tersebut berkurang dibandingkan data aslinya. [10]

*Projection perturbation* dari dataset  $X$  didefinisikan sebagai berikut. [10]

$$G(X) = X_{n \times d} R_{d \times k} \quad (2.2)$$

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  $d$  akan menjadi dimensi matriks. Oleh karena yang ingin dilakukan adalah reduksi dimensi maka  $k$  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 akan dibuat kemungkinan berkurang drastis. Cara menanggulangi hal tersebut adalah menggunakan matriks *orthogonal* sebagai *random projection matrix*. Tetapi membuat matriks *orthogonal* yang berdimensi tinggi mempunyai 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*”. Dapat disimpulkan bahwa dalam kasus matriks berdimensi tinggi apabila sebuah matriks dihasilkan secara acak mengikuti suatu distribusi, matriks tersebut akan 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.

$$k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n \quad (2.3)$$

Sebuah matriks yang akan diproyeksikan ke dimensi yang lebih kecil akan memiliki nilai *error* pada jarak Euclidean yang dimiliki oleh titik-titik (setiap elemen dari matriks) pada bidang Euclidean tersebut. Nilai *error* tersebut ditentukan oleh variabel  $\epsilon$ , yang mana  $\epsilon$  menjadi ukuran seberapa baik proyeksi dilakukan. Semakin kecil nilai  $\epsilon$  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  $\epsilon$  ( $\epsilon s$ ) yang ditentukan berada pada rentang  $[0, 1]$ .

$$(1 - \epsilon s)||u - v||^2 < ||p(u) - p(v)||^2 < (1 + \epsilon s)||u - v||^2 \quad (2.4)$$

Pada hasil proyeksi, jarak Euclidean antara suatu titik dengan suatu titik lainnya dapat dipastikan berada pada rentang tersebut dan tidak akan melebihi *error* yang ditentukan.

## BAB 3

### ANALISIS

Privasi yang perlu dijaga antara lain mengenai identitas seseorang atau hal yang dapat dikaitkan terhadap identitas seseorang. Pada data yang digunakan untuk penambangan data sangat banyak sekali data privasi tersebut sehingga perlu adanya cara untuk menjaga privasi tersebut. Metode randomisasi dapat digunakan untuk menghilangkan privasi pada data tetapi masih dapat dilakukan penambangan data. Metode yang dipilih untuk diimplementasikan adalah teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Tetapi ada kekurangan pada kedua teknik tersebut. kekurangan tersebut adalah nilai setiap fitur yang ada pada data harus bersifat numerik dan kedua teknik tersebut hanya menjaga jarak Euclidean sehingga hanya teknik penambangan data yang bergantung pada jarak Euclidean saja yang dapat digunakan.

#### 3.1 *Random Rotation Perturbation*

Seperti yang telah dijelaskan di bab 2, ide dari teknik *Random Rotation Perturbation* adalah merotasi seluruh data yang direpresentasikan sebagai titik pada bidang Euclidean sehingga jarak antara titik-titik yang ada tidak berubah walaupun nilai tiap titik berubah secara drastis. Berikut akan ditunjukkan algoritma dan studi kasus yang telah dilakukan pada teknik *Random Rotation Perturbation*.

##### 3.1.1 Algoritma

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

1. Dataset yang mempunyai 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 keperluan transformasi translasi, 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
6. Buatlah *random rotation matrix* dengan membuat matriks *orthogonal* acak. Matriks *orthogonal* mempunyai 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 *random rotation matrix* yang telah dibuat pada langkah keenam

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  |

8. Hasil matriks yang telah dirotasi sudah dapat langsung digunakan untuk penambahan data

### 3.1.2 Studi Kasus

Untuk lebih memahami bagaimana cara kerja teknik *Random Rotation Perturbation*, studi kasus dilakukan pada dataset *iris*, tetapi untuk memudahkan perhitungan pada studi kasus ini data yang dipakai hanya sebagian kecil saja dari seluruh data pada dataset *iris*. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dataset *iris* adalah dataset yang berisi data tentang korelasi antara ukuran bunga dengan spesiesnya. Dataset ini mempunyai empat buah fitur dan satu buah label. Fitur-fitur pada dataset *iris* adalah kolom *sepal\_length*, *sepal\_width*, *petal\_length*, dan *petal\_width*. Label pada dataset *iris* adalah kolom *species*

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

1. Fitur-fitur pada dataset tersebut yang berbentuk tabel akan direpresentasikan sebagai matriks. Labelnya tidak diikutsertakan

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

2. Membuat matriks translasi yang diambil mengikuti distribusi uniform dengan rentang [0,100] dengan dimensi sesuai dimensi matriks dataset

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 71.35281261 & 93.96479736 & 77.16763568 & 27.88189356 & 1 \end{bmatrix}_{5 \times 5}$$

3. Untuk keperluan translasi, matriks dataset ditambahkan sebuah kolom dengan nilai 1 pada

setiap barisnya

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

4. Dilakukan transformasi translasi dengan matriks translasi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya dengan cara mengkalikan matriks dataset dengan matriks translasi

$$\begin{bmatrix} 5.1 & 3.5 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 4.9 & 3 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 4.7 & 3.2 & 1.3 & 0.2 & 1 \\ 4.6 & 3.1 & 1.5 & 0.2 & 1 \\ 5 & 3.6 & 1.4 & 0.2 & 1 \\ 5.4 & 3.9 & 1.7 & 0.4 & 1 \\ 4.6 & 3.4 & 1.4 & 0.3 & 1 \\ 5 & 3.4 & 1.5 & 0.2 & 1 \\ 4.4 & 2.9 & 1.4 & 0.2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 71.35281261 & 93.96479736 & 77.16763568 & 27.88189356 & 1 \end{bmatrix}$$

5. Berikut adalah hasil translasi pada matriks dataset

$$\begin{bmatrix} 76.45281261 & 97.46479736 & 78.56763568 & 28.08189356 & 1 \\ 76.25281261 & 96.96479736 & 78.56763568 & 28.08189356 & 1 \\ 76.05281261 & 97.16479736 & 78.46763568 & 28.08189356 & 1 \\ 75.95281261 & 97.06479736 & 78.66763568 & 28.08189356 & 1 \\ 76.35281261 & 97.56479736 & 78.56763568 & 28.08189356 & 1 \\ 76.75281261 & 97.86479736 & 78.86763568 & 28.28189356 & 1 \\ 75.95281261 & 97.36479736 & 78.56763568 & 28.18189356 & 1 \\ 76.35281261 & 97.36479736 & 78.66763568 & 28.08189356 & 1 \\ 75.75281261 & 96.86479736 & 78.56763568 & 28.08189356 & 1 \end{bmatrix}_{9 \times 5}$$

6. Berikutnya matriks rotasi dibuat dengan cara membuat matriks spesial orthogonal yang berdimensi sesuai dimensi matriks dataset. Matriks rotasi berikut dibuat dengan *library* Scipy pada bahasa pemrograman Python

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

7. Dilakukan transformasi rotasi dengan matriks rotasi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya dengan cara mengkalikan matriks dataset dengan matriks rotasi
8. Berikut adalah hasil rotasi pada matriks dataset. Hasil teknik *Random Rotation Perturbation*



pada dataset *iris* ini sudah dapat langsung digunakan untuk dilakukan penambahan data

$$\begin{bmatrix} -70.13483265 & 20.05005561 & 4.11528068 & 130.26146931 \\ -69.8246321 & 19.83726437 & 3.85425381 & 129.97799007 \\ -69.80455936 & 20.11346248 & 3.95103051 & 129.91517319 \\ -69.75103816 & 20.12538172 & 3.71327762 & 129.93678284 \\ -70.13369505 & 20.19121015 & 4.12214059 & 130.25626898 \\ -70.34841122 & 20.14113559 & 4.16552936 & 130.83029591 \\ -69.78963253 & 20.33201179 & 3.93670924 & 130.06284949 \\ -70.06351391 & 20.05586388 & 3.96058467 & 130.23066274 \\ -69.55500808 & 20.11866536 & 3.65305621 & 129.71792106 \end{bmatrix}_{9 \times 4}$$

## 3.2 Random Projection Perturbation

Ide dari teknik *Random Projection Perturbation* seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 adalah mereduksi dimensi dataset sehingga nilai pada setiap kolom akan berubah bahkan kolomnya akan berkurang yang mengakibatkan kolom-kolom yang ada tidak bisa diketahui kolom tersebut adalah kolom apa. Berikut akan ditunjukkan algoritma dan studi kasus yang telah dilakukan pada teknik *Random Projection Perturbation*.

### 3.2.1 Algoritma

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

1. Dataset yang mempunyai atribut sebanyak  $d$  dan rekord sebanyak  $n$  direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran  $n \times d$
2. Tentukan nilai  $\epsilon$  (eps) yang diinginkan dan berada pada rentang  $[0, 1]$
3. Hitung nilai  $k$  (dimensi minimal) dengan rumus berikut  $k \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln n$
4. Tentukan nilai  $k$  yang diinginkan atau tentukan secara acak dengan syarat pada langkah ketiga terpenuhi dan  $k$  harus lebih kecil dari  $d$
5. Buatlah matriks proyeksi dengan cara membuat matriks acak yang diambil mengikuti distribusi normal dengan rata-rata bernilai 0 dan standar deviasi bernilai  $1/\sqrt{k}$  berdimensi  $d \times k$
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 penambahan data

### 3.2.2 Studi Kasus

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

1. Fitur-fitur pada dataset tersebut yang berbentuk tabel akan direpresentasikan sebagai matriks. Labelnya tidak diikutsertakan

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

2. Ditentukan nilai  $\epsilon$  (eps) yang diinginkan adalah 0.5
3. Nilai  $k$  (dimensi minimal) dihitung dengan rumus berikut

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

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

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

6. Dilakukan proyeksi dengan cara mengkalikan matriks dataset dengan matriks proyeksi yang

telah dibuat pada langkah sebelumnya

$$\begin{bmatrix} 5.1 & 3.5 & 1.4 & 0.2 \\ 4.9 & 3 & 1.4 & 0.2 \\ 4.7 & 3.2 & 1.3 & 0.2 \\ 4.6 & 3.1 & 1.5 & 0.2 \\ 5 & 3.6 & 1.4 & 0.2 \\ 5.4 & 3.9 & 1.7 & 0.4 \\ 4.6 & 3.4 & 1.4 & 0.3 \\ 5 & 3.4 & 1.5 & 0.2 \\ 4.4 & 2.9 & 1.4 & 0.2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.11483014 & -0.10167359 & 0.06652355 \\ 0.0638684 & -0.1499892 & 0.10146435 \\ -0.10429573 & 0.03839861 & 0.04955419 \\ -0.0315941 & -0.06905021 & -0.17782438 \end{bmatrix}$$

7. Berikut adalah hasil matriks yang telah diproyeksi. Hasil dari teknik *Random Projection Perturbation* pada dataset *iris* ini sudah dapat langsung digunakan untuk dilakukan penambahan data

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

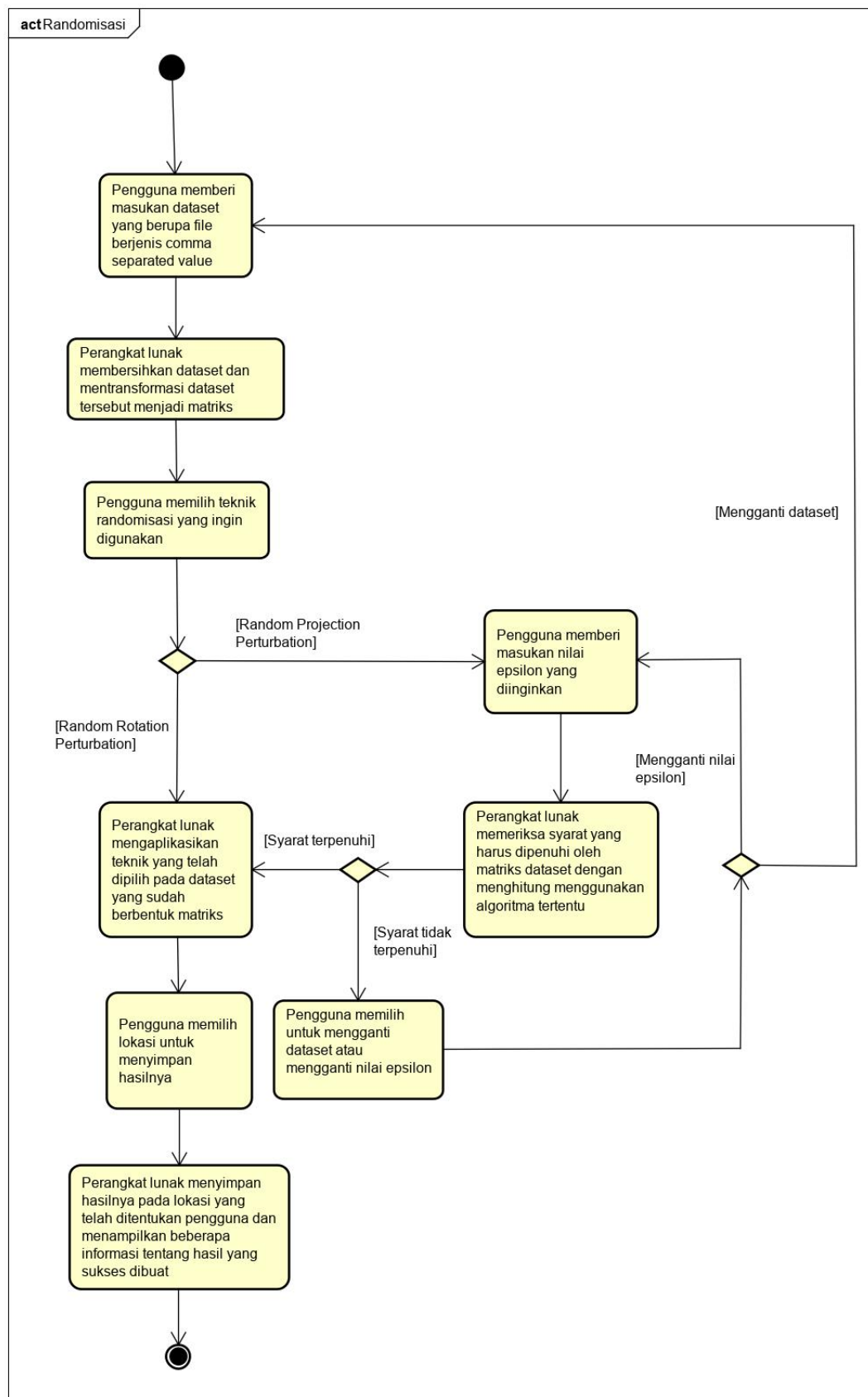
### 3.3 Perangkat Lunak

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi pada implementasi perangkat lunak seperti alur, masukan, keluaran, dan antarmuka perangkat lunak. Hal-hal tersebut harus disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan dibuatnya perangkat lunak ini. Oleh karena itu, perlu adanya perancangan terlebih dahulu untuk menjadi gambaran bagaimana perangkat lunak yang akan dibuat akan berfungsi. Pada subbab ini akan ditunjukkan gambaran singkat perancangan perangkat lunak yang akan dibuat berupa diagram aktivitas dan diagram kelas.

#### 3.3.1 Diagram Aktivitas

Perangkat lunak randomisasi adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodifikasi data dengan metode randomisasi. Perangkat lunak ini akan memiliki fungsi untuk mengubah nilai setiap data yang dimasukan agar privasinya terjaga tetapi masih dapat dilakukan penambahan data. Algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation* akan diimplementasikan pada perangkat lunak ini untuk fungsi utama yaitu mengubah nilai pada setiap data. Dengan mempertimbangkan studi literatur, analisis masalah, dan studi kasus yang telah dilakukan pada kedua teknik tersebut, perangkat lunak akan memiliki berbagai pilihan dan parameter yang pengguna harus masukan dan juga ada beberapa persyaratan atau batasan agar perangkat lunak ini berjalan dengan semestinya. Diagram aktivitas untuk perangkat lunak randomisasi dapat dilihat pada Gambar 3.1. Detail dari diagram aktivitas tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pengguna memberikan masukan berupa dataset yang berupa file berjenis *comma-separated values* (CSV). File ini harus berisi tiap record pada barisnya dan tiap fitur pada kolomnya. Adanya nama kolom diperbolehkan pada baris pertama dalam file tersebut
2. Perangkat lunak akan membersihkan file yang berisi dataset tersebut dan mentransformasi datasetnya menjadi sebuah matriks. Matriks tersebut akan berisi nilai-nilai pada dataset saja



Gambar 3.1: Diagram aktivitas perangkat lunak randomisasi

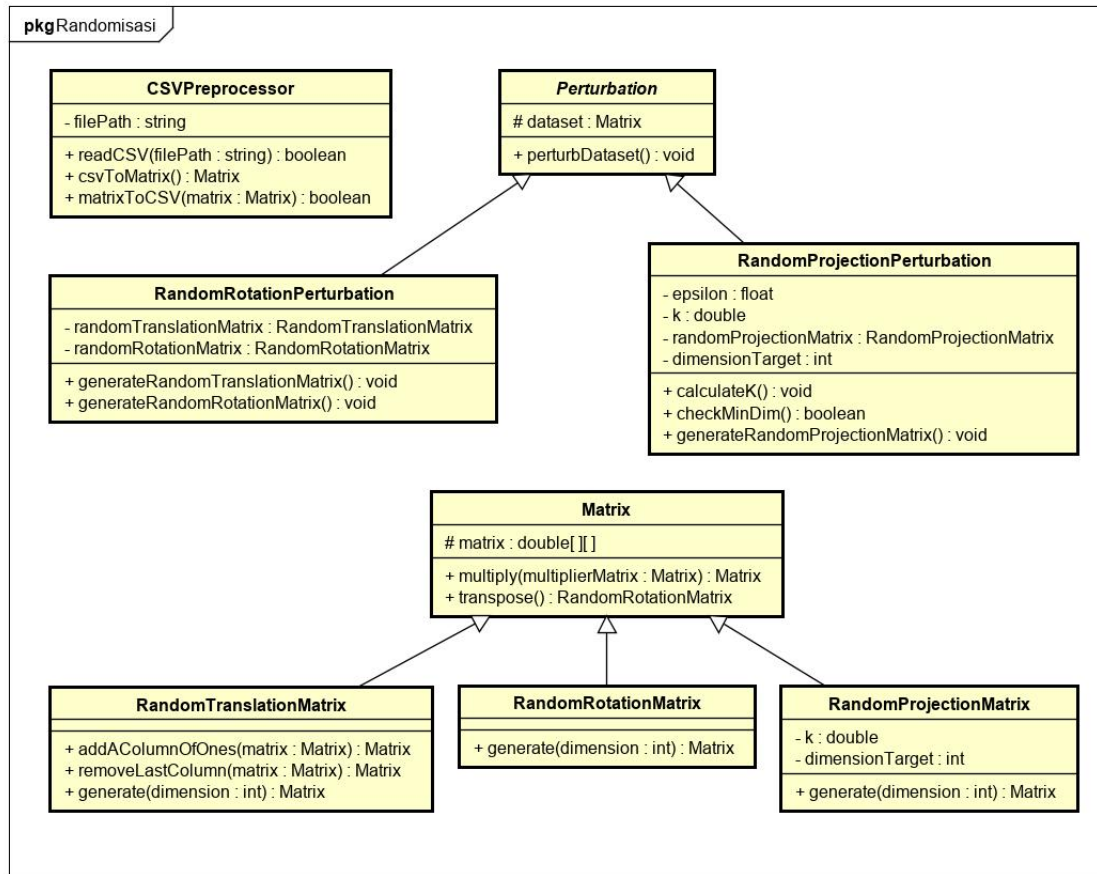
tanpa nama kolom

3. Pengguna memilih teknik randomisasi 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 epsilon yang diinginkan
  - (b) Perangkat lunak memeriksa syarat yang harus dipenuhi oleh matriks dataset dengan menghitung menggunakan algoritma tertentu. Pengecekan ini adalah pengecekan jumlah kolom pada matriks dataset apakah cukup untuk matriks tersebut direduksi dimensinya. Jika syarat terpenuhi maka langkah selanjutnya adalah perangkat lunak mengaplikasikan teknik yang dipilih
  - (c) Jika syarat tidak terpenuhi maka pengguna harus memilih untuk mengganti datasetnya atau mengganti nilai epsilon
4. Perangkat lunak mengaplikasikan teknik yang telah dipilih pada dataset yang sudah berbentuk matriks
5. Pengguna memilih lokasi pada komputer pengguna untuk menyimpan hasil dari teknik yang dipilih. Hasilnya adalah sebuah file CSV yang berisi dataset yang sudah diaplikasikan teknik randomisasi
6. Perangkat lunak menyimpan hasilnya pada lokasi yang telah ditentukan pengguna 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 randomisasi yang ingin diimplementasikan. Detail dari diagram kelas perangkat lunak randomisasi pada Gambar 3.2 adalah sebagai berikut.

- Kelas *Perturbation* adalah kelas abstrak yang akan di-*extend* oleh kelas yang mengimplementasikan algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*
- Kelas *RandomRotationPerturbation* adalah kelas yang mengimplementasikan algoritma *Random Rotation Perturbation*. Kelas ini merupakan *subclass* dari kelas *Perturbation*
- Kelas *RandomProjectionPerturbation* adalah kelas yang mengimplementasikan algoritma *Random Projection Perturbation*. Kelas ini merupakan *subclass* dari kelas *Perturbation*
- Kelas *Matrix* adalah kelas untuk merepresentasikan matriks dan menyimpan nilai-nilai pada setiap elemen matriks. Kelas ini juga memiliki fungsi perkalian yang akan digunakan untuk implementasi algoritma *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*
- Kelas *RandomTranslationMatrix* adalah kelas untuk membuat matriks translasi acak. Kelas ini adalah *subclass* dari kelas *Matrix*
- Kelas *RandomRotationMatrix* adalah kelas untuk membuat matriks rotasi acak. Kelas ini adalah *subclass* dari kelas *Matrix*
- Kelas *RandomProjectionMatrix* adalah kelas untuk membuat matriks proyeksi acak. Kelas ini adalah *subclass* dari kelas *Matrix*



Gambar 3.2: Diagram kelas perangkat lunak randomisasi

- Kelas *CSVPreprocessor* adalah kelas untuk menangani masukan dataset berupa file CSV yang akan direpresentasikan menjadi matriks. Kelas ini berguna untuk mengkonversi file CSV menjadi matriks dan sebaliknya.





## BAB 4

### PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

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

#### 4.1 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka yang dibuat disesuaikan dengan diagram kelas dan diagram aktivitas yang dibuat sesuai analisis perangkat lunak dilakukan. Perangkat lunak randomisasi akan memiliki 3 halaman antarmuka yang diimplementasikan dengan desain antarmuka tabs. Rancangan antarmuka halaman utama dapat dilihat pada Gambar 4.1, halaman ini akan berisi pesan selamat datang berupa deskripsi singkat perangkat lunak beserta cara kerjanya dan petunjuk singkat cara penggunaan perangkat lunak. Pada bagian atas antarmuka terdapat sebuah kolom untuk memasukkan file csv yang ingin dirandomisasi. Pertama-tama pengguna wajib untuk mengisi kolom tersebut apapun teknik randomisasi yang akan digunakan nanti.

Setelah pengguna memasukkan file yang diinginkan, perangkat lunak akan menampilkan berbagai informasi mengenai dataset yang ada di file tersebut seperti ukuran filenya, nama filenya, dan jumlah kolom. Deskripsi ini bertujuan untuk memberitahukan pengguna bahwa file yang dimasukkan telah benar dan bagaimana sifat dari dataset yang dimasukkan.

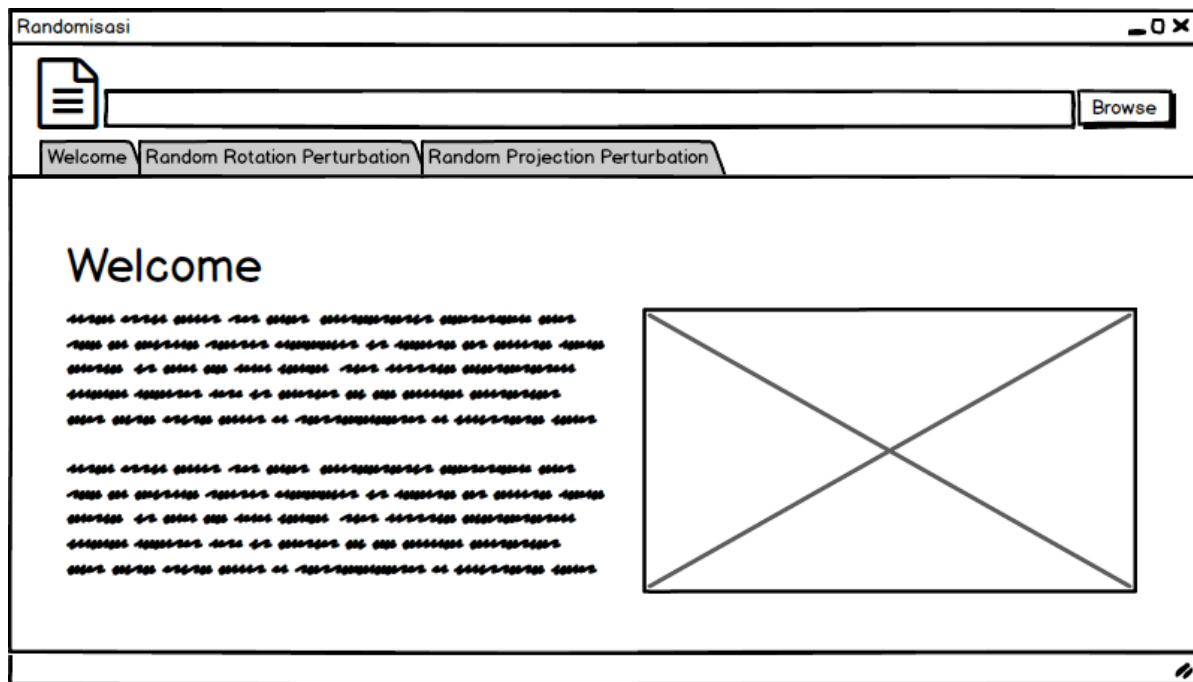
##### 4.1.1 Halaman *Random Rotation Perturbation*

Halaman ini memiliki fungsi untuk melakukan teknik *Random Rotation Perturbation*. Setelah user memasukkan file yang diinginkan pada kolom yang berada pada bagian atas antarmuka, pengguna baru bisa mengakses halaman ini. Pada halaman ini terdapat berbagai informasi dataset yang dimasukkan dan hasil dari randomisasi jika berhasil dilakukan, serta pengaturan apa saja fitur yang akan dirandomisasi pada dataset yang pengguna masukkan. Rancangan dari halaman ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.

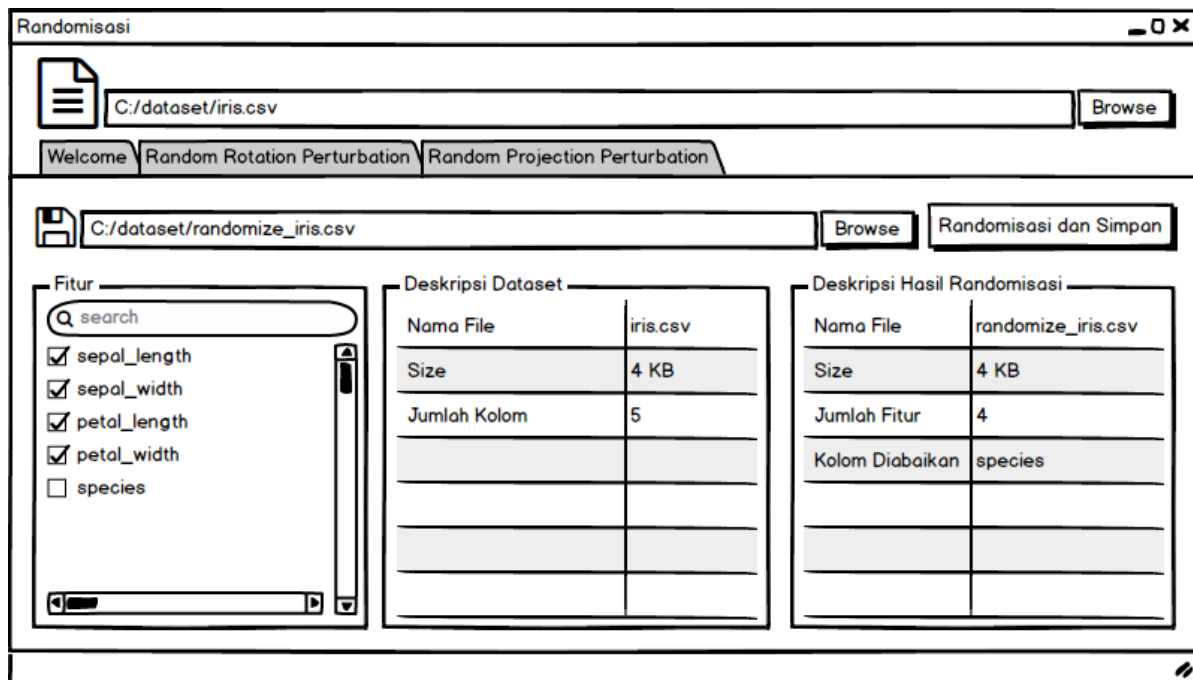
Sebelum melakukan randomisasi, pengguna perlu memeriksa fitur mana saja yang ingin dirandomisasi karena bisa saja pada dataset tersebut ada kolom yang berupa label. Perangkat lunak akan menyimpan hasil randomisasi pada file dataset pengguna yang telah diubah nilainya dan perangkat lunak akan menyimpan file tersebut di suatu lokasi yang pengguna harus tentukan. Pengguna bisa menentukan lokasi file hasil randomisasi pada kolom yang terdapat di sebelah kanan ikon simpan dan sebelah kiri tombol “Randomisasi dan Simpan”.

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

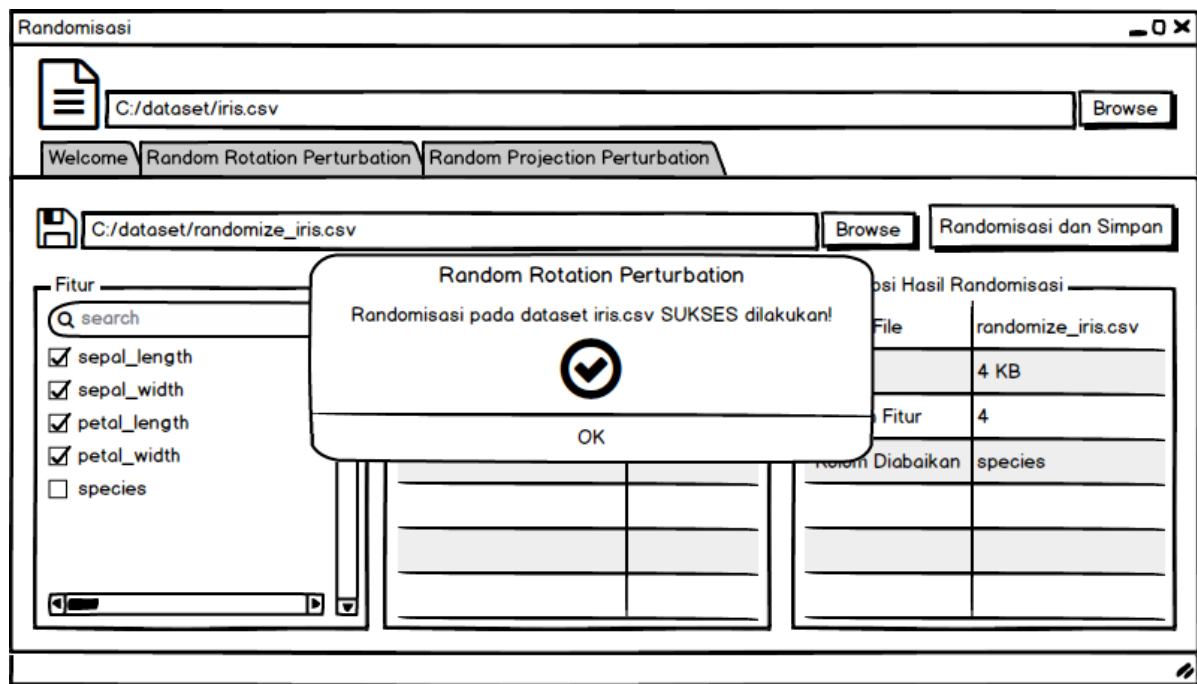
Perangkat lunak akan menampilkan deskripsi hasil dari randomisasi yang dilakukan. Informasi



Gambar 4.1: Halaman utama yang berisi petunjuk cara penggunaan perangkat lunak



Gambar 4.2: Halaman untuk melakukan teknik *Random Rotation Perturbation*



Gambar 4.3: *Popup* yang ditampilkan apabila randomisasi sukses dilakukan

yang ditampilkan oleh perangkat lunak antara lain nama file, ukuran file, jumlah fitur, dan kolom yang diabaikan. Informasi ini ditampilkan oleh perangkat lunak bertujuan untuk memberitahukan pengguna properti-properti dataset yang telah dirandomisasi dan pengguna dapat memeriksa hasil yang dihasilkan oleh perangkat lunak apakah sesuai dengan keinginan pengguna.

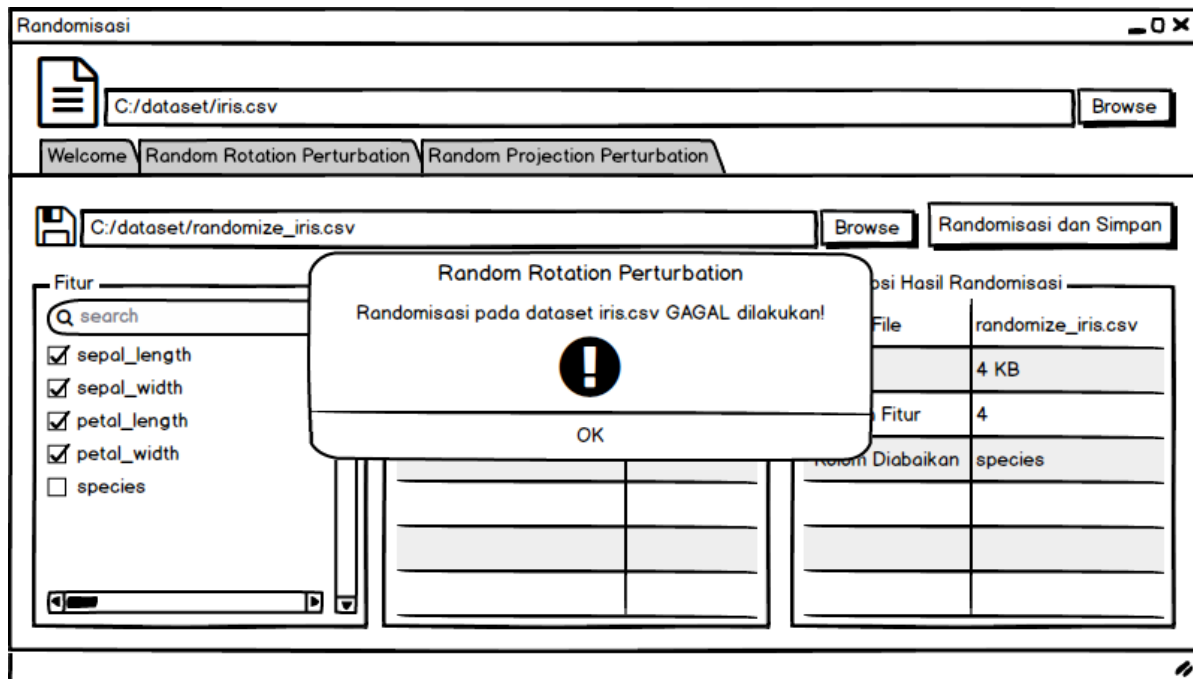
Apabila ada masalah-masalah tertentu dan randomisasi gagal dilakukan, maka perangkat lunak akan memberitahukan bahwa randomisasi telah gagal dilakukan dengan menampilkan *popup* yang berisi peringatan bahwa randomisasi gagal dilakukan. Hasil randomisasi tidak akan terbuat dan perangkat lunak tidak akan menampilkan informasi apapun tentang hasil randomisasi. *Popup* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4.

#### 4.1.2 Halaman *Random Projection Perturbation*

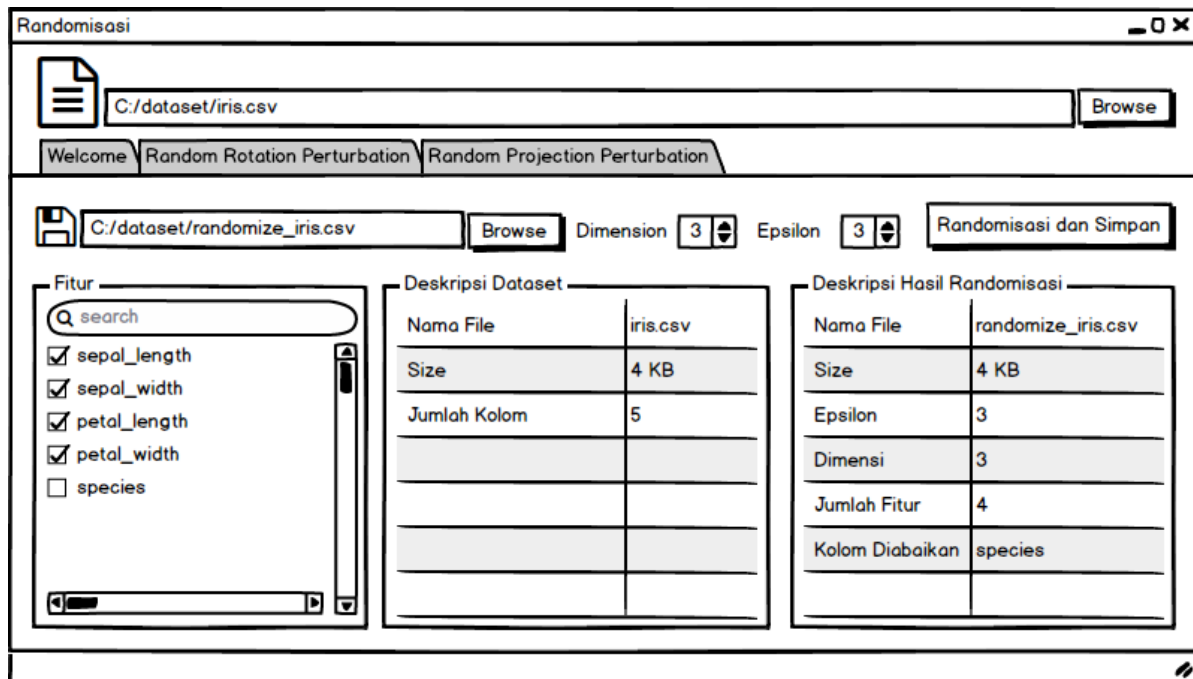
Halaman ini memiliki fungsi untuk melakukan teknik *Random Projection Perturbation*. Rancangan dari halaman ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Sebelum pengguna melakukan randomisasi, pengguna harus mengatur beberapa pengaturan yang ada. Sama seperti halnya pada halaman *Random Rotation Perturbation*, pengguna perlu menentukan lokasi penyimpanan hasil randomisasi yang akan dilakukan dan kolom apa saja pada dataset yang menjadi fitur. Pada bagian pemilihan fitur pada dataset, perangkat lunak mempunyai fitur kolom pencarian untuk mencari fitur pada dataset secara mudah dengan mengetikkan nama fitur yang diinginkan.

Selain itu, pada halaman ini yang khusus untuk teknik *Random Projection Perturbation* pengguna harus menentukan dimensi yang diinginkan dan nilai epsilon. Setelah pengaturan-pengaturan tersebut diatur, pengguna dapat melakukan randomisasi menggunakan teknik *Random Projection Perturbation* dengan menekan tombol “Randomisasi dan Simpan”, perangkat lunak akan melakukan randomisasi dan menyimpan hasil randomisasi di lokasi yang telah pengguna tentukan.

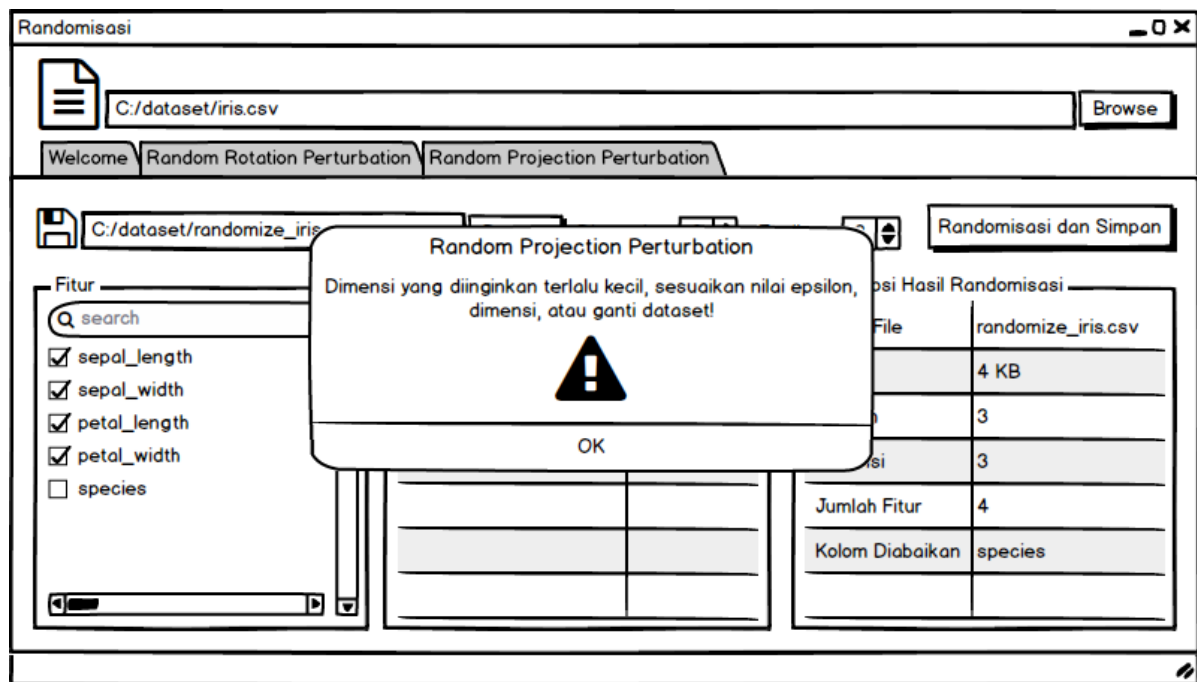
Pada teknik *Random Projection Perturbation*, ada persyaratan yang harus dipenuhi mengenai dimensi akhir yang diinginkan dan nilai epsilon. Kedua nilai tersebut perlu sesuai dengan dataset yang ada sehingga pengguna tidak bisa sembarangan menentukan dimensi dan nilai epsilon. Perangkat lunak akan membuat aturan mengenai minimal dimensi yang bisa digunakan sehingga pengguna tidak bisa memasukkan dimensi yang lebih kecil dari minimal yang telah ditentukan. Minimal dimensi ini bergantung pada banyaknya baris pada dataset dan nilai epsilon seperti yang



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



Gambar 4.5: Halaman untuk melakukan teknik *Random Projection Perturbation*



Gambar 4.6: *Popup* yang akan ditampilkan apabila syarat pada dataset tidak terpenuhi

telah dijelaskan pada bagian analisis bab 3.

Apabila randomisasi berhasil dilakukan, maka perangkat lunak akan menampilkan beberapa deskripsi tentang hasil randomisasi yang berhasil dilakukan seperti nama file hasil randomisasi, ukuran file, nilai epsilon yang dipakai, jumlah dimensi pada hasil randomisasi, dan kolom-kolom apa saja yang diabaikan. Perangkat lunak juga akan menyimpan hasil randomisasi yang telah dilakukan dalam bentuk file csv di lokasi yang telah ditentukan sebelumnya oleh pengguna.

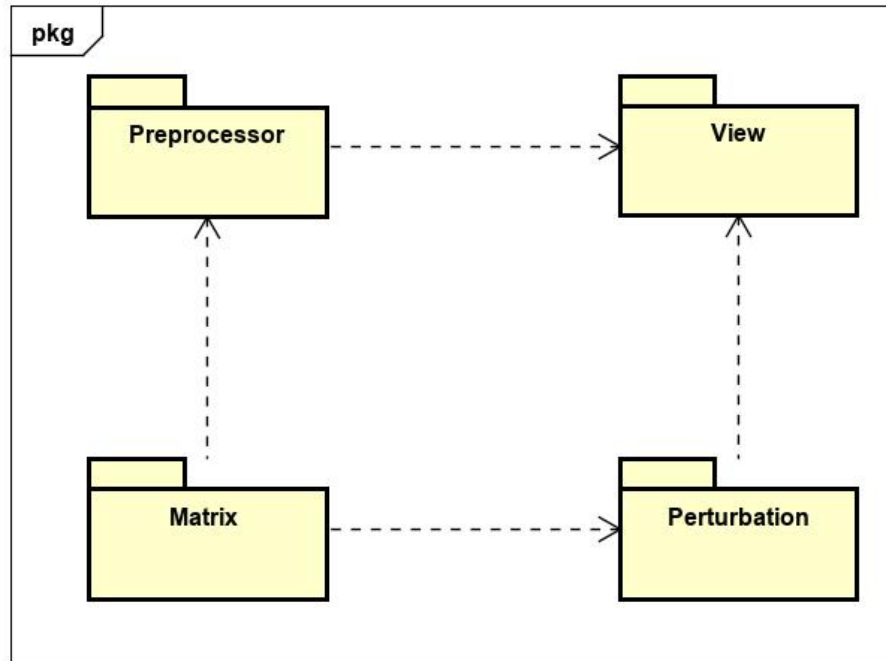
Oleh karena adanya persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengguna untuk melakukan randomisasi dengan teknik *Random Projection Perturbation*, maka randomisasi bisa saja gagal dilakukan karena persyaratan yang ada tidak dipenuhi oleh pengguna. Persyaratan yang disebutkan adalah persyaratan jumlah dimensi 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 4.6.

## 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 akan dibuat pada penelitian ini akan berorientasi objek sehingga perlu adanya perancangan kelas-kelas yang akan dibuat. Pada bab subbab ini akan dijelaskan perancangan kelas perangkat lunak dan apa saja kegunaannya.

### 4.2.1 Diagram *Package*

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

Gambar 4.7: Diagram *package* perangkat lunak

### ***Package Perturbation***

*Package Perturbation* merupakan *package* yang menangani implementasi algoritma dari teknik randomisasi yang dipakai pada penelitian ini yaitu *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Kedua algoritma ini masing-masing akan menjadi sebuah kelas terpisah dan memiliki fungsinya masing-masing. Kedua kelas ini akan berada di dalam *package Perturbation*. Satu kelas lagi akan ada di dalam *package* ini yang berperan sebagai kelas *super* bersifat abstrak untuk kedua kelas lainnya.

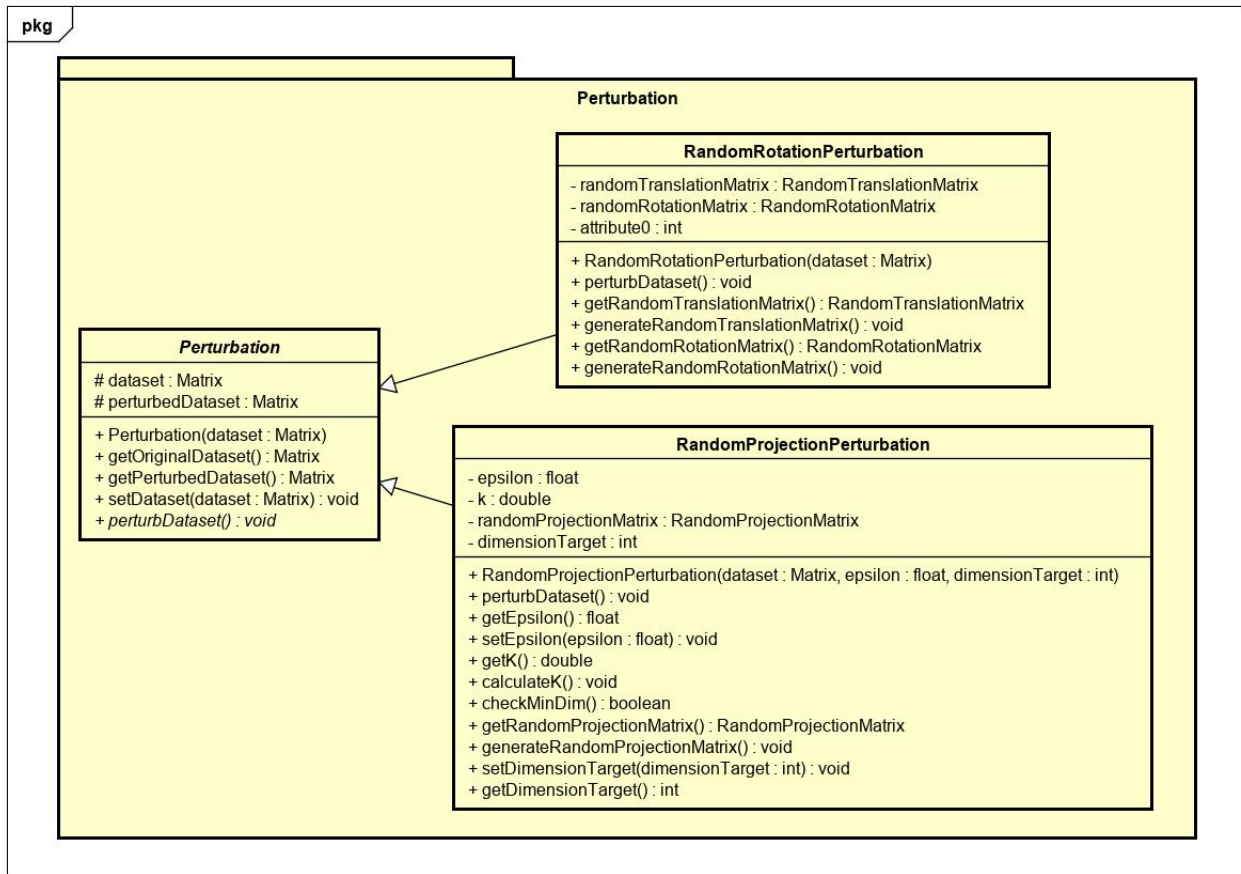
Dalam penerapan algoritma teknik yang dipakai, *package* ini membutuhkan komponen atau fungsi lain untuk membuat algoritma yang diimplementasikan bekerja. Fungsi yang dibutuhkan antara lain adalah membuat matriks dengan sifat tertentu. Oleh karena itu *package Perturbation* membutuhkan *package Matrix* untuk membantu dalam pembuatan matriks yang khusus digunakan pada algoritma. *Package Matrix* akan dijelaskan setelah ini.

### ***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 akan dipakai untuk implementasi algoritma pada *package Perturbation* yang diimplementasikan menjadi tiga buah kelas. *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 perangkat lunak. Tentunya masukan yang diberikan pengguna kepada perangkat lunak tidak bisa langsung diolah begitu saja. Perlu adanya pengolahan terlebih dahulu sebelum masukan yang

Gambar 4.8: Diagram kelas pada *package* perturbation

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 akan dirandomisasi. Pengguna perlu mengikuti syarat masukan seperti apa yang dapat menjadi masukan perangkat lunak pada penelitian ini. Pada penelitian ini, perangkat lunak dirancang untuk hanya menerima file berjenis *comma-separated values*. Oleh karena itu, *package preprocessor* ini memiliki sebuah fungsi untuk mengolah masukan berupa file berjenis *comma-separated values* menjadi struktur data matriks dengan menggunakan *package Matrix*.

### Package View

*Package View* merupakan *package* yang menangani bagian antarmuka pada perangkat lunak di penelitian ini. Antarmuka perangkat lunak akan diimplementasikan menggunakan *framework* antarmuka berbasis bahasa pemrograman Python yang bernama Kivy «TODO: KASIH FOOTNOTE DISINI UNTUK KIVY». *Package* ini akan 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 implementasi algoritma teknik *Random Rotation Perturbation* dan *Random Projection Perturbation*. Ketiga kelas tersebut adalah *Perturbation*, *RandomRotationPerturbation*, dan *RandomProjectionPerturbation* yang akan dijelaskan secara detail pada subbab ini.



### Kelas *Perturbation*

Kelas *Perturbation* berperan sebagai kelas abstrak yang akan 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 akan dijelaskan secara rinci tiap atribut dan fungsi pada kelas ini.

- a
- a
- a
- a

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Oliveira, S. R. M. dan Zaiane, O. R. (2004) Towards standardization in privacy-preserving data mining. *ACM SIGKDD 3rd Workshop on Data Mining Standards*, **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] MENDES, R. dan VILELA, J. P. (2017) Privacy-preserving data mining: Methods, metrics, and applications. *IEEE Access*, **5**, 10562–10582.
- [4] Han, J., Kamber, M., dan Pei, J. (2012) *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd edition. Morgan Kaufmann, Waltham.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Agrawal, R. dan Srikant, R. (2000) Privacy preserving data mining. *In Proceedings of the ACM SIGMOD*, **3**, 439–450.
- [8] 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.
- [9] Johnson, W. B. dan Lindenstrauss, J. (1984) Extensions of lipschitz mappings into a hilbert space. *Contemporary Mathematics*, **26**, 189–206.
- [10] 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.