

Perbandingan Algoritma Regresi Linear dengan Algoritma Backpropagation Estimasi Timbulan Sampah di Sulawesi Utara

Martina Lorensa¹, Gladly C. Rorimpandey², Kristofel Santa³

20210022@unima.ac.id¹, gladlycrorimpandey@unima.ac.id², kristofelsanta@unima.ac.id³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Jalan Kampus Unima, Kelurahan Tonsaru, Kecamatan Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara

Informasi Artikel

Diterima : 5 Jun 2024
Direvisi : 9 Sep 2024
Disetujui : 29 Okt 2024

Kata Kunci

Regresi Linear,
Backpropagation, Sistem
Estimasi, Timbulan
Sampah, Akurasi.

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dua algoritma untuk estimasi timbulan sampah yaitu algoritma regresi linear dengan algoritma *backpropagation*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui model algoritma dengan performa terbaik yang dihasilkan dari kedua algoritma tersebut yang mana algoritma dengan kinerja terbaik akan digunakan dalam pembuatan sistem estimasi timbulan sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hasil evaluasi model untuk kedua algoritma menggunakan data uji didapatkan bahwa model regresi linear sederhana memiliki kinerja yang lebih baik dari pada model *backpropagation*. Untuk nilai *error* pengujian data uji dengan metrik evaluasi MSE dan MAE pada model algoritma regresi linear yaitu sebesar 0,034382 dan 0,13332 dibandingkan dengan *backpropagation* didapatkan nilai MSE dan MAE sebesar 0,03457 dan 0.13974. Dan pada penelitian ini telah dibuat sistem estimasi timbulan sampah menggunakan algoritma regresi linear sederhana dengan pengujian algoritma memiliki nilai *error* MAPE kurang dari 10% yang mana masuk dalam kategori sangat akurat.

Keywords

Linear Regression,
Backpropagation,
Estimation Systems, Waste
Generation, Accuracy

Abstrak

In this study, a comparison was made between two algorithms for waste generation estimation: the linear regression algorithm and the backpropagation algorithm. The objective of this research is to determine which algorithm model has the best performance, with the best-performing algorithm to be used in the development of a waste generation estimation system. The results indicate that, based on model evaluation using test data, the simple linear regression model has better performance than the backpropagation model. The test data error values using the MSE and MAE evaluation metrics for the linear regression algorithm model were 0.034382 and 0.13332, respectively, compared to the backpropagation model which had MSE and MAE values of 0.03457 and 0.13974. Additionally, a waste generation estimation system was developed using the simple linear regression algorithm, and testing showed the algorithm had an MAPE error value of less than 10%, categorizing it as highly accurate.

A. Pendahuluan

Seiring dengan terjadinya peningkatan pertumbuhan penduduk secara langsung akan memberikan berbagai dampak dalam berbagai aspek kehidupan di masyarakat salah satunya adalah peningkatan terhadap produksi sampah. Dalam kegiatan sehari-hari masyarakat Indonesia tidak terlepas dari aktivitas yang menghasilkan sampah, yang diakibatkan oleh pengaruh dari aktivitas ekonomi seperti konsumsi dan distribusi. Sampah merupakan permasalahan klasik yang selalu di hadapi oleh setiap negara, tak terkecuali negara tersebut sudah menjadi negara maju ataupun masih menjadi negara berkembang. Di Indonesia yang merupakan negara berkembang, permasalahan sampah mendapatkan perhatian yang lebih oleh pemerintah maupun masyarakat.

Sampah adalah segala sesuatu yang tersisa dari aktivitas manusia sehari-hari dan dibuang atau tidak dapat digunakan lagi. Sampah dapat diartikan sebagai benda-benda atau material yang tidak diperlukan dan telah dibuang ke lingkungan oleh pemiliknya [1]. Terdapat dua jenis sampah yang dibedakan berdasarkan bahannya yaitu ada sampah yang berasal dari bahan organik dan anorganik. Sampah tersebut dapat berasal dari rumah tangga, industri, pasar, atau kegiatan komersial lainnya. Sampah dengan bahan yang dapat terurai oleh mikroorganisme seperti sisa makanan, daun, ranting, dan bahan-bahan hijau lainnya disebut sampah organik. Sampah jenis organik ini dapat di manfaatkan menjadi sebuah pupuk atau kompos. Sedangkan sampah yang tidak dapat terurai oleh mikroorganisme seperti kertas, plastik, logam, kaca, dan logam merupakan sampah anorganik. Sampah jenis anorganik ini dapat di daur ulang menjadi sebuah karya seni yang punya nilai jual [2]. Pengelolaan sampah yang tidak tepat dapat menyebabkan masalah kesehatan termasuk pencemaran udara, tanah, dan air, serta masalah lingkungan seperti banjir. Pengelolaan sampah yang tepat sangat penting untuk meminimalkan dampak buruk sampah terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dari berbagai permasalahan mengenai sampah sangat dibutuhkan peran pemerintah dan masyarakat dalam penanganan untuk menyelesaikan masalah sampah yang menyangkut pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah mencakup serangkaian tindakan atau tugas yang berkaitan dengan pengelolaan sampah, mulai dari pengendalian timbulan sampah, produksi sampah hingga pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pada pembuangan akhir [3].

Permasalahan sampah di Indonesia terlebih khusus di Sulawesi Utara masih menjadi permasalahan klasik yang hingga saat ini belum bisa diatasi sepenuhnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya peningkatan produksi sampah adalah gaya hidup masyarakat. Permasalahan ini juga tidak lepas dari kurangnya kesadaran masyarakat terhadap membuang sampah pada tempatnya dan belum terbentuknya budaya hidup bersih dan sehat. Serta keterbatasan sarana-prasarana pendukung seperti truk pengangkut sampah, bak sampah atau tempat pembuangan sampah sementara (TPS), sehingga sampah yang seharusnya diangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA) terkadang menumpuk atau berserahkan di berbagai lokasi di Sulawesi Utara. Pada tahun 2019 jumlah timbulan sampah di Sulawesi Utara 890,11 ton per hari dan seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk serta gaya hidup masyarakat yang semakin konsumtif menjadi 1.331,36 ton per hari pada tahun 2022 atau meningkat sebanyak 49,62%

dalam kurun waktu 4 tahun. Kenaikan jumlah timbulan sampah tersebut dialami terlebih khusus di Kota Bitung yaitu pada tahun 2020 sebesar 135,08 ton per hari dan pada tahun 2022 sebesar 159,06 ton per hari yang berarti dalam tiga tahun terakhir terjadi peningkatan sebesar 17,74%. Peningkatan jumlah timbulan sampah tersebut akan berdampak terhadap penyediaan bak sampah, TPS, ketersediaan lahan TPA, kendaraan pengangkut, petugas kebersihan, anggaran biaya operasional dan berbagai sarana pendukung lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut yang diperlukan adalah melakukan prakiraan atau estimasi terhadap jumlah timbulan sampah di masa yang akan datang di Sulawesi Utara. Dengan adanya estimasi jumlah timbulan sampah ini akan menjadi pengaruh penting untuk menjadi dasar dari pemerintah atau dinas terkait dalam melakukan perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan persampahan seperti pemilihan peralatan, jenis TPA, perencanaan rute pengangkutan, kegiatan pencegahan limbah serta fasilitas untuk aktivitas daur ulang sampah. Dalam melakukan estimasi beberapa waktu ke depan terdapat berbagai pendekatan metode statistik dan heuristik yang dapat digunakan yaitu diantaranya jaringan syaraf tiruan dan regresi linear [4].

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan menggunakan beberapa algoritma untuk estimasi atau prediksi yang dapat mendukung penelitian ini. Pada penelitian penerapan metode *Mean Absolute Error* (MAE) dalam algoritma regresi linear untuk prediksi produksi padi [5]. Pada penelitian ini pemanfaatan algoritma regresi linear dapat memperoleh hasil prediksi produksi padi dengan hasil pengujian keakuratan algoritma regresi linear menggunakan metode *Mean Absolute Error* (MAE) dengan mendapatkan nilai 1,48950. Selanjutnya penelitian mengenai estimasi ketersediaan lahan pertanian beras menggunakan algoritma regresi linear, hasil dari penelitian ini yaitu estimasi dari ketersediaan lahan pertanian beras dengan menggunakan algoritma regresi linear mendapatkan nilai *relative absolute error* sebesar 12.4448% [6]. Lalu penelitian tentang prediksi penjualan obat dengan algoritma regresi linear. Implementasi algoritma regresi linear sederhana dalam memprediksi penjualan obat ini mendapatkan hasil pengujian performa atau nilai RMSE (*Root Mean Square error*) melalui aplikasi *RapidMiner Studio* yang menghasilkan angka RMSE sebesar 0.452 +/- 0.000, nilai tersebut cukup kecil sehingga hanya terdapat kecil perbedaan dari proses perhitungan manual dengan aplikasi *RapidMiner Studio* terhadap data uji (*testing*) [7]. Penelitian lain yaitu penggunaan metode regresi linear untuk prediksi penjualan *Smartphone* [8]. Penggunaan metode regresi linear dalam prediksi penjualan *smartphone* tergolong dalam kategori sangat baik dengan dilakukannya pengujian nilai MSE dan MAPE presentase kesalahan yang bernilai kurang dari 10%.

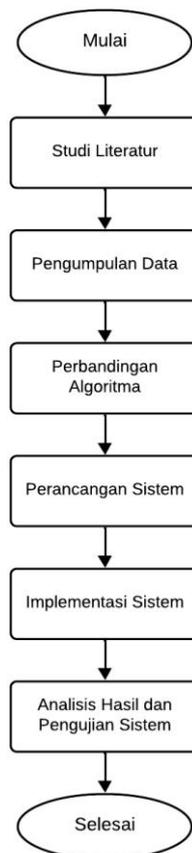
Pada penelitian lain dilakukan prediksi jumlah kendaraan di Provinsi Riau [9]. Hasil dari prediksi jumlah kendaraan di Provinsi Riau menggunakan algoritma *Backpropagation* didapati nilai kesalahan MSE sebesar 0,0016168. Algoritma *Backpropagation* pernah digunakan dalam penelitian prediksi jumlah kunjungan wisata mancanegara di Kota Bukittinggi yang menunjukkan bahwa algoritma ini dapat melakukan proses prediksi jumlah kunjungan wisatawan dengan hasil nilai tingkat kesalahan sebesar 4,46% dan output dari hasil prediksi jumlah kunjungan memiliki nilai akurasi mencapai 95,64% [10]. Selanjutnya penelitian prediksi

produksi padi di Sumatera Barat [11]. Dari penerapan algoritma Backpropagation dalam penelitian ini diperoleh hasil prediksi ditahun 2018 dengan presentase akurasi 88,14%. Kemudian penelitian yang dilakukan untuk prediksi curah hujan bulanan di wilayah Kabupaten Wonosobo [12]. Hasil dari penerapan Algoritma Backpropagation dalam memprediksi curah hujan bulanan memperoleh hasil pelatihan dengan akurasi 93.92% dan nilai Sum Square Error (SSE) sebesar 0.302868.

Dalam penelitian ini, penulis akan membandingkan antara dua algoritma yaitu algoritma Regresi Linear dan algoritma Backpropagation. Perbandingan algoritma ini penulis lakukan karena berdasarkan penelitian terdahulu yang dijabarkan di paragraf-paragraf sebelumnya, bahwa kedua algoritma tersebut memiliki nilai akurasi yang cukup akurat untuk melakukan estimasi atau prediksi. Maka dari itu penulis mengangkat judul “Perbandingan Algoritma Regresi Linear Dengan Algoritma Backpropagation Dalam Estimasi Timbulan Sampah Di Sulawesi Utara”. Setelah dilakukan perbandingan antara kedua algoritma dan mendapatkan algoritma yang memiliki akurasi terbaik dengan nilai error terkecil maka algoritma tersebut akan digunakan untuk merancang sistem estimasi timbulan sampah.

B. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, menggunakan 6 langkah yang harus dilakukan yaitu terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, perbandingan algoritma, perancangan sistem, implementasi sistem, analisis hasil dan pengujian sistem. Gambar 1 merupakan gambaran dari tahapan penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Langkah yang dilakukan dalam metodologi penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada proses melakukan studi literatur melibatkan pencarian landasan teori dalam berbagai publikasi, termasuk buku, jurnal, artikel, video tutorial, dan sumber terkait penelitian lainnya. Dari hasil yang telah dicapai terdapat kebutuhan-kebutuhan yang akan digunakan untuk perbandingan algoritma dan pembuatan sistem yaitu dibagi menjadi kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

a. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Sistem dapat menampilkan halaman dashboard.
- 2) Sistem dapat menampilkan dan mengelola data timbulan sampah.
- 3) Sistem dapat menampilkan hasil estimasi timbulan sampah dari data timbulan sampah yang telah diolah menggunakan algoritma yang terpilih pada tahap perbandingan algoritma untuk diterapkan dalam sistem.
- 4) Sistem dapat menampilkan grafik hasil estimasi timbulan sampah untuk menunjukkan peningkatan atau penurunan.

b. Kebutuhan Non-fungsional

Adapun alat dan bahan non-fungsional pada penelitian ini yang ditunjukkan dalam Tabel 1 :

Tabel 1. Kebutuhan Non-fungsional

| <i>Hardware</i> | <i>Software</i> |
|---------------------|--------------------|
| 4 GB RAM | Windows 11 |
| Intel Celeron N4020 | Python |
| SSD 250GB | Visual Studio Code |
| | PHP 8.0 |
| | XAMPP |
| | MySQL |

Selain kebutuhan fungsional dan non-fungsional diatas, pada tahapan perbandingan algoritma membutuhkan library. Berikut adalah library yang dibutuhkan dalam pemrograman Python :

a. Pandas

Digunakan untuk analisis data dan manipulasi data dalam bentuk tabel (DataFrame). Pada tahap perbandingan algoritma library pandas digunakan untuk tahap pre-processing seperti manipulasi data, normalisasi data serta untuk membaca dan membuat file excel sebagai data yang akan dipakai membandingkan algoritma.

b. Numpy

Library numpy digunakan untuk pengoprasian numerik dan transformasi array dalam mempersiapkan data untuk perbandingan algoritma.

c. Scikit-learn

Library ini digunakan untuk menganalisis data yang dipakai dalam perbandingan algoritma yaitu dengan model regresi linear dan model algoritma backpropagation. Scikit-learn juga dipakai untuk melakukan penilaian akurasi atau nilai error pada kinerja algoritma yang dibandingkan yaitu dengan metrik mean absolute error (MAE) dan mean squared error (MSE).

d. Matplotlib

Library ini digunakan untuk menganalisis data yang dipakai dalam perbandingan algoritma yaitu dengan model regresi linear dan model algoritma backpropagation. Scikit-learn juga dipakai untuk melakukan penilaian akurasi atau nilai error pada kinerja algoritma yang dibandingkan yaitu dengan metrik mean absolute error (MAE) dan mean squared error (MSE).

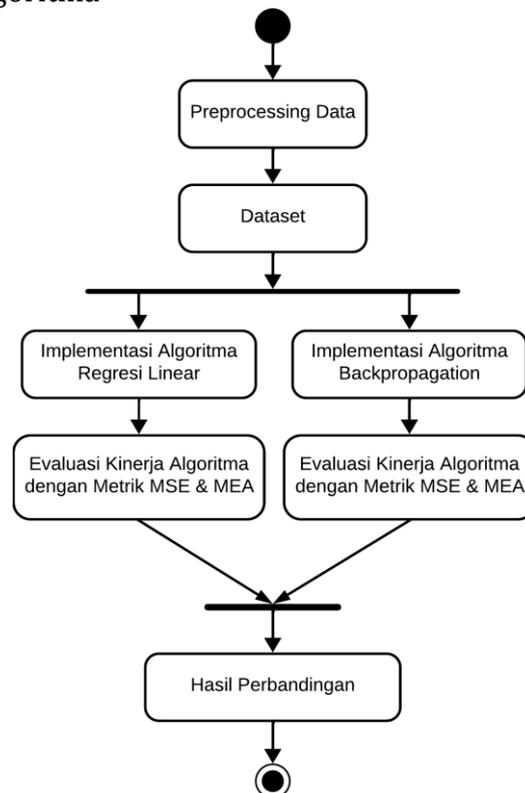
2. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data penulis melakukan observasi ke Dinas Lingkungan Hidup Kota Bitung dan melakukan wawancara kepada salah satu staf di bidang persampahan untuk mendapatkan data mengenai timbulan sampah di Kota Bitung serta melakukan pengambilan data pada Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Hasil observasi dan wawancara mendapatkan data historis timbulan sampah dalam kurun 4 tahun terakhir, mulai dari tahun 2019 hingga tahun 2022. Data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Bitung dan SIPSN yaitu dalam bentuk excel. Data untuk timbulan sampah ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Timbulan Sampah

| Tahun | Timbulan sampah harian (ton) | Timbulan sampah tahunan(ton) |
|-------|------------------------------|------------------------------|
| 2019 | 153,3 | 55955 |
| 2020 | 135,08 | 49304 |
| 2021 | 158,56 | 57875 |
| 2022 | 159,06 | 58055 |

3. Perbandingan Algoritma



Gambar 2. Tahapan Perbandingan Algoritma

Dalam tahap perbandingan algoritma akan dilakukan perbandingan antara dua algoritma yaitu algoritma regresi linear dengan algoritma backpropagation. Untuk melakukan perbandingan algoritma terdapat beberapa langkah-langkah yang akan dilakukan yaitu meliputi pre-processing data, pembagian data training dan data testing, implementasi algoritma, evaluasi kinerja algoritma, serta hasil perbandingan. Tahapan perbandingan algoritma ditunjukkan dalam Gambar 2.

Pada perbandingan algoritma antara algoritma regresi linear dan backpropagation menggunakan bahasa pemrograman Python dengan perangkat lunak Visual Studio Code. Beberapa tahap yang dilakukan penulis dalam perbandingan algoritma yaitu sebagai berikut.

a. Preprocessing Data

Tahap pre-processing dilakukan agar data yang akan digunakan dalam perbandingan algoritma berkualitas baik untuk meningkatkan performa algoritma. Praproses data dilakukan dengan menggunakan bantuan pemrograman python dengan dua library yaitu Pandas untuk membaca data excel dan Numpy untuk manipulasi pada array. Adapun beberapa tahapan dalam praproses data pada penelitian ini yaitu :

1) *Data Reduction*

Tahap data reduction dilakukan untuk menghapus atribut yang tidak digunakan dalam proses implementasi model algoritma. Dalam penelitian ini data awal memiliki 3 atribut yaitu Tahun, Timbulan Sampah Harian (Ton), Timbulan Sampah Tahunan (Ton) yang dapat dilihat pada Tabel I. Pada data awal tersebut penulis menghapus atribut yang tidak akan diikutsertakan yaitu atribut Timbulan Sampah Harian (Ton). Atribut yang dipilih untuk digunakan adalah Tahun dan Timbulan Sampah Tahunan(ton). Hasil data reduction ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Data *Reduction*

| Tahun | Timbulan Sampah Tahunan(ton) |
|--------------|-------------------------------------|
| 2019 | 55955 |
| 2020 | 49304 |
| 2021 | 57875 |
| 2022 | 58055 |

2) *Augmentasi Data*

Dalam tahap augmentasi data yang dilakukan penulis yaitu regenerasi data bertujuan agar dapat meningkatkan jumlah dan variasi data yang digunakan untuk melatih model algoritma. Pada regenerate data penulis memanfaatkan library dari bahasa python yaitu pandas dan numpy. Penggunaan library numpy digunakan untuk membuat data per hari berdasarkan data per tahun dari data jumlah timbulan sampah yang sudah melawati tahap reduction data. Tabel 4 adalah tabel yang berisi hasil dari proses regenerasi data.

Tabel 4. Hasil Augmentasi Data

| Tahun | Bulan | Hari | Timbulan Sampah |
|--------------|--------------|-------------|------------------------|
| 2019 | 1 | 1 | 125,79 |
| 2019 | 1 | 2 | 19,48 |
| 2019 | 1 | 3 | 9,85 |

| Tahun | Bulan | Hari | Timbunan Sampah |
|-------|-------|------|-----------------|
| 2019 | 1 | 4 | 40,07 |
| 2019 | 1 | 5 | 146,79 |
| 2019 | 1 | 6 | 45,49 |
| 2019 | 1 | 7 | 68,79 |
| 2019 | 1 | 8 | 464,16 |
| 2019 | 1 | 9 | 223,38 |
| 2019 | 1 | 10 | 95,01 |
| ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... |
| 2022 | 12 | 1452 | 237,35 |
| 2022 | 12 | 1453 | 370,48 |
| 2022 | 12 | 1454 | 78,41 |
| 2022 | 12 | 1455 | 253,46 |
| 2022 | 12 | 1456 | 37,86 |
| 2022 | 12 | 1457 | 18,52 |
| 2022 | 12 | 1458 | 53,08 |
| 2022 | 12 | 1459 | 65,82 |
| 2022 | 12 | 1460 | 381,14 |

Hasil tahap augmentasi data yaitu adanya penambahan atribut bulan, hari, dan jumlah timbunan sampah per hari yang telah diregenerate dari timbunan sampah tahunan pada Tabel 4.

3) Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan dengan menggunakan metode min-max agar nilai dari data yang awalnya besar diperkecil menjadi skala 0 hingga 1 [13]. Data yang dinormalisasikan adalah data pada variabel timbunan sampah dengan bantuan python.

b. Dataset

Split validation adalah tahap dimana pembagian data menjadi dua subset yaitu data pelatihan dan data pengujian. Pembagian dataset untuk data latih dan data uji pada umumnya yang sering digunakan adalah dengan rasio dataset berkisar pada 60%-40%, 70%-30%, 80%-20%, atau 90%-10% dari jumlah seluruh dataset [14].

Pada penelitian ini penulis membagi dataset dengan menggunakan rasio 80%-20%. Dataset dibagi menjadi data latih 80% dan data uji 20%, jumlah dari pembagian data latih dan uji terhadap dataset tersebut ditunjukkan dalam Tabel 5. Untuk membagi data pelatihan dan pengujian dipisahkan dengan mengacu pada rentang waktu dalam data timbunan sampah, data yang lebih awal akan menjadi bagian dari data latih dan data yang terbaru menjadi bagian data uji dengan menggunakan bantuan dari python.

Tabel 5. Pembagian Data Latih dan Data Uji

| Data Latih | Data Uji | Jumlah Total |
|------------|----------|--------------|
| 1168 | 292 | 1460 |

c. Implementasi Algoritma

Pada tahap ini dilakukan implementasi kedua algoritma yaitu algoritma regresi linear dan algoritma backpropagation untuk melakukan pelatihan model terhadap data training dan pengujian model terhadap data testing yang sudah dibagi pada tahap split validation.

1) Algoritma Regresi Linear Sederhana

Teknik statistik yang disebut regresi linier adalah metode yang menganalisis hubungan antara variabel terikat Y dan sekumpulan variabel bebas, X_1, \dots, X_p . Metode ini digunakan dengan tujuan untuk mengestimasi nilai Y yang dipengaruhi oleh nilai X. Jika hanya terdapat satu variabel independen yang dipakai untuk metode ini maka disebut dengan model regresi linear sederhana (simple linear regression), sedangkan jika menggunakan tidak hanya satu variabel independen maka model tersebut adalah regresi linear ganda (multiple linear regression) [15].

Regresi linier sederhana adalah algoritma yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk persamaan dari algoritma regresi linear ditunjukkan pada persamaan.

$$Y = \alpha + bX$$

Dimana:

Y = nilai variabel terikat yang diestimasi

α = konstanta

b = koefisien variabel bebas

X = variabel bebas (independen)

Nilai konstanta α dan nilai koefisien b dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan memakai persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

2) Algoritma Backpropagation

Algoritma Backpropagation atau biasa disebut jaringan perambatan balik merupakan sebuah algoritma yang menjadi salah satu bagian dari jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan (Neural Network) adalah suatu sistem komputasi yang dimodelkan berdasarkan struktur serta cara kerja sistem syaraf biologis manusia. Konsep jaringan syaraf tiruan adalah menyerupai cara kerja sel syaraf biologis yang terdiri dari banyak sel syaraf atau neuron yang saling terhubung dan berkomunikasi untuk melakukan pemrosesan informasi [16]. Backpropagation juga termasuk dalam pembelajaran yang terawasi (Supervised Learning).

Algoritma Backpropagation merupakan Perceptron dengan banyak lapisan biasanya menggunakan algoritma ini untuk mengganti nilai bobot yang menyatu antar satu neuron dan neuron lainnya dalam lapisan tersembunyi. Dalam algoritma Backpropagation nilai kesalahan (nilai error) yang diperoleh keluaran algoritma digunakan dalam melakukan perubahan nilai terhadap bobot secara mundur (backward) [16]. Pada algoritma

Backpropagation menggunakan Jaringan Multi layer yaitu jaringan yang memiliki lebih dari satu lapisan tersembunyi dan memiliki kemampuan dalam memecahkan permasalahan yang lebih rumit dari lapisan tunggal. Jaringan Multi layer terdiri atas tiga lapisan yang dihubungkan oleh bobot-bobot, yaitu Lapisan masukan (input layer), lapisan tersembunyi (hidden layer), lapisan keluaran (output layer) [17].

Pada algoritma Backpropagation terbagi menjadi 3 tahapan pelatihan yaitu tahap feedforward, tahap backpropagation, dan tahap perubahan nilai bobot [17]. Ketiga tahapan tersebut dilakukan secara berulang sampai diperoleh nilai keluaran yang hampir mencapai nilai target atau nilai yang sama dengan target, sehingga nilai error yang didapat kecil. Bobot atau model yang telah diperoleh digunakan dalam proses pengujian. Berikut adalah rincian langkah-langkah pada proses pelatihan algoritma Backpropagation [18].

- 1) Inisialisasi bobot awal dengan menggunakan bilangan acak kecil
- 2) Apabila kondisi berhenti tidak terpenuhi, maka lakukan langkah 3 – 9

Feedforward

- 3) Semua unit masukan (X_i $i= 1\dots n$) disebarkan ke seluruh lapisan tersembunyi.
- 4) Semua unit pada lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1\dots p$) menjumlahkan bobot dari sinyal masukan.

$$Z_{inj} = v_{j0} + \sum_{i=1}^p x_i v_{ij}$$

Dimana:

Z_{inj} = nilai keluaran pada lapisan unit Z_j

X_i = nilai masukan di lapisan unit masukan

v_{j0} = bias mulai layers input ke hidden layer

v_{ij} = bobot mulai layers input ke hidden layer

Dalam menghitung sinyal keluarannya dapat diterapkan fungsi aktivasi berikut :

$$Z_j = f(Z_{inj}) = \frac{1 - e^{-Z_{inj}}}{1 + e^{-Z_{inj}}}$$

Keterangan :

Z_j = Nilai keluaran unit Z_j

Dan teruskan sinyal keluaran ke seluruh unit pada hidden layer.

- 5) Setiap unit keluaran (Y) menjumlahkan bobot sinyal yang masuk.

$$Y_{ink} = w_{0k} + \sum_{j=1}^q z_j w_{jk}$$

Keterangan:

Y_{ink} = nilai keluaran Y

w_{0k} = bias dari hidden layer hingga output layer

w_{jk} = bobot dari hidden layer hingga output layer

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluaran:

$$y = f(Y_{ink}) = \frac{1}{1 + e^{-Y_{ink}}}$$

Keterangan:

y = Nilai keluaran di unit Y

Backpropagation:

- 6) Setiap unit dari output (y) akan memperoleh pola target dimana saling terhubung dengan pola input data training, hitung nilai kesalahan:

$$\delta_k = (t_k - y) f'(y_{ink}) = (t_k - y)y(1 - y)$$

Keterangan:

δk = faktor kesalahan di lapisan keluaran

t_k = nilai target

kemudian Menggunakan koreksi bobot untuk memperbaiki nilai w_{jk}

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$

Keterangan:

Δw_{jk} = nilai koreksi bobot pada lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran dan mengirim δk ke unit lapisan tersembunyi.

- 7) Semua unit tersembunyi ($z_j, j=1\dots q$) jumlahkan bobot setiap neuron dari unit hidden layer.

$$\delta_{inj} = \sum_{j=1}^q \delta_k w_{jk}$$

Keterangan:

δ_{inj} = nilai menghitung δ_j

lalu mengkalikan dengan turunan dari fungsi aktivisasi untuk mendapatkan nilai kesalahan:

$$\delta_j = \delta_{inj} f'(z_{inj}) = \delta_{inj} z_j (1 - z_j)$$

Keterangan :

δ_j = nilai aktivasi kesalahan lapisan tersembunyi

Menghitung koreksi bobotnya untuk memperbarui nilai V_{ij}

$$\Delta v_{ij} = (\alpha \delta_j x_i)$$

Perbaiki bobot untuk selanjutnya.

- 8) setiap unit keluaran ($y_k, k=1\dots m$) memperbaiki bobot dan bias ($j=0\dots q$):

$$w_{jk} (\text{baru}) = w_{jk} (\text{lama}) + \Delta w_{jk}$$

Keterangan:

$w_{jk} (\text{baru})$ = nilai bias dan bobot baru dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran

Tiap unit tersembunyi ($Z_j = j=1\dots q$) memperbaiki bias dan bobotnya:

$$v_{ij} (\text{new}) = v_{ij} (\text{old}) + \Delta v_{ij}$$

Keterangan :

$v_{ij} (\text{new})$ = nilai bobot dan bias baru ke lapisan tersembunyi dari lapisan masukan.

Kondisi Berhenti

- 9) Pada langkah pengujian kondisi henti tidak hanya disebabkan oleh maksimum iterasi tetapi juga dipengaruhi oleh nilai akurasi yang memiliki hasil sama atau kurang dengan nilai akurasi target.

d. Evaluasi Kinerja Algoritma

Pada tahap ini dilakukan evaluasi dengan pengujian menggunakan data uji terhadap model dari tahap implementasi algoritma yang telah dilatih dengan

data pelatihan oleh dua model algoritma yang dibandingkan yaitu regresi linear dan backpropagation. Evaluasi kinerja algoritma dilakukan untuk mengukur seberapa baik kinerja dari kedua algoritma dengan penilaian performa yang digunakan yaitu nilai error. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metrik evaluasi Mean Squared Error (MSE), dan Mean Absolute Error (MAE).

1) Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error merupakan rata-rata dari kuadrat yang di hasilkan dari selisih antara nilai estimasi dan nilai aktual [19]. MSE mengukur kinerja model dalam memodelkan korelasi antara variabel dependen dan variabel independen. Jika nilai MSE yang dihasilkan rendah, itu menunjukkan bahwa kinerja model tersebut cenderung membuat estimasi yang akurat. Rumus MSE ditunjukkan pada persamaan :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - y_i)^2$$

Dimana :

f_i = nilai aktual

y_i = nilai hasil estimasi

n = jumlah data

2) Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error adalah perhitungan nilai rata-rata dari selisih absolut antara estimasi dengan nilai aktual [5]. Semakin kecil nilai MAE, semakin baik kinerja model tersebut. Berikut adalah rumus dari MAE :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - y_i|$$

4. Perancangan Sistem

Dari tahap perbandingan algoritma didapati hasil yaitu algoritma yang terbaik untuk di terapkan dalam sistem yang akan dibuat. Selanjutnya melakukan tahap perancangan sistem mulai dari input output sistem serta mendefinisikan komponen-komponen dan arsitektur sistem yang akan dibangun. Tahap ini diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang rinci mengenai bagaimana sistem akan bekerja, interaksi antar komponen, dan cara komponen-komponen tersebut berintegrasi.

Perancangan yang ada dalam penelitian ini terdiri atas perancangan arsitektur, perancangan proses, perancangan UML yaitu use case diagram, activity diagram, class diagram, dan perancangan antarmuka (Interface).

5. Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan tahap di mana penulis mengimplementasikan sistem yang dibangun dengan mengacu pada rancangan sistem yang telah dilakukan dalam tahap sebelumnya. Hasil perancangan sistem yang telah dibuat dikonversi menjadi sistem yang dapat dijalankan sesuai kebutuhan dan keluaran yang diinginkan.

6. Analisis Hasil dan Pengujian Sistem

Tahapan setelah sistem berhasil dibuat selanjutnya adalah analisis hasil dan pengujian sistem. Pada penelitian ini, ada dua jenis pengujian yang dilakukan yaitu pengujian fungsional sistem dan uji akurasi sistem. Pengujian fungsional ini membantu memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Dan untuk pengujian akurasi sistem dilakukan agar mengetahui

seberapa akurat algoritma yang diterapkan dalam sistem untuk melakukan estimasi. Dalam pengujian sistem penulis menggunakan metrik evaluasi Mean Absolute Percentace Error (MAPE).

a. Mean Absolute Percentace Error (MAPE)

MAPE merupakan perhitungan untuk nilai rata-rata kesalahan presentase absolut antara nilai yang akan diestimasi dengan nilai aktualnya [20]. Pada persamaan merupakan presentase error dari kesalahan presentase dari suatu prediksi.

$$PE = \left(\frac{X_t - f_t}{X_t} \right) \cdot 100$$

Keterangan persamaan :

X_t = nilai data aktual

F_t = nilai data yang diestimasi

Setelah perhitungan presentase error didapatkan, selanjutnya menghitung nilai error MAPE. Untuk menghitung nilai MAPE dapat menggunakan persamaan berikut:

$$MAPE = \frac{\sum |PE|}{n}$$

Keterangan persamaan :

PE = Persentase error

n = banyak data

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Perbandingan Algoritma

Pada tahap ini dilakukan implementasi kedua algoritma yaitu algoritma regresi linear dan algoritma backpropagation untuk melakukan pelatihan model terhadap data training dan pengujian model terhadap data testing yang sudah dibagi pada tahap split validation. Dalam tahap implemmentasi algoritma regresi linear dan backpropagation dibantu dengan library, function, dan class dari library pada bahasa pemograman python yang perlu diimpor yaitu pandas, LinearRegression, sklearn.metrics, MLPRegressor, matplotlib.pyplot.

Berdasarkan model dari algoritma regresi linear yang telah diimplementasikan pada data pelatihan didapatkan nilai hasil dari perhitungan MAE dan MSE yaitu untuk nilai MAE sebesar 0,122344 dan nilai MSE sebesar 0,024969. Dan berdasarkan pemodelan dari algoritma backpropagation yang telah diimplementasikan pada data pelatihan menghasilkan nilai error dari perhitungan metrik evaluasi MAE dan MSE yaitu untuk nilai MAE sebesar 0.124883 dan nilai MSE sebesar 0,028834.

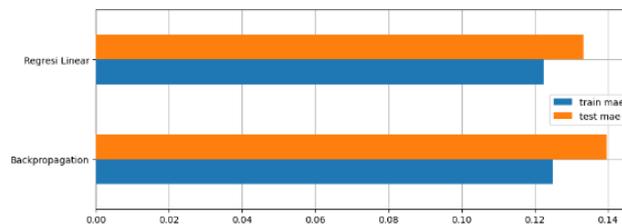
Selanjutnya dilakukan evaluasi dengan pengujian menggunakan data uji terhadap model dari tahap implementasi algoritma yang telah dilatih dengan data pelatihan oleh dua model algoritma yang dibandingkan yaitu regresi linear dan backpropagation. Evaluasi kinerja algoritma dilakukan untuk mengukur seberapa baik kinerja dari kedua algoritma dengan penilaian performa yang digunakan yaitu nilai error. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metrik evaluasi Mean Squared Error (MSE), dan Mean Absolute Error (MAE). Model yang memiliki nilai MSE, dan MAE terkecil adalah algoritma dengan performa baik. Hasil dari evaluasi kinerja tersebut akan digunakan untuk mengetahui model algoritma mana yang

lebih baik dalam melakukan estimasi timbulan sampah dan algoritma tersebut akan digunakan dalam sistem estimasi timbulan sampah. Hasil evaluasi kinerja algoritma yang dilakukan menggunakan bantuan bahasa pemrograman python ditunjukkan dalam Tabel 6.

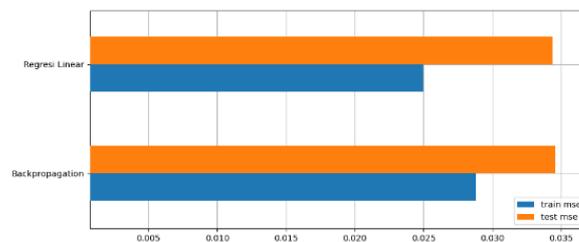
Tabel 6. Hasil Evaluasi Model

| Model | Train mse | Test mse | Train mae | Test mae |
|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|
| Regresi Linear | 0,024969 | 0,034382 | 0,122344 | 0,13332 |
| Backpropagation | 0,028834 | 0,03457 | 0.124883 | 0.13974 |

Berdasarkan pada tabel evaluasi model kedua algoritma menggunakan data uji (test) menghasilkan perbandingan bahwa pada proses pengujian regresi linear memiliki kinerja yang lebih baik daripada model backpropagation. Untuk nilai error pengujian data uji (test) dengan metrik evaluasi MSE dan MAE pada model algoritma regresi linear yaitu sebesar 0,034382 dan 0,13332 dibandingkan dengan backpropagation didapatkan MSE dan MAE sebesar 0,03457 dan 0.13974.



Gambar 3. Visualisasi hasil metrik evaluasi MAE



Gambar 4. Visualisasi hasil metrik evaluasi MSE

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 adalah visualisasi hasil perhitungan nilai error dari perbandingan kedua model algoritma yaitu regresi linear dan backpropagation dengan menggunakan dua metrik evaluasi MSE dan MAE yang hasil perhitungannya dapat dilihat dalam Tabel 5. Visualisasi ini dilakukan penulis agar dapat dengan mudah membantu memberikan gambaran mengenai perbandingan algoritma regresi linear dengan algoritma backpropagation yang mana algoritma dengan evaluasi kinerja yang memiliki nilai error terkecil akan digunakan dalam sistem estimasi timbulan sampah.

Dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4 algoritma dengan hasil evaluasi menggunakan metrik MSE dan MAE yang memiliki nilai error terkecil baik pada saat pelatihan model dan pengujian model adalah algoritma regresi linear dibandingkan dengan algoritma backpropagation yang memiliki nilai error lebih besar. Maka dari itu penulis akan merancang sebuah sistem estimasi timbulan

sampah menggunakan algoritma yang memiliki evaluasi kinerja yang lebih baik yaitu algoritma regresi linear sederhana.

2. Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem salah satu perancangan yang dilakukan yaitu perancangan arsitektur secara umum. Pada gambar 5 berikut merupakan perancangan arsitektur secara umum untuk sistem estimasi yang akan dibuat.



Gambar 5. Rancangan arsitektur sistem

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa sistem akan berjalan dengan kendali dari seorang Admin yang harus melakukan akses ke dalam sistem yang dibuat. Setelah admin mengakses sistem, admin akan melakukan input dataset yang akan diproses menggunakan algoritma regresi linear sederhana untuk melakukan estimasi berdasarkan data yang telah di input ke sistem. Setelah didapatkan hasil estimasi menggunakan algoritma, data hasil estimasi tersebut akan divisualisasikan ke dalam sebuah grafik yang mana sebagai output sistem.

3. Implementasi Sistem

a. Implementasi Algoritma Regresi Linear Sederhana

Pada implementasi algoritma regresi linear sederhana kedalam sistem penulis menggunakan pemrograman dengan bahasa pemrograman php dan database mysql berdasarkan tahapan yang terdapat pada perancangan algoritma regresi linear. Tahapan pembentukan model regresi linear sederhana untuk diimplementasikan ke sistem adalah berikut.

1) Menentukan variabel independen (x) dan variabel dependen (y) pada data yang akan dipakai yaitu data historis timbulan sampah kota Bitung. Variabel X adalah periode hari dan untuk variabel Y adalah jumlah timbulan.

2) Hitung nilai total $\sum x$, $\sum y$, $\sum xy$, $\sum x^2$, $\sum y^2$, untuk hasil perhitungan didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} \sum x &= 1066530 & n &= 1460 \\ \sum y &= 221348,35 & \sum xy &= 49899952,31 \\ \sum x^2 &= 1038444710 & \sum y^2 &= 162357030,1 \end{aligned}$$

3) Hitung nilai konstanta a dan b dengan menggunakan rumus dan. Untuk perhitungan a dan b didapatkan hasil sebagai berikut:

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} = -0,431067549$$

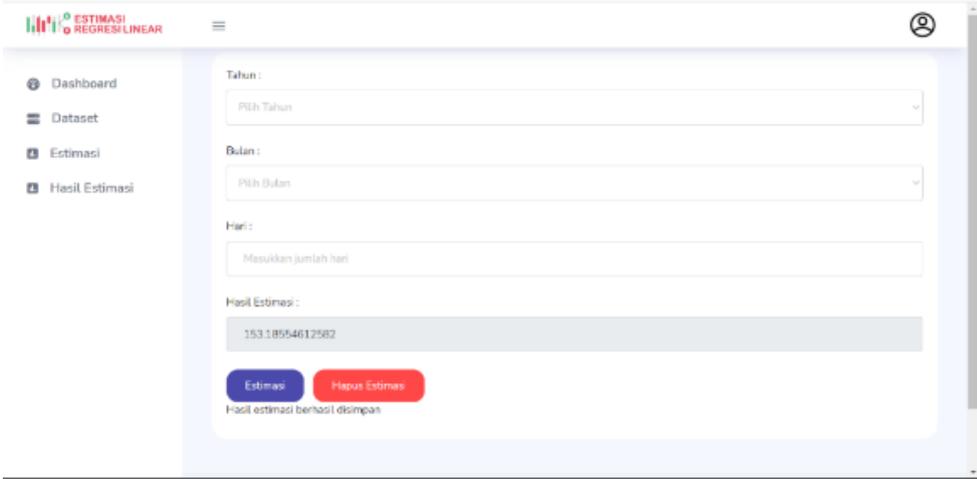
$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} = 466,5033035$$

4) Dari hasil perhitungan nilai a dan b memperoleh persamaan regresi linear sederhana seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

$$Y = 466,5033035 + (-0,431067549) x$$

- 5) Lakukan estimasi terhadap variabel dependen (y) berdasarkan variabel independen (x).

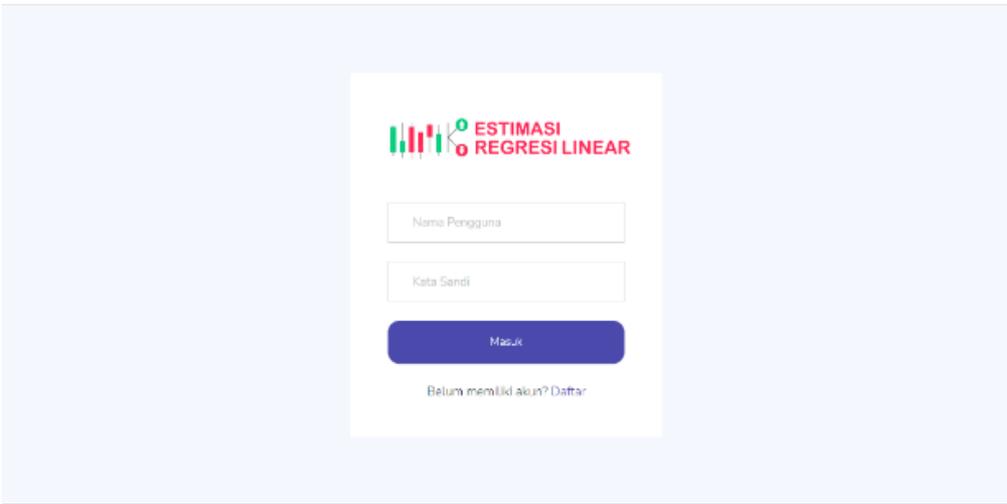


Gambar 6. Halaman Estimasi

Pada gambar 6 adalah tampilan halaman estimasi. Halaman estimasi ini yaitu halaman yang diterapkan algoritma regresi linear yang bekerja untuk melakukan estimasi timbunan sampah. Pada halaman estimasi terdapat menu untuk estimasi timbunan sampah. Untuk melakukan estimasi timbunan sampah Admin bisa menginput data pada form bulan, tahun, dan periode hari agar dapat dilakukan estimasi. Setelah dilakukan estimasi dan diproses oleh sistem maka akan tampil hasil perhitungan sistem untuk estimasi tersebut ke bagian hasil estimasi seperti ditunjukkan dalam gambar 6.

b. Implementasi Antarmuka (Interface)

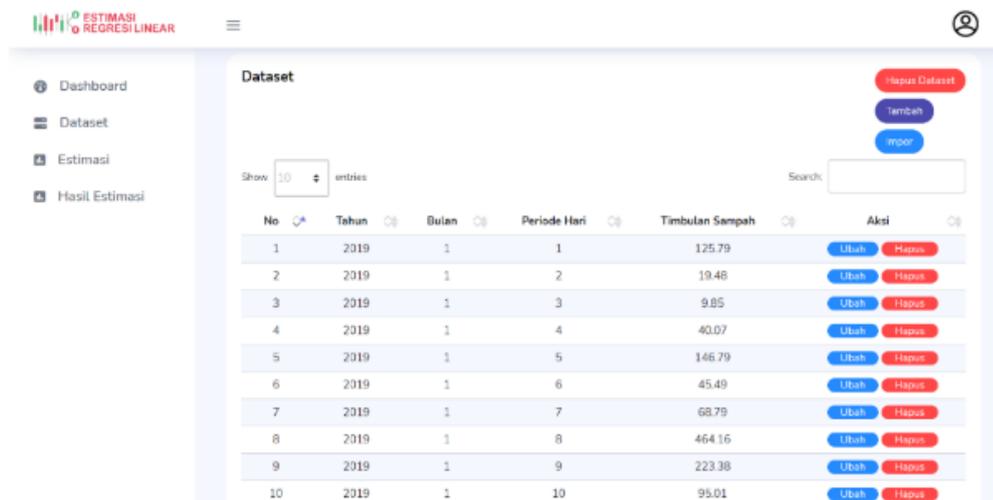
Berikut merupakan penerapan tampilan hasil dari setiap rancangan interface sistem yang telah dirancang dalam tahap perancangan sistem agar sesuai dengan kebutuhan sistem.



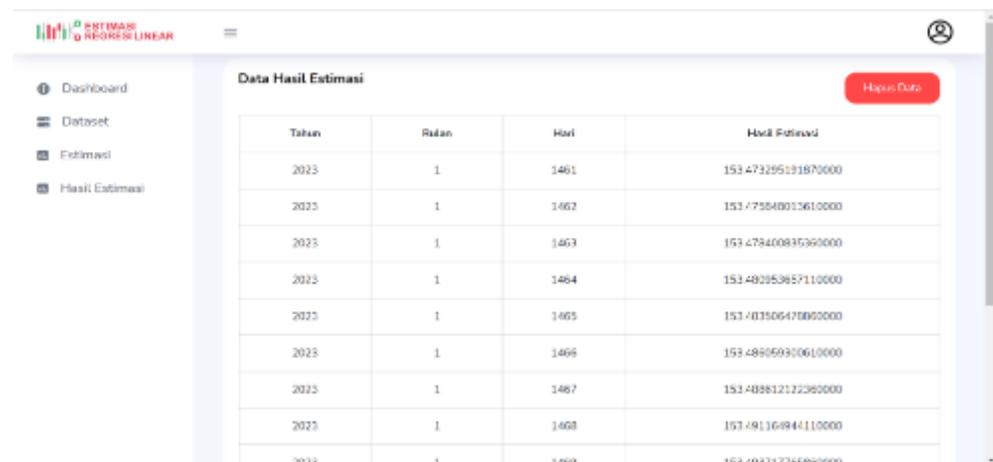
Gambar 7. Halaman login



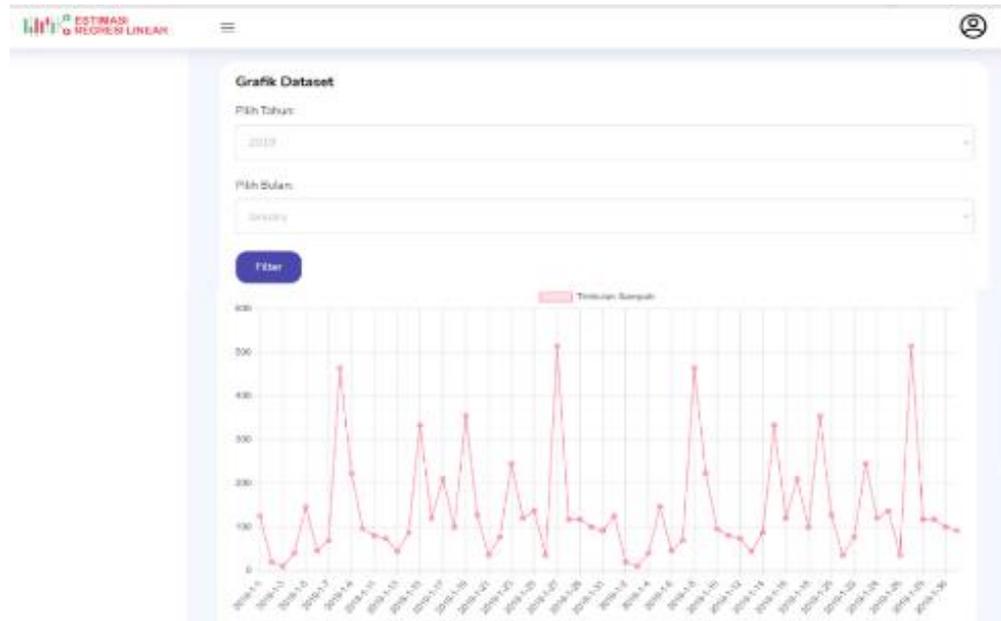
Gambar 8. Halaman Dashboard



Gambar 9. Halaman Dataset



Gambar 10. Halaman Hasil estimasi



Gambar 11. Halaman grafik dataset dan hasil estimasi

4. Analisis Hasil dan Pengujian Sistem

a. Analisis Hasil

Setelah perhitungan estimasi timbulan sampah menggunakan algoritma regresi linear sederhana diterapkan ke dalam sistem. Selanjutnya untuk analisis hasil yaitu melakukan perbandingan antara perhitungan manual dan perhitungan menggunakan sistem estimasi. Untuk memperoleh hasil perhitungan tingkat akurasi sistem dengan nilai kesalahan (error) dari perbandingan antara nilai estimasi yang dihitung secara manual dan hasil estimasi oleh sistem dalam estimasi timbulan sampah, maka penulis menggunakan metrik Mean Absolute Percentase Error (MAPE) dengan persamaan dan. Berdasarkan analisa untuk perbandingan hasil perhitungan estimasi algoritma regresi linear sederhana secara manual dan estimasi secara sistem ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan perhitungan manual dan sistem

| Periode Hari | Bulan | Tahun | Manual | Sistem estimasi | Error (%) |
|--------------|---------|-------|------------|-----------------|-----------|
| 1461 | Januari | 2023 | 163,286387 | 153,4732 | 6,01% |
| 1462 | Januari | 2023 | 163,717455 | 153,4758 | 6,26% |
| 1463 | Januari | 2023 | 164,148522 | 153,4784 | 6,50% |
| 1464 | Januari | 2023 | 164,57959 | 153,4809 | 6,74% |
| 1465 | Januari | 2023 | 165,010657 | 153,4835 | 6,99% |

Dari Tabel VI diperoleh hasil perhitungan nilai kesalahan (error) sistem untuk estimasi timbulan sampah dengan nilai error kurang dari 10% yang mana jika nilai MAPE rendah maka untuk nilai kesalahan hasil estimasi akan rendah.

Untuk hasil MAPE <10% (kurang dari 10%) yaitu masuk dalam kategori sangat akurat.

b. Pengujian Fungsional Sistem

Dalam menentukan sistem telah sesuai dengan kebutuhan dan berjalan dengan baik maka dilakukan pengujian fungsional. Tabel 8 adalah hasil pengujian fungsional.

Tabel 8. Pengujian Fungsional Sistem

| Kriteria Pengujian | Keberhasilan pengujian | |
|--|------------------------|-------|
| | Ya | Tidak |
| Sistem dapat menampilkan halaman login | √ | |
| Sistem dapat menampilkan halaman data set | √ | |
| Sistem dapat menampilkan halaman estimasi | √ | |
| Sistem dapat menampilkan halaman hasil estimasi | √ | |
| Sistem dapat menampilkan halaman grafik dataset | √ | |
| Sistem dapat menampilkan halaman grafik hasil estimasi | √ | |

D. Simpulan

Setelah melakukan penelitian yang telah penulis laksanakan maka diperoleh kesimpulan yaitu telah dilakukan perbandingan antara algoritma regresi linear dengan algoritma backpropagation dengan menggunakan data timbulan sampah dari tahun 2019 sampai tahun 2022 Kota Bitung Sulawesi Utara. Berdasarkan hasil evaluasi model untuk kedua algoritma menggunakan data uji (test) didapatkan bahwa pada proses pengujian regresi linear memiliki kinerja yang lebih baik dari pada model backpropagation. Untuk nilai error pengujian data uji (test) dengan metrik evaluasi MSE dan MAE pada model algoritma regresi linear yaitu sebesar 0,034382 dan 0,13332 dibandingkan dengan backpropagation didapatkan nilai MSE dan MAE sebesar 0,03457 dan 0.13974. Dengan penelitian ini telah dibuat sistem estimasi timbulan sampah menggunakan algoritma regresi linear sederhana dengan pengujian algoritma memiliki nilai error MAPE kurang dari 10% yang mana masuk dalam kategori sangat akurat.

E. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini berhasil diselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus, Rektor Universitas Negeri Manado, Dekan Fakultas Teknik, Seluruh Dosen Program Studi Teknik Informatika, Orang Tua, Pembimbing Akademik, Pembimbing Skripsi, Sahabat Penulis, dan Teman-teman kuliah Teknik Informatika angkatan 2020 yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

F. Referensi

- [1] L. Iftitah and M. M. Musta'in, "Pemanfaatan bank sampah dalam peningkatan pendapatan masyarakat Kabupaten Jombang," *Journal of Public Power*, vol. 2, no. 1, pp. 47–64, 2018.
- [2] E. Andina, "Analisis Perilaku Pemilahan Sampah di Kota Surabaya," *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, vol. 10, no. 2, pp. 119–138, 2019.

- [3] B. Arifin, T. Ihsan, O. N. Tetra, N. Nofrita, F. Goembira, and F. Adegustara, "Pengelolaan bank sampah dalam mendukung go green concept di Desa Ulakan Tapakis Kabupaten Padang Pariaman," *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*, vol. 3, no. 2, pp. 169–178, 2020.
- [4] R. Yanto, "Implementasi data mining estimasi ketersediaan lahan pembuangan sampah menggunakan algoritma simple linear regression," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, vol. 2, no. 1, pp. 361–366, 2018.
- [5] A. A. Suryanto and A. Muqtadir, "Penerapan metode mean absolute error (MAE) dalam algoritma regresi linear untuk prediksi produksi padi," *Saintekbu*, vol. 11, no. 1, pp. 78–83, 2019.
- [6] E. D. S. Mulyani and R. A. Jatnika, "Estimasi Ketersediaan Lahan Pertanian Beras Menggunakan Algoritma Regresi Linear," *INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: Journal of Information System*, vol. 4, no. 1, pp. 75–84, 2019.
- [7] D. Setiawan, N. Surojudin, and W. Hadikristanto, "Prediksi Penjualan Obat Dengan Algoritma Regresi Linear," *Prosiding Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 237–246, 2022.
- [8] T. Indarwati, T. Irawati, and E. Rimawati, "Penggunaan Metode Linear Regression Untuk Prediksi Penjualan Smartphone," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIKomSiN)*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [9] G. Guntoro, L. Costaner, and L. Lisnawita, "Prediksi Jumlah Kendaraan di Provinsi Riau Menggunakan Metode Backpropagation," *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 14, no. 1, pp. 51–57, 2019.
- [10] R. Sovia, M. Yanto, and P. Melati, "prediksi jumlah kunjungan wisata mancanegara dengan algoritma Backpropagation," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 2, pp. 355–362, 2020.
- [11] H. Putra and N. U. Walmi, "Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation," *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 100–107, 2020.
- [12] S. Sunardi, A. Yudhana, and G. Z. Muflih, "Sistem Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis)*, vol. 10, no. 2, pp. 155–162, 2020.
- [13] C. Loho, V. P. Rantung, and G. C. Rorimpandey, "Data Mining Rekomendasi Sekolah Calon Siswa SMA di Kota Tomohon Menggunakan Metode K-Means Clustering," *JOINTER: Journal of Informatics Engineering*, vol. 3, no. 02, pp. 1–9, 2022.
- [14] D. R. Sina, N. K. S. A. E. B. KUSRORONG, and N. D. Rumlaklak, "Kajian Machine Learning dengan Komparasi Klasifikasi Prediksi Dataset Tenaga Kerja Non-aktif," *J-Icon: Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 37–49, 2019.
- [15] G. N. Ayuni and D. Fitriannah, "Penerapan metode Regresi Linear untuk prediksi penjualan properti pada PT XYZ," *Jurnal telematika*, vol. 14, no. 2, pp. 79–86, 2019.
- [16] N. F. Hasan, K. Kusriani, and H. Al Fatta, "Analisis Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Penjualan Air Minum Dalam Kemasan," *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2019.

-
- [17] N. Safaat, D. Widiyanto, and N. Chamidah, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Prediksi Rata-Rata Harga Beras Premium Dan Medium," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Bidang Ilmu Komputer dan Aplikasinya*, 2020, pp. 721–732.
- [18] E. Kurniawan, H. Wibawanto, and D. A. Widodo, "Implementasi Metode Backpropagation dengan Inisialisasi Bobot Nguyen Widrow untuk Peramalan Harga Saham," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput*, vol. 6, no. 1, p. 49, 2019.
- [19] R. Awaluddin, R. Fauzi, and D. Harjadi, "Perbandingan Penerapan Metode Peramalan Guna Mengoptimalkan Penjualan (Studi Kasus Pada Konveksi Astaprint Kabupaten Majalengka)," *Jurnal Bisnisan: Riset Bisnis dan Manajemen*, vol. 3, no. 1, pp. 12–18, 2021.
- [20] R. Oktaviani, D. M. Midyanti, and S. Bahri, "Implementasi Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pln Rayon Sintang Berbasis Website," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 9, no. 01, pp. 119–130, 2021.