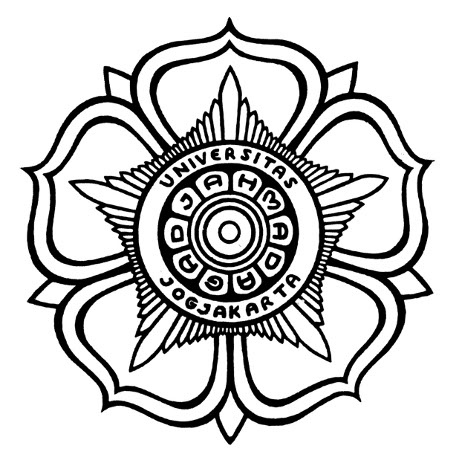
skripsi

Aplikasi *statistical learning* untuk menentukan hubungan parameter *electrospinning* dengan serat nano Polietilen TEReftalat

***applied statistical learning for determining relationships between electrospinning parameters and polyethylene terephtalate nanofiber***



muhammad kevin alrahmanto

19/445592/pa/19416

PROGRAM STUDI Fisika

DEPARTEMEN Fisika

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2023

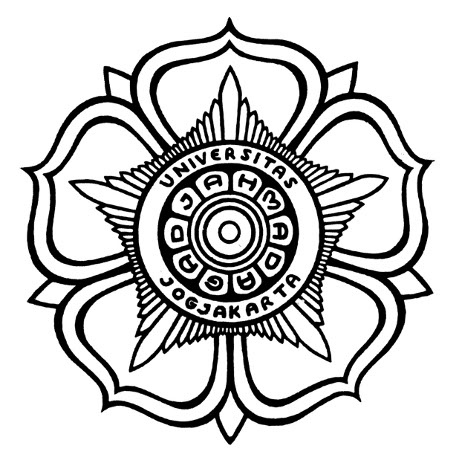
skripsi

Aplikasi *statistical learning* untuk memodelkan hubungan parameter *electrospinning* dengan diameter serat nano Polietilen TEReftalat

***APPLIED STATISTICAL LEARNING FOR MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTROSPINNING PARAMETERS AND POLYETHYLENE TEREPHTALATE NANOFIBER***

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat

Sarjana Sains Ilmu Fisika



muhammad kevin alrahmanto

19/445592/pa/19416

PROGRAM STUDI Fisika

DEPARTEMEN Fisika

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

Konsep dan Pemodelan Berorientasi-Aspek Menggunakan UMLdalam AspectJ

Telah dipersiapkan dan disusun oleh

Muhammad kevin alrahmanto

19/445592/pa/19416

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

pada tanggal <masukan tanggal ujian>

Susunan Tim Penguji

|  |  |
| --- | --- |
| <Masukan nama penguji> | <Masukan nama penguji> |
| <Masukan posisi Dosen> | <Masukan posisi Dosen> |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Prof. Yusril Yusuf, S.Si., M.Si., M.Eng., D.Eng. | <Masukan nama Penguji> |
| <Masukan posisi Dosen> | <Masukan posisi Dosen> |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | <Masukan nama Penguji> |
|  | <Masukan posisi Dosen> |
|  |  |
|  |  |

prakata

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta petunjuk-Nya sehingga tugas akhir berupa penyusunan skripsi ini telah terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan arahan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Subanar selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.
2. Prof. Dr. Dra. Sri Wahyuni, M.S. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.
3. Drs. G.P. Dalijo. Dipl.Comp. selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.
4. Drs. Sri Mulyana, M.Kom selaku Dosen Wali Akademik penulis.
5. Drs. Yohanes Suyanto, M.Kom selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, dan pikiran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Nur Rokhman, S.Si, M.Kom dan Aina Musdholifah, S.Si selaku tim penguji.
7. Segenap Dosen dan civitas akademik di lingkungan Program Studi Ilmu Komputer, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.
8. Kedua Orang Tua, kakak dan adik yang selalu memberikan arahan selama belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, terutama bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta perkembangan Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.

Yogyakarta, <Tanggal, bulan, tahun>

Penulis

DAFTAR ISI

prakata iv

Intisari viii

ABSTRACT ix

Bab I  
contoh judul bab 10

1.1 Contoh Judul Sub Bab 10

1.2 Contoh Sub Bab Berikutnya 10

1.3 Beberapa Contoh Cara Penyajian 11

1.4 Cara Melakukan Sitasi Dan Menyusun Daftar Pustaka Secara Otomatis 13

bab II  
masukan judul bab 15

2.1 Contoh Judul Sub Bab 15

2.2 Contoh Sub Bab Berikutnya 15

2.3 Beberapa Contoh Cara Penyajian 16

2.4 Contoh Berubah Ke Bentuk Halaman Landscape 19

2.5 Contoh Berubah Kembali Ke Bentuk Halaman Portrait 20

bab II  
masukan judul bab 15

3.1 Contoh Judul Sub Bab 15

2.2 Contoh Sub Bab Berikutnya 15

2.3 Beberapa Contoh Cara Penyajian 16

2.4 Contoh Berubah Ke Bentuk Halaman Landscape 19

2.5 Contoh Berubah Kembali Ke Bentuk Halaman Portrait 20

bab II  
masukan judul bab 15

3.1 Contoh Judul Sub Bab 15

2.2 Contoh Sub Bab Berikutnya 15

2.3 Beberapa Contoh Cara Penyajian 16

2.4 Contoh Berubah Ke Bentuk Halaman Landscape 19

2.5 Contoh Berubah Kembali Ke Bentuk Halaman Portrait 20

Lampiran A   
Source code 22

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Contoh keterangan tabel 11

Tabel 1.2 Contoh keterangan tabel berikutnya 11

Tabel 2.1 Contoh keterangan tabel 16

Tabel 2.2 Contoh tabel bentuk lebar 19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh keterangan gambar 12

Gambar 1.2 Contoh keterangan gambar berikutnya 12

Gambar 2.1 Contoh keterangan gambar 16

Gambar 2.2 Contoh keterangan gambar berikutnya 17

Intisari

Konsep dan Pemodelan Berorientasi-Aspek Menggunakan UMLdalam AspectJ

M. Lukluk

98/123919/PA/07519

Contoh untuk Intisari. Pada umumnya sistem perangkat lunak terdiri dari beberapa *concern*, premis dari masalah ini adalah sebaran *concern*, di mana kebutuhan rancangan tertentu cenderung memotong-melintasi grup inti fungsional modul. Teknik orientasi-objek yang menerapkan *concern* tersebut cenderung menghasilkan kode yang tersebar, daya baca yang sulit, serta susah untuk dikembangkan. Metodologi baru, *aspect-oriented programming* (AOP), memberikan fasilitas modularisasi pemotong-lintasan/*cross-cutting concern*. Dengan menggunakan AOP, terdapat cara untuk membuat penerapan sistem yang lebih mudah untuk dirancang, dipahami, dan dipelihara. Lebih jauh lagi, AOP menjanjikan produktivitas yang lebih tinggi, peningkatan kualitas, dan kemampuan lebih baik untuk menambahkan *feature* baru.

Contoh paragraf kedua. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek. Aspect Oriented Design Model (AODM), sebagai sebuah model perancangan baru pada pengembangan program dalam AspectJ, hanya memperluas konsep-konsep UML (Unified Modeling Language) yang telah ada dengan menggunakan mekanisme perluasan UML untuk memberikan konsep orientasi-aspek yang ada di dalam AspectJ. AODM menyediakan spesikasi model rancangan orientasi-aspek untuk ditransformasikan menjadi model rancangan UML biasa.

ABSTRACT

Aspect-Oriented Concepts and UML Modeling on AspectJ

M. Lukluk

98/123919/PA/07519

Example of Abstract. Most software systems consist several concerns, the premise of such thing is separation of concerns, where certain design requirements tend to cut across group of core functional modules. Object-oriented techniques for implementing such concerns result in systems that are invasive to implement, tough to understand, and difficult to evolve. The new aspect-oriented programming (AOP) methodology facilities modularization of crosscutting concerns. Using AOP, there is a way to create implementations that are easier to design, understand, and maintain. Further, AOP promises higher productivity, improved quality, and better ability to implement newer features.

Second paragraf. AspectJ is a well-established programming language that is widely used to implement aspect-oriented programs in Java. However, there is no modeling language available for the design aspect oriented programs in AspectJ. Aspect Oriented Design Model (AODM), as a new design model for development of AspectJ programs, extends existing UML (Unified Modeling Language) concepts using standard UML extension mechanisms to provide aspect-oriented concepts as in AspectJ. The AODM species how an aspect-oriented design model maybe transformed into an ordinary UML design model.

1. Bab I  
   PENDAHULUAN
   1. Latar Belakang

*Electrospinning* (ES) adalah teknik nanoteknologi yang dapat menghasilkan serat berskala nano dari larutan polimer dengan karakteristik yang menjanjikan, seperti rasio luas permukaan terhadap volume yang besar, struktur 3D yang berpori, dan sifat mekanik yang kuat (Xue *et al.* 2019). Karena karakteristik tersebut, ES telah dipilih oleh banyak peneliti untuk membuat membran yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi, seperti filtrasi, biomedis, dan sensor (Haider *et al*. 2018 & Xue *et al*., 2019). Proses ES telah dibahas secara rinci dalam berbagai literatur. Secara singkat, proses ES terdiri atas larutan polimer yang disimpan dalam alat pompa yang terhubung ke elektroda jarum. Elektroda jarum dihubungkan dengan tegangan tinggi yang diletakkan pada jarak tertentu dengan elektroda kolektor. Tegangan tinggi menyebabkan aksi timbal balik antara gaya elektrostatik muatan-muatan pada larutan ES dengan gaya tegangan permukaan larutan ES. Hubungan timbal balik tersebut menyebabkan larutan ES membentuk struktur kerucut di ujung jarum yang disebut sebagai kerucut Taylor (Bhardwaj & Kundu, 2010). Kemudian, larutan tersebut terus mengalami pemanjangan hingga akhirnya sampai di elektroda kolektor. Selama pemanjangan tersebut, sebagian pelarut teruapkan sehingga akan dihasilkan serat dalam bentuk padatan.

Karakteristik serat nano seperti rata-rata diameter serat dan bentuk serat yang halus (tanpa struktur manik) merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian membran serat nano (de Oliveira Santos *et al.,* 2019). Efek diameter serat nano dan kehalusan serat berkaitan erat dengan kristalinitas, kekuatan sifat mekanis, dan orientasi serat (Afshari & Ojhay, 2016). Beberapa sifat larutan polimer dan parameter proses dapat disesuaikan untuk mengontrol karakteristik serat nano. Parameter ini dapat dibagi menjadi tiga kelompok: parameter larutan polimer (antara lain konsentrasi, konduktivitas, derajat polimerisasi, jenis pelarut, viskositas); parameter pemrosesan (antara lain nilai tegangan, laju aliran, jarak antara jarum dengan kolektor, bentuk elektroda kolektor); dan parameter lingkungan (antara lain suhu, kelembaban) (Li & Xia, 2004; Haider *et al.,*2018; Xue *et al*., 2019; Islam *et al*., 2019; Ibrahim & Klingner, 2020).

Saling ketergantungan dari banyak parameter ES menyebabkan kesulitan dalam memahami hubungan parameter ES dengan serat nano yang dihasilkan. Pemodelan ES secara teoritis (*theory-driven)* melalui simulasi komputer persamaan-persamaan fisika telah dilaporkan untuk menjelaskan proses ES ( Lu *et al*., 2006; Smółka *et al*., 2017; Guo et al., 2021). Selain pembuatan model komputasi dengan pendekatan teoritis, pembuatan model dengan pendekatan pembelajaran data (*data-driven*) melalui perangkat lunak statistika juga telah menarik banyak perhatian para peneliti ilmu material. Model *data-driven* dinilai lebih menjanjikan untuk mempercepat penelitian dibandingkan dengan model *theory-driven*. Dalam pengertian ini, pendekatan model *data-driven* lebih murah secara komputasi (tidak membutuhkan pemrograman komputer yang kompleks) dibandingkan model *theory-driven* (Himanen *et al*., 2019; Hiemer & Zapperi, 2021). Model *data-driven* tidak menjelaskan persamaan fisika yang menghubungkan parameter ES dengan serat nano yang dihasilkan, melainkan menjelaskan hubungan antara variabel masukan (variabel bebas) berupa parameter ES dengan variabel keluaran (variabel terikat) berupa karakteristik serat yang dihasilkan.

Pendekatan *data-driven* dapat dilakukan dengan *statistical learning*. *Statistical learning* mengacu pada seperangkat alat untuk memahami kumpulan data. *Statistical learning* merupakan gabungan statistika dengan ilmu komputer, khususnya *machine learning.* Berbeda dengan kebanyakan algoritma *machine learning*, *statistical learning* tidak dipandang sebagai serangkaian mesin kotak hitam yang hanya berfokus pada hasil prediksi. *Statistical learning* lebih menekankan pada interpretabilitas model dan ketidakpastian hasil.

Teknik *statistical learning* seperti regresi linear telah digunakan untuk memahami proses ES untuk berbagai macam polimer, seperti polisakarida (Kong & Ziegler, 2013), poli(stirena-co-akrilonitril) (Senthil & Anandhan, 2015), dan poli(laktat-co-glikolat) (Abdelhady *et al.,* 2022). Regresi linear mudah diinterpretasi karena modelnya yang bersifat aditif, sehingga mudah untuk memisahkan efek variabel masukan (Jiao *et al*., 2020). Regresi linear tidak hanya digunakan untuk model yang linear, tetapi juga dapat diperluas untuk data yang tidak menunjukkan hubungan linear dengan menambahkan suku polinomial atau suku interaksi sebagai variabel masukan (Kuhn & Johnson, 2019). Teknik *statistical learning* lainnya seperti regresi logistik juga telah banyak digunakan untuk menganalisis data di bidang ilmu material (Shimono *et al*., 2018; Pérez *et al*., 2018; Zou *et al*., 2021). Regresi logistik digunakan ketika variabel keluaran berupa data diskrit tetapi variabel masukan berupa data kontinu. Secara sederhana, regresi logistik adalah regresi linier tetapi untuk masalah klasifikasi (Bruce *et al.,* 2020).

Pembuatan membran serat nano dengan ES dapat dilakukan untuk kebanyakan polimer sintetik (Esmaeili *et al*., 2017). Salah satu polimer sintetik yang digunakan sebagai larutan polimer untuk ES adalah polietilena tereftalat (PET). PET adalah polimer poliester dengan sifat tahanan kimia yang baik, yaitu tidak dapat terurai secara hayati dan sulit bereaksi dengan bahan organik. PET juga memiliki sifat mekanik yang unggul dan tahan terhadap berbagai macam kondisi cuaca. Tidak hanya itu, PET sebagai polimer termoplastik mudah di daur ulang. Sifat-sifat tersebut telah menjadikan PET sebagai bahan yang berpotensi untuk membentuk membran serat nano (Esmaeili *et al*., 2017).

Pembuatan membran serat nano dengan bahan polimer PET-termasuk PET daur ulang-telah diselidiki oleh banyak peneliti. Banyak dari penelitian menggunakan sistem dua pelarut asam trifluoroasetat (TFA) dan diklorometana (DCM) untuk melarutkan PET. Sistem dua pelarut TFA/DCM dipilih karena dapat melarutkan PET secara sempurna (Veleirinho *et al*., 2008). Rasio pelarut TFA/DCM yang digunakan sebagai larutan polimer PET memiliki nilai yang berbeda-beda di setiap hasil penelitian. Tidak hanya rasio TFA/DCM, ditemukan juga perbedaan parameter proses ES yang digunakan dalam banyak penelitian membran serat nano PET. Perbedaan parameter ES di setiap penelitian menyebabkan perbedaan hasil karakteristik serat nano. Oleh karena itu, menentukan hubungan parameter ES dengan hasil serat akhir tidak bisa dilakukan dengan hanya bergantung pada satu penelitian. Untuk mendapatkan simpulan umum hubungan parameter ES dengan hasil serat akhir, maka perlu dilakukan *statistical learning* dengan menggunakan data yang diperoleh dari setiap hasil penelitian yang ada. *Statistical learning* yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linear dan regresi logistik. Regresi linear untuk menganalisis hubungan parameter ES dengan diameter serat dan regresi logistik untuk mengukur hubungan probabilitas parameter ES dengan kualitas serat (halus atau bermanik).

* 1. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menggunakan *statistical learning* untuk mendapatkan simpulan umum hubungan parameter ES dengan karakteristik serat nano PET berdasarkan data penelitian yang dipublikasi?
2. Apa simpulan umum hubungan parameter ES dengan karakteristik serat nano PET berdasarkan data penelitian yang dipublikasi?
   1. Tujuan Penelitian
3. Menggunakan *statistical learning* untuk mendapatkan simpulan umum hubungan parameter ES dengan karakteristik serat nano PET berdasarkan data penelitian yang dipublikasi.
4. Menentukan simpulan umum hubungan parameter ES dengan karakteristik serat nano PET berdasarkan data penelitian yang dipublikasi.
   1. Tinjauan Pustaka
      1. Parameter *Electospinning*

Teknik ES adalah teknik yang tidak sederhana, sejumlah parameter harus dirancang sedemikian rupa agar dihasilkan serat yang halus tanpa struktur manik (Gambar 1). Ada tiga parameter ES yang mempengaruhi kualitas serat nano: parameter larutan, parameter pemrosesan, dan parameter lingkungan. Ibrahim & Klingner (2020), Xue *et al.* (2019), Haider *et al*. (2018), dan Li & Xia (2004), telah mengulas parameter ES yang mempengaruhi kualitas serat yang diringkas dalam tabel 1.1.

A picture containing text

Description automatically generated

**Gambar 1.** Serat halus (kiri) dan serat dengan struktur manik (kanan) (Kim *et al*., 2020).

**Tabel 1.1** Parameter *electrospinning*.

|  |  |
| --- | --- |
| Parameter | Efek/pengamatan |
| **Parameter larutan** | |
| Konsentrasi | Konsentrasi yang sangat rendah dapat membentuk struktur manik |
| Diameter serat berbanding lurus dengan konsentrasi larutan |
| Berat molekul | Berat molekul yang besar menghasilkan serat yang lebih besar |
| Lebih banyak pembentukan manik-manik pada berat molekul rendah |
| Konduktivitas | Serat yang lebih tipis terbentuk dengan meningkatnya konduktivitas |
| Viskositas | Diameter serat berbanding lurus dengan viskositas |
| Jenis Pelarut | Serat halus dihasilkan dengan pelarut yang volatil |
| Pembentukan jet lebih sulit terjadi untuk pelarut dengan titik didih yang sangat rendah (sangat volatil) |
| Tegangan permukaan | Tegangan permukaan yang rendah menghasilkan serat yang halus dan seragam pada medan listrik yang rendah |
| **Parameter pemrosesan** | |
| Tegangan yang diberikan | Umumnya diameter serat berkurang dengan meningkatnya tegangan yang diberikan |
| Jarak jarum dengan kolektor | Jarak yang terlalu jauh atau terlalu dekat akan menghasilkan struktur manik |
| Laju aliran/*flow rate* | Laju aliran yang sangat tinggi menghasilkan struktur manik sedangkan laju aliran yang sangat rendah tidak dapat menghasilkan serat secara kontinyu |
| Laju aliran pada umumnya di bawah 1 mL / jam |
| Kolektor | Ketebalan membran serat yang lebih seragam dapat diperoleh dengan menggunakan drum berputar |
| **Parameter lingkungan** | |
| Kelembaban | Kelembaban tinggi dapat meningkatkan porositas serat |
|  | kelembaban tinggi menurunkan laju penguapan yang mengarah pada pembentukan struktur serat yang tidak seragam |
| Suhu | Peningkatan suhu menyebabkan penurunan diameter serat |

* + 1. Aplikasi *Statistical Learning* untuk *Electrospinning*

*Statistical learning* memerlukan variabel masukan dan variabel keluaran untuk mempelajari data. Berikut di bawah ini adalah Tabel (1.2) yang menyajikan variabel masukan dan variabel keluaran yang telah dipilih oleh beberapa peneliti untuk mempelajari hubungan parameter ES dengan karakteristik serat nano.

Tabel 1.2. Aplikasi *Statistical Learning* untuk *electrospinning*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Polimer | Variabel Masukan | Variabel Keluaran | Sumber |
| poli(laktat-co-glikolat) | Konsentrasi, tegangan, jarak jarum dengan kolektor, sudut antara jarum dengan kolektor | Rata-rata diameter serat | Abdelhady *et al.,* 2022 |
| Campuran PET /Polivinilpirolidon | Konsentrasi, tegangan, jarak jarum dengan kolektor, berat molekul, dan laju aliran | Rata-rata diameter serat | Salehi Shahrabi *et al*., 2018 |
| Polisakarida | Konsentrasi, tegangan, jarak jarum dengan kolektor, dan laju aliran | Rata-rata diameter serat | Kong & Ziegler, 2013 |
| poli(stirena-co-akrilonitril) | Konsentrasi, tegangan, dan laju aliran | Rata-rata diameter serat | Senthil & Anandhan, 2015 |
| Asam Polilaktat | Konsentrasi, tegangan, laju aliran, dan kelembaban | Rata-rata diameter serat | Patra *et al*., 2010 |

* 1. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara manual dari berbagai literatur yang dipublikasi di Google Cendekia. Literatur dipilih secara terbatas untuk penelitian ES yang menggunakan PET sebagai larutan polimer. Upaya dilakukan untuk memperoleh data sebanyak mungkin, meskipun telah ditemukan banyak data untuk penelitian larutan polimer campuran atau komposit polimer. Apabila ditemukan literatur yang menggunakan PET sebagai bahan komposit atau campuran polimer, maka data yang dipilih adalah data yang hanya menggunakan PET sebagai larutan polimer yang terkadang dicantumkan sebagai pembanding di literatur bersangkutan.

Nilai parameter ES dan karakteristik serat yang tertera pada literatur diambil dari teks, tabel, atau gambar kemudian dikumpulkan dalam bentuk tabel di Excel. Tidak semua data digunakan untuk analisis *statistical learning* karena ditemukan perbedaan satuan konsentrasi PET dalam larutan polimer. Dipilih data yang hanya menggunakan satuan konsentrasi PET dalam karena jumlahnya yang lebih banyak dibandingkan dengan data yang menggunakan satuan konsentrasi PET dalam . Data dengan satuan konsentrasi yang ditemukan pada beberapa literatur tidak bisa digunakan karena memerlukan data massa jenis larutan untuk dikonversi ke satuan .

Setelah penyeleksian data, dipilih enam variabel masukan dan dua variabel keluaran. Variabel masukan yang digunakan, terdiri atas untuk konsentrasi PET (), untuk tegangan (kV), untuk laju aliran (), untuk rasio pelarut TFA/DCM (), untuk jarak jarum dengan kolektor (), dan untuk frekuensi putaran elektroda kolektor (*rpm*). Sementara itu, variabel keluaran yang digunakan, terdiri atas untuk diameter serat nano () dan untuk kualitas serat (bermanik atau halus). Selanjutnya, kumpulan data yang diambil dari berbagai macam literatur dipastikan memiliki satuan yang sama dengan satuan yang telah ditetapkan untuk setiap variabel masukan dan variabel keluaran.

Setelah menyiapkan data, dilakukan pengembangan skrip Python di Jupyter Notebook untuk dua tahapan pembelajaran data, yaitu tahap eksplorasi data dan tahap *statsitical learning.* Digunakan *library* Pandas, MatPlotLib, dan Seaborn untuk eksplorasi data yang mencakup statistika deskriptif sederhana, seperti ukuran pemusatan data (rata-rata, median), ukuran penyebaran data (standar deviasi, persentil), dan visualisasi data.

Setelah data dieksplorasi, data dinormalisasi terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis *statistical learning*. Data dinormalisasi dengan menggunakan metode *Min-Max* yang mengubah skala data menjadi nilai yang berada pada rentang 0-1. Prosedur normalisasi data perlu dilakukan untuk memetakan semua data ke skala yang sama sehingga model *statsitical learning* dapat mendeteksi hubungan antar variabel secara efektif. Setelah data ditransformasi, diimplementasikan dua teknik *Statistical learning*, yaitu regresi linear dan regresi logistik, dengan menggunakan *library* Scikit-Learn dan Statsmodels.

1. bab II  
   DASAR TEORI
   1. *Electrospinning*

Salah satu teknologi untuk menghasilkan serat nano adalah *electrospinning* (ES). ES dapat menghasilkan serat dengan diameter mulai dari skala hingga . Istilah ‘*electrospinning*’ merupakan gabungan dari istilah ‘*electrostratic*’ dan ‘*spinning*’. Istilah ‘*electrostratic*’ merujuk pada gaya elektrostatik yang terjadi pada muatan-muatan larutan ES ketika dikenakan medan listrik. Istilah ‘*spinning*’ merujuk pada pemintalan larutan menjadi struktur serat akibat sifat viskoelastiknya (sifat elastik dan kental).

* + 1. Aparatus *Electrospinning*

Aparatus ES secara umum terdiri atas tiga komponen utama: sumber tegangan tinggi, pompa *syringe*, dan kolektor. Ilustrasi aparatus ES ditunjukkan pada Gambar 2.

Diagram

Description automatically generated

**Gambar 2**. Aparatus *Electrospinning*.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, salah satu elektroda (elektroda negatif) sumber tegangan tinggi dipasang ke kolektor sementara elektroda lainnya (elektroda positif) terhubung ke jarum di pompa *syringe* yang berisikan larutan ES. Sumber tegangan tinggi ini biasanya menghasilkan tegangan antara 1-30 kV. Secara umum, tegangan yang sering digunakan adalah tegangan DC.

Pompa *syringe* merupakan tempat untuk menampung larutan ES (biasanya larutan polimer) yang di dalamnya terpasang jarum elektroda. Pompa *syringe* dapat diposisikan secara vertikal maupun horizontal terhadap arah medan gravitasi bumi.

Elektroda kolektor digunakan untuk menampung serat. Elektroda kolektor terbuat dari logam dan biasanya dilapisi aluminium *foil* untuk memudahkan pengambilan serat. Elektroda kolektor yang sering digunakan adalah elektroda statis dengan permukaannya yang datar. Untuk produksi serat tertentu (misalnya serat sejajar), kolektor dinamis drum putar digunakan sebagai pengganti elektroda statis.

* + 1. Proses *Electrospinning*

Proses ES terdiri atas empat fase: fase pertama adalah pembentukan kerucut Taylor, fase kedua adalah pembentukan jet lurus, fase ketiga adalah pembentukan jet heliks, dan fase terakhir adalah pengumpulan serat nano dalam wujud padatan. Ditampilkan Gambar 3 di bawah ini untuk skema pembentukan serat nano dengan metode ES.

A screenshot of a video game

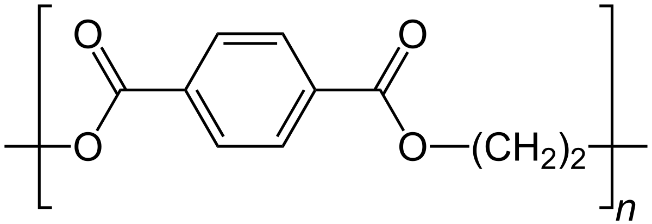
Description automatically generated with medium confidence

**Gambar 3**. Proses ES untuk menghasilkan serat nano.

Fase pertama terjadi ketika larutan ES diterapkan sumber tegangan tinggi. Tetesan larutan di ujung elektroda jarum yang tertahan oleh gaya tegangan permukaan mendapat gaya tolakan akibat gaya elektrostatik. Gaya elektrostatik ini menyebabkan akumulasi muatan di ujung tetes larutan yang melawan gaya tegangan permukaan. Akumulasi muatan tadi terus berlanjut sehingga menyebabkan perubahan bentuk tetesan di ujung jarum yang semula berbentuk setengah bola menjadi berbentuk kerucut (kerucut Taylor). Seiring berlanjutnya waktu, tegangan permukaan larutan tidak bisa menahan lebih lama lagi tolakan dari gaya elektrostatik. Hal itu menyebabkan pembentukan jet (larutan polimer bermuatan) yang terpental dari ujung kerucut Taylor. Jet mula-mula mempertahankan stabilitasnya hingga beberapa sentimeter (Fase II). Kemudian, Jet terus mengalami tarikan ke arah kolektor karena gaya dari medan listrik eksternal. Hal itu mengakibatkan penipisan jet di udara karena peregangan dan penguapan pelarut. Ketika diameter jet menjadi semakin kecil, jet menjadi tidak stabil dan memutar seperti struktur heliks (Fase III) ( Haider *et al.,*2018). Jet yang tidak stabil menyebabkan jet tunggal terbagi menjadi banyak jet kecil sebelum mencapai kolektor. Jet-jet kecil menghasilkan serat sangat tipis yang terdistribusi secara acak di kolektor (Fase IV).

* 1. Komponen Larutan Polimer Polietilen Tereftalat
     1. Polietilen tereftalat

Polietilen tereftalat (PET) merupakan polimer termoplastik dari kelompok poliester. PET disintesis dari etilen glikol dan asam tereftalat. PET memiliki suhu transisi gelas 70°C dan titik leleh 255°C (Jog, 1995). Gambar 4 menunjukkan struktur kimia dari PET. PET memiliki struktur rantai yang besar yang disebabkan oleh gugus fenil. Gugus fenil pada PET menghambat rotasi monomer dan menyebabkan kekakuan rantai yang tinggi. Selain itu, keberadaan gugus fungsional polar meningkatkan gaya van der Waals antar monomer yang meningkatkan sifat kekakuan bahan. Kemudian, gugus etilen pendek (-CH2-CH2-) dalam molekul PET mengurangi sifat fleksibilitas bahan (Dunn, 1995 ).



**Gambar 4**. Struktur kimia monomer PET (-O-CO-C6H4-CO-O-CH2-CH2)n

* + 1. Asam Trifluoroasetat (TFA)

Asam Trifluoroasetat (TFA) adalah senyawa organofluorin (mengandung ikatan karbon-fluorin) dengan rumus kimia C2HF3O2 (Gambar 5) . TFA adalah senyawa asam yang kuat karena adanya tiga atom fluor yang sangat elektronegatif. Asam trifluoroasetat (TFA) adalah asam organik kuat yang biasanya digunakan sebagai pelarut. Dibandingkan dengan air sebagai pelarut, asam trifluoroasetat memiliki kelarutan yang lebih baik untuk senyawa organik.

Shape

Description automatically generated with medium confidence

**Gambar 5**. Struktur kimia TFA (C2HF3O2)

* + 1. Diklorometana (DCM)

Diklorometana (DCM) atau yang biasa disebut sebagai metilena klorida adalah hidrokarbon terklorinasi cair yang mudah menguap (sangat volatil). Rumus kimia DCM adalah CH₂Cl₂ (Gambar 6). DCM memiliki kelarutan yang tinggi, titik didih yang rendah, dan toksisitas yang relatif rendah menjadikannya pelarut yang paling sering digunakan dalam sintesis organik.

Shape

Description automatically generated with low confidence

**Gambar 6**. Struktur kimia DCM (CH₂Cl₂).

* 1. Regresi Linear dan Regresi Logistik

Regresi linear dan regresi logistik memerlukan variabel masukan dan variabel keluaran. Untuk memudahkan penulisan, digunakan notasi matematika untuk merepresentasikan data. Misalkan adalah jumlah observasi data dan adalah jumlah variabel masukan. Titik data adalah nilai untuk observasi ke- dan variabel masukan ke-*p*, dengan dan . Ditulis sebagai matriks dengan elemen dan kolom tambahan yang semua elemennya bernilai 1 (kolom tambahan digunakan untuk regresi sebagai parameter intersep), maka

| . | (1) |  |
| --- | --- | --- |

Selanjutnya, ditulis dengan setiap adalah vektor dengan panjang dan dengan setiap adalahvektor dengan panjang *n****.*** Kemudian, ditulis sebagai vektor dengan elemen yang merupakan nilai observasi variabel keluaran. Maka dapat dinyatakan bahwa data terdiri dari .

* + 1. Regresi Linear

Misalkan adalah vektor variabel masukan untuk menentukan variabel keluaran . Suatu model yang mengasumsikan adanya hubungan linear antara dan *Y* dapat ditulis sebagai

|  | (2) |  |
| --- | --- | --- |

dengan adalah intersep atau konstanta dan adalah parameter atau koefisien. Nilai koefisien dapat diestimasi berdasarkan observasi data dengan meminimalkan jumlah sisa kuadrat (RSS). RSS mengukur jumlah kesalahan yang tersisa antara data sebenarnya dan data yang diestimasi oleh model linear. RSS ditulis sebagai

| . | (3) |
| --- | --- |

Nilai estimasi (ditulis ) yang meminimalkan persamaan di atas adalah

|  | (4) |
| --- | --- |

Model linear diasumsikan memiliki kesalahan acak . Kesalahan acak disebabkan karena model tidak bisa menjelaskan semua observasi data secara sempurna. Model linear bisa saja mengandung kesalahan pengukuran data atau hubungan antar variabel yang tidak diketahui. Maka hubungan linear dapat ditulis sebagai

|  | (5) |
| --- | --- |

dengan setiap elemen di vektor adalah saling bebas dan mengikuti distribusi Gaussian dengan rata-rata nol dan varians . Itu artinya, yang diperoleh darihasil perkalian dengan koefisien lalu di tambah berfluktuasi karena kesalahan acak **.** Untuk kebanyakan kasus tidak diketahui**,** tetapi dapat diestimasi dengan

|  | (6) |
| --- | --- |

Estimasi dapat digunakan untuk mnghitung interval konfidensi yang mengukur ketidakpastian parameter. Interval konfidensi setiap parameter ditulis sebagai

untuk di mana adalah nilai -statistik dengan derajat kebebasan dan tingkat signifikansi, dan adalah elemen diagonal ke-di .

Untuk menguji signifikansi hubungan antara setiap parameter dengan variabel keluaran, maka dapat dilakukan uji nilai- terhadap nilai -statistik. Nilai- di sini adalah probabilitas untuk memperoleh nilai yang sama atau lebih besar dari nilai -statistik. Nilai-dihitung dengan mengintegrasikan distribusi- dengan derajat kebebasan dari sampai . Nilai untuk uji nilai-dihitung sebagai

Nilai- menguji probabilitas setiap parameter bernilai nol. Semakin kecil nilai-, maka semakin kecil probabilitas mendapatkan suatu model dengan parameter yang bernilai nol. Oleh karena itu, nilai- yang kecil adalah petunjuk yang mengindikasikan adanya hubungan antara dan variabel keluaran.

Selain nilai -statistik, nilai -statistik dapat digunakan untuk menguji siginifikansi setiap parameter terhadap variabel keluaran. Cara kerja -statistik adalah membandingkan kemampuan dua model yang menjelaskan varians variabel keluaran. -statistik menguji bahwa setidaknya satu parameter dalam suatu himpunan parameter di mana berkaitan dengan variabel keluaran, yaitu setidaknya salah satu dari bukan nol. Nilai -statistik dihitung sebagai

dengan adalah untuk model yang terdiri dari parameter . Mirip dengan -statistik nilai- juga dapat digunakan untuk -statistik (Gambar 7). Semakin kecil nilai-, maka semakin kecil probabilitas mendapatkan suatu model dengan salah satu parameter yang bernilai nol.

* + 1. Diagnostik Regresi Linear

Diagnostik suatu model adalah bagian yang penting dalam proses pemodelan data. Diagnostik untuk model regresi linear digunakan untuk menilai model terhadap asumsinya dan menyelidiki setiap observasi yang tidak terwakili oleh model. Diagnostik ini mencakup berbagai macam penilaian secara grafis dan numerik yang dirangkum sebagai berikut:



menunjukkan persentase varians dalam variabel keluaran yang dijelaskan oleh model dengan variabel masukan . Untuk kumpulan data yang sama, nilai yang lebih tinggi menunjukkan selisih yang lebih kecil antara data sebenarnya dan data yang diestimasi oleh model. adalah diagnostik secara numerik yang dihitung sebagai

1. Plot Residual

adalah penilaian numerik yang tampak sederhana untuk mengukur kesesuaian model regresi dengan kumpulan data sebenarnya. Namun, tidak menceritakan keseluruhan asumsi model regresi linear. Untuk mendapatkan gambaran lengkapnya, perlu digunakan plot residual. Plot residual  adalah penialian grafis yang berguna untuk mengidentifikasi hubungan yang tidak linear pada model regresi. Untuk regresi linier, plot residual terdiri dari grafik residual Model yang linear adalah model yang memiliki pola residual di sekitar 0 seperti pada Gambar 8 (Kanan). Plot residual juga dapat memeriksa varians residual yang tidak konstan (heteroskedastisitas).

1. *Outlie*r dan *leverage* tinggi

*Leverage* tinggi adalah observasi yang tidak biasa. Data yang memiliki *leverage* tinggi dapat mengubah model regresi. Nilai *leverage* () untuk setiap data dihitung sebagai

dengan adalah elemen diagonal ke-. Selanjutnya, nilai dapat digunakan untuk menghitung *studentized residual* ()

Jika memiliki nilai yang lebih besar dari 3, maka dapat disebut sebagai *outlier*. *Outlier* dan *leverage* dapat dilihat lebih lanjut dengan menghitung jarak Cook ()

Jarak Cook pada dasarnya mengukur seberapa besar perubahan nilai ketika dihilangkan. Setiap dengan jarak Cook yang besar perlu diperiksa lebih lanjut.

* + 1. Regresi Logistik

Regresi logistik memodelkan probabilitas berdasarkan . Untuk memastikan probabilitastetap di [0, 1], regresi logistik menggunakan fungsi logistik

Estimasi probabilitas berdasarka fungsi logistik adalah

Diubah persamaan di atas melalui serangkaian operasi matematik sehingga didapatkan persamaan yang linear sebagai

Ruas kiri persamaan di atas dikenal sebagai Logit. Koefisien estimasi dihitung dengan metode kemungkinan maksimum yang tujuannya menemukan nilai yang memaksimalkan fungsi kemungkinan . Fungsi kemungkinan untuk regresi logistik adalah

dengan vektor mengandung suku konstan 1 untuk pengali .

Selanjutnya, -statistik digunakan untuk menguji signifikansi hubungan antara setiap parameter untuk dengan variabel keluaran dalam bentuk Logit. Nilai -statistik mengukur probabilitas setiap parameter . Mirip dengan -statistik, -statistik juga dapat digunakan untuk menentukan nilai-*p*, yang pada akhirnya dapat menentukan apakah bernilai nol atau tidak.

1. bab iii  
   hasil dan pembahasan
   1. Data Literatur

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Eksplorasi Data

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Regresi Linear

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Diagnostik Regresi Linear

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Regresi Logistik

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Eksplorasi Data

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

1. bab v  
   Kesimpulan
   1. Contoh Judul Sub Bab

Contoh paragraf pada sub bab pertama. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* 1. Contoh Sub Bab Berikutnya

Berikut contoh sub bab berikutnya. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian, AspectJ masih belum memiliki bahasa pemodelan yang dapat memenuhi perancangan program berorientasi aspek.

* + 1. Contoh judul anak sub bab

Contoh isian paragraf untuk anak sub bab. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java.

Contoh judul anak-anak sub bab

Contoh isian paragraf untuk anak dari anak sub bab yang nampak tidak ada penomoran lagi. AspectJ adalah bahasa pemrograman yang digunakan secara luas untuk menerapkan program-program berorientasi aspek di Java. Namun demikian,

Daftar Pustaka

Brauer, F. dan Castillo-Chaves, C., 2001, Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology, 12, 2, Springer-Verlag, Inc., New York

Finnen, M.J., 1987, Skin Metabolism by Oxydation and Conjugation, J. Pharmacol. Skin, 72, 4, 69-88

Husna, A., 2002, Sistem Linear dan Beberapa Aplikasinya, Skripsi, Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Jumina dan Tahir, I., 2001, Synthesis of New C-9154 Antibiotics Based on Quantitative Structure-Activity Relationship, Laporan Penelitian, Indonesian Torray Scientific Foundation, Torray Japan, Jakarta

Leung, D.H. dan Tang, W., 2000, Function of Baire Class One, http://www.arXiv.math.CA/0005013v1, 2 May, diakses 12 November 2007

Salmah, 2006, Aplikasi Permainan Dinamis Linear Kuadratis Sistem Deskriptor pada Interaksi Fiskal di EMU, Prosiding Konferensi Nasional Matematika XIII, UNNES Semarang, 24-27 Juli 2006

Soenjoto, 2009, Dikepung Bahaya Lewat Pangan, Kedaultan Rakyat, 12 September, 12-12

* + - * 1. Source code

Perhitungan distrbusi muatan

program project\_distribusi\_potensial\_1

c-------------------------------------------------------------

c Program untuk mencari distribusi potensial melalui persamaan

c Poisson. Penyelesaian dengan eleminasi Gauss termodifikasi

c yaitu memanfaatkan kenyataan bahwa semua unsur matrik A

c adalah nol kecuali pada diagonal utama dan satu larik di

c atas dan di bawahnya

c-------------------------------------------------------------

parameter (mak=500)

integer n,i

double precision h, phi\_a, phi\_b, phi(mak), r, y(mak),

1 a1(mak), a2(mak), a3(mak), skala,

1 phi\_eksak(mak)

intrinsic exp

c masukan h dan n

write(\*,\*)'Ukuran langkah ?'

read(\*,\*)h

write(\*,\*)'Cacah titik ?'

read(\*,\*)n

c Syarat batas pada r di pusat dan r di tak berhingga

phi\_a=0.0d0

phi\_b=2.0d0

c Masukan unsur-unsur matrik y

r=h

y(1)=-r\*exp(-r)\*h\*\*2-phi\_a

r=n\*h

y(n)=-r\*exp(-r)\*h\*\*2-phi\_b

do i=2,(n-1)

r=i\*h

y(i)=-r\*exp(-r)\*h\*\*2

end do

c Masukan unsur matrik A dengan mengambil a1(i)=a(i,i-1)

c a2(i)=a(i,i) dan a3(i)=a(i,i+1). Dengan trik ini maka

c memori dapat efisien karena kebanyakan unsur matrik

c memang bernilai nol

a2(1)=-2.0d0

a3(1)=1.0d0

a1(n)=1.0d0

a2(n)=-2.0d0

do i=2,(n-1)

a1(i)=1.0d0

a2(i)=-2.0d0

a3(i)=1.0d0

end do

c Eliminasi unsur di bawah diagonal

do i=2,n

skala=a1(i)/a2(i-1)

y(i)=y(i)-skala\*y(i-1)

a1(i)=a1(i)-skala\*a2(i-1)

a2(i)=a2(i)-skala\*a3(i-1)

end do

c Bagian substitusi balik

phi(n)=y(n)/a2(n)

do i=(n-1),1,-1

phi(i)=(y(i)-a3(i)\*phi(i+1))/a2(i)

end do

c Perbandingan antara nilai phi eksak dan komputasi

do i=1,n

r=i\*h

phi\_eksak(i)=2.0d0-(r+2.0d0)\*exp(-r)

write(\*,\*)r,phi(i)

end do

stop

end