

# Optimalisasi Energi Pada Lift Berdasarkan Gerak Vertikal pada Lift Menggunakan Hybrid Naive Bayes

<sup>1</sup>Adika Prana Ihsanuddin, <sup>2\*</sup>Siti Sendari, <sup>3</sup>Ilham Ari Elbaith Zaeni, <sup>4</sup>M. Afnan Habibi,  
<sup>5</sup>Danang Arengga Wibowo

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Malang

<sup>1</sup>adika.prana.1905366@students.um.ac.id, <sup>2</sup>siti.sendari.ft@um.ac.id, <sup>3</sup>ilham.ari.ft@um.ac.id, <sup>4</sup>afnan.habibi.ft@um.ac.id,  
danang.arengga.ft@um.ac.id

---

## Article Info

### Article history:

Received: 07 November 2024

Revised: 27 November 2024

Accepted: 23 May 2025

### Keyword:

Optimalisasi Energi  
Lift  
Gerak Vertikal  
Naïve Bayes

---

## ABSTRACT (10 PT)

This research aims to optimize energy use in the elevator system based on vertical motion using the Hybrid Naive Bayes algorithm. Data was collected in Building B11, Faculty of Engineering, State University of Malang, during a certain period. To reduce energy consumption in buildings, elevator energy efficiency is one of the main focuses. This research classifies and predicts energy efficiency using elevator usage data, including vertical movement patterns, operational time, and load. The hybrid Naive Bayes algorithm was chosen for its ability to handle data uncertainty and its reliability in classification, especially when combined with other optimization methods. Accurate energy efficiency prediction results also enable building management to implement operational strategies that are more energy-efficient and environmentally friendly. Thus, this research is expected to significantly contribute to more efficient energy management in elevator systems in tall buildings.

Copyright © 2025 Jurnal JEETech.  
All rights reserved.

---

### Corresponding Author:

Siti Sendari,

Departmen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang,

Jl. Semarang No. 5 Malang.

Email: siti.sendari.ft@um.ac.id

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi pada sistem lift berdasarkan gerak vertikal menggunakan algoritma Hybrid Naive Bayes. Proses optimalisasi didasarkan pada pengumpulan data dilakukan di Gedung B11 Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang selama periode waktu tertentu, dalam upaya mengurangi konsumsi energi pada gedung bertingkat, efisiensi energi lift menjadi salah satu fokus utama. Dengan memanfaatkan data penggunaan lift yang meliputi pola pergerakan vertikal, waktu operasional, serta beban muatan, penelitian ini melakukan klasifikasi dan prediksi efisiensi energi. Algoritma Hybrid Naive Bayes dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian data serta keandalannya dalam klasifikasi, terutama saat dikombinasikan dengan metode optimisasi lainnya. Hasil prediksi efisiensi energi yang akurat juga memungkinkan manajemen gedung untuk menerapkan strategi operasional yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan energi yang lebih efisien pada sistem lift di gedung-gedung tinggi.

## I. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia, jumlah gedung tinggi meningkat pesat di kota-kota besar, baik untuk perkantoran, instansi, maupun dunia pendidikan. Universitas Negeri Malang salah satu

instansi pendidikan yang berada di kota Malang, Jawa Timur, juga berkembang dengan semakin banyaknya gedung-gedung tinggi yang dipergunakan untuk perkuliahan dan laboratorium [1]. Gedung-gedung tinggi tersebut, tentunya sangat membutuhkan fasilitas transportasi vertikal atau lebih dikenal sebagai lift untuk perpindahan orang dan barang dari satu lantai ke lantai yang lain. Secara fungsionalitasnya dapat dibedakan sebagai lift penumpang, lift barang, serta lift layanan. Masing-masing lift tersebut memiliki fitur-fitur sesuai penggunaannya, misal kapasitas berat, jumlah, juga fungsi kontrolnya [2][3].

Agar dapat digunakan sesuai kebutuhan, maka perencanaan lift perlu memperhatikan aspek teknis, seperti mesin penggeraksistem traksi, sehingga lift dapat digunakan dengan variasi kecepatan, durasi penggunaan, serta sesuai dengan berbagai macam bangunan [4]. Beberapa penelitian berfokus menangani perancangan lift dengan mempertimbangkan aspek-aspek teknis dan mekanis, meliputi: karakteristik muatan yang diangkat, kapasitas per jam yang diperlukan oleh dalam beroperasi, arah pergerakan lift, jarak perpindahan lift, mekanisme operasi dari lift, proses pembuatan lift, dan kondisi lokasi penempatan lift [5][6].

Dalam aspek operasional lift, pada umumnya dievaluasi dari penggunaan biaya operasional pemeliharaan dan perawatan Gedung yang hamper mencapai 10% dari seluruh anggaran, khususnya dalam biaya energi. Lift memainkan peran vital dalam kenyamanan penghuni gedung, namun konsumsi energinya yang signifikan menuntut perhatian lebih dalam pengelolaannya. Oleh karena itu, energi merupakan salah satu komponen penting dalam operasional bangunan tinggi, terutama dalam penggunaan sistem transportasi vertikal seperti lift. Berdasar hal ini optimasi penggunaan energi perlu menjadi pertimbangan dalam hal perencanaan, perawatan dan pemeliharaan lift. Beberapa riset telah mencoba mengembangkan optimasi lift penumpang elektrik, seperti optimasi operasi motor dengan tegangan dan torsi yang optimal [7]; penjadwalan operasi lift, khususnya lift multi operasi [8]. Berdasar kondisi hal ini, konsumsi energi menjadi evaluasi dan strategi dalam mengefisiensikannya [9][10].

Efisiensi energi pada lift dapat ditingkatkan melalui berbagai pendekatan, termasuk teknologi perangkat keras dan perangkat lunak. Seperti, dalam upaya meningkatkan efisiensi energi pada sistem lift, beberapa pendekatan dapat diterapkan, antara lain penggunaan teknologi sensor dan IoT untuk memantau pola penggunaan energi secara real-time (Adhicandra, 2024). Implementasi Model Predictive Control (MPC) untuk mengoptimalkan kontrol operasi lift berdasarkan prediksi kebutuhan masa depan (Siregar, 2018). Selain itu, pengenalan sistem regeneratif yang memungkinkan konversi energi potensial saat lift bergerak turun menjadi energi listrik juga telah terbukti mampu mengurangi konsumsi energi secara signifikan (Sasmita, 2018). Salah satu pendekatan yang menarik adalah penggunaan algoritma machine learning untuk menganalisis dan mengklasifikasikan pola konsumsi energi lift berdasarkan data operasional yang tersedia (Yusra et al., 2019). Algoritma Naive Bayes, dengan keunggulannya dalam penanganan data dengan fitur yang independen, menawarkan potensi besar dalam pengembangan sistem prediksi dan pengelolaan energi lift yang lebih efisien.

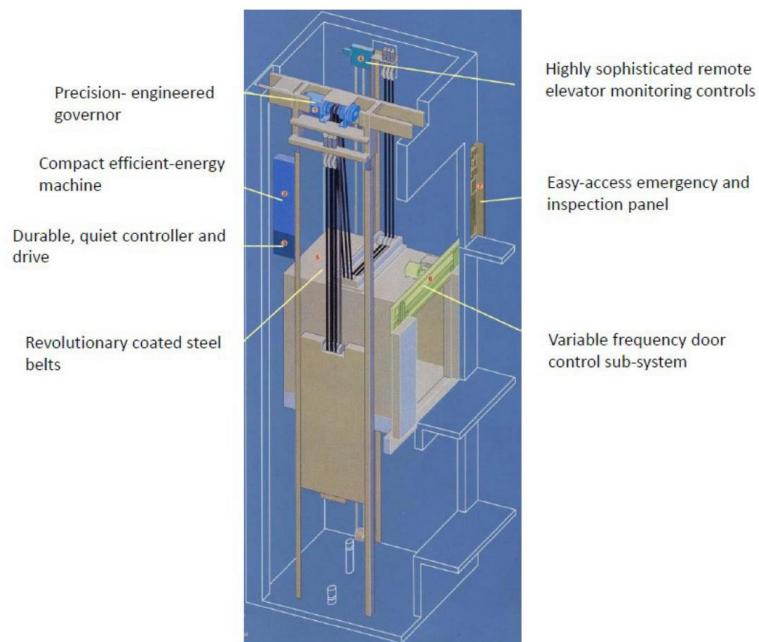
Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi lift secara efisien berdasarkan gerak vertikal menggunakan metode *Hybrid Naive Bayes*. Data operasional lift dikumpulkan dari Gedung B11 Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, mencakup waktu penggunaan, jumlah penumpang, dan konsumsi energi selama 1 bulan. Dengan menganalisis data ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam upaya penghematan energi di gedung tinggi dan membantu dalam perencanaan operasional lift yang lebih efisien.

Studi terdahulu menunjukkan bahwa efisiensi energi lift dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti frekuensi penggunaan, beban penumpang, dan durasi operasional (Siregar & Adnan, 2017; Wang et al., 2018). Penelitian ini memperkuat pemahaman tentang bagaimana pola penggunaan lift dan konsumsi energi dapat dioptimalkan melalui pendekatan berbasis data. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada literatur akademik tetapi juga memberikan implikasi praktis bagi pengelola gedung dalam mengimplementasikan strategi penghematan energi.

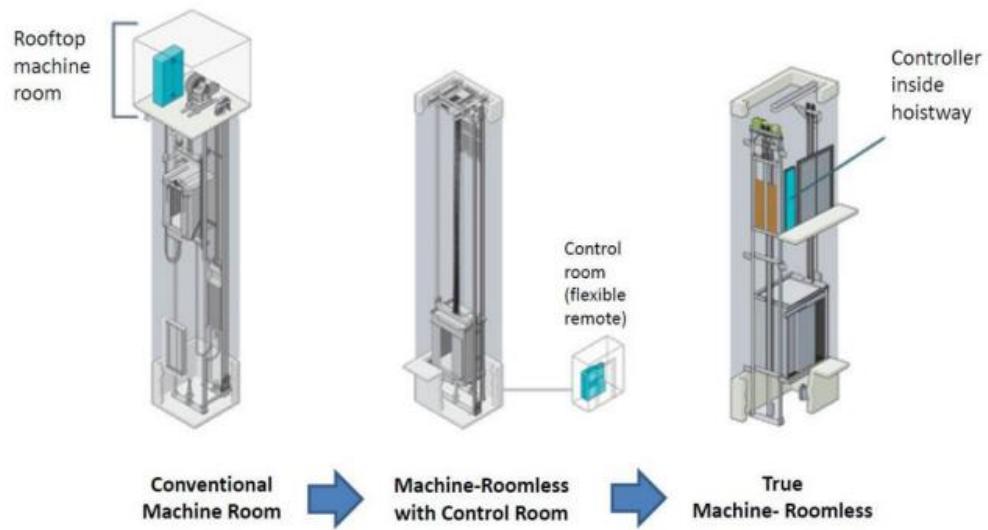
## II. Metode Penelitian

### A. Sistem Operasional Lift

Pada dasarnya lift dibedakan dalam dua tipe, yaitu lift hidrolis dan lift traksi. Pada studi ini lift yang dievaluasi adalah lift traksi. Lift traksi menggunakan penggerak motor elektrik yang dilengkapi dengan roda (*wheel*) dan tali baja untuk menarik kabin lift dari satu lantai ke lantai yang lain. Agar dapat beroperasi dengan baik, lift dilengkapi dengan ruang mesin yang juga dipergunakan untuk menyimpan roda. Lift traksi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu lift traksi dengan gear dan lift traksi tanpa gear. Perbedaan dari kedua jenis ini yang paling signifikan adalah dimensi, karena lift traksi tanpa gear tidak memerlukan ruang penyimpan mesin yang besar. Gambaran bagian lift ditunjukkan dalam gambar 1 dan penempatan lift dengan ruang mesinnya ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Lift (Al-Kodmany, 2023b)



Gambar 2. Lift Traksi (Al-Kodmany, 2023b)

### B. Parameter Kebutuhan Lift

Perencanaan kebutuhan lift memerlukan perhitungan parameter yang sesuai, antara lain (1) faktor beban puncak operasional (*peak load factor*) hal ini sesuai dengan fungsinya sebagai perkantoran, apartemen, rumah sakit atau pun perhotelan, (2) waktu tunggu yang diperlukan oleh pengguna, (3) waktu perjalanan bolak-balik (*round trip*) yang diperlukan oleh lift saat beroperasi, (4) kapasitas lift (*handling capacity*) yang menunjukkan seberapa banyak penumpang yang bisa dilayani, dan (5) kecepatan lift. Kecepatan lift sangat mempengaruhi waktu perjalanan bolak-balik lift, sebagaimana dinyatakan dalam persamaan berikut [11] :

$$T = ((2h+4v)(jl-1)+v(3kl+4))/s \quad (1)$$

Dimana T menunjukkan waktu (detik) yang diperlukan untuk bolak-balik, h merupakan tinggi lantai ke lantai (m), kl merupakan kapasitas lift (orang), jl merupakan jumlah lantai (buah), dan v menunjukkan kecepatan lift (m/detik).

### C. Metode Efisiensi Energi pada Sistem Lift

Efisiensi energi sistem lift sangat penting untuk mengurangi konsumsi energi di gedung-gedung tinggi. Ini karena sistem lift, terutama di gedung-gedung bertingkat, sering kali menyumbang sebagian besar energi yang dikonsumsi. Penelitian menunjukkan bahwa efisiensi energi pada sistem lift dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, termasuk perbaikan desain mekanis, penggunaan teknologi regeneratif, dan pengaturan operasional yang lebih baik. Efisiensi ini tidak hanya berhubungan dengan konsumsi energi, tetapi juga dengan pengurangan emisi karbon dan biaya operasional jangka panjang

Beberapa pendekatan untuk mengembangkan efisiensi penggunaan energi pada lift telah dipelajari, antara lain: penggunaan teknologi yang memanfaatkan *drives regenerative* untuk mengurangi penggunaan energi selama penggeraman atau pun saat standby [12]; penggunaan analisis data secara *real-time* untuk mengoptimalkan penggunaan lift [13], modifikasi komponen yang berkontribusi untuk menghemat energi [14], dan metode hybrid yang mengkombinasikan pengukuran dan perhitungan assessment untuk optimalisasi energi [15].

Konsumsi energi yang diperlukan oleh lift ditunjukkan dalam rumus berikut [15] :

$$E_h = E_p + E_{tp} \quad (2)$$

$$E_p = \frac{(n_h \times 0.5t_{av} \times R)}{3600} \quad (3)$$

$$E_{tp} = \frac{t_{tp}}{100} (P_{id}R_{id} + P_{st5}R_{st5} + P_{st30}R_{st30}) \quad (4)$$

$$E_y = E_h + H \quad (5)$$

Yang mana  $E_h$ ,  $E_p$ ,  $E_{tp}$ , and  $E_y$  secara berurutan menyimbolkan konsumsi energi harian, konsumsi energi saat beroperasi, konsumsi energi saat tidak beroperasi, dan konsumsi energi tahunan dengan satuan kWh. Lebih lanjut  $n_h$  menunjukkan jumlah operasional lift per hari,  $t_{av}$  merupakan waktu rata-rata yang diperlukan lift dalam beroperasi (s) dan R merupakan daya terukur dalam kW, dan H menunjukkan banyaknya hari beroperasi. Untuk energi yang digunakan saat *standby* atau *idle*, ditunjukkan dengan parameter  $t_{tp}$  waktu lift tidak beroperasi (s),  $P_{id}$  dan  $R_{id}$  adalah daya saat *idle*, sedangkan  $P_{stx}$  dan  $R_{stx}$  menunjukkan daya pada phase tidak beroperasi dengan menit (x=5, 30).

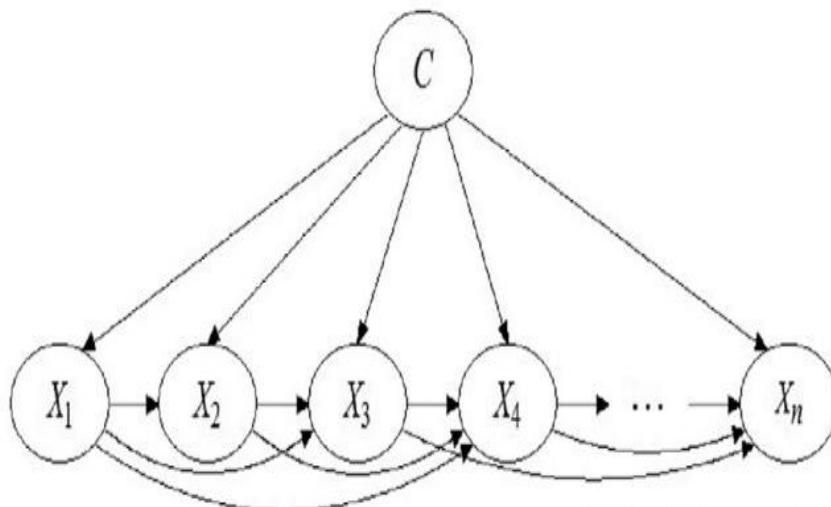
### D. Penerapan Teknologi Cerdas dalam Pengelolaan Energi

Penghematan energi pada sistem lift di gedung tinggi pada umumnya menggunakan pendekatan optimasi. Pendekatan konvensional biasanya menggunakan metode manual dan statis yang tidak fleksibel dalam penyesuaian waktu operasional dan rute lift tidak dapat disesuaikan dengan cepat, sehingga efektifitasnya terbatas. Hal ini menyebakan system tidak dapat beradaptasi dengan cepat, sehingga konsumsi energi tidak dapat dievaluasi secara real time yang mengakibatkan pemborosan energi [16].

Untuk mengatasi problem tersebut, diperlukan teknologi yang lebih maju dengan mengintegrasikan sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligent, AI*), yang mempunyai algoritma yang adaptif seperti *machine learning*, sehingga dapat menyesuaikan operasional lift secara otomatis berdasar data real-time. Penyesuaian

operasional lift dapat dilakukan dengan mengoptimalkan rute lift dengan mempelajari pola penggunaan lift [17][18] atau pun dengan memprediksi konsumsi energi lift [12][16].

*Naïve Bayes Classifier* atau *Naive Bayes* (NB) merupakan salah satu klasifikasi yang paling efektif dan efisien [20]. NB sangat efisien untuk dataset yang besar dan sering digunakan dalam aplikasi seperti klasifikasi teks, diagnosis medis, dan pengelolaan energi [21]. NB adalah model generatif yang berbasis pengklasifikasi dengan proses pembelajaran dan pengujian yang cepat. Varian umum dari NB termasuk Gaussian, *Multinomial*, dan *Bernoulli*. NB memiliki banyak keuntungan, salah satunya adalah mudah digunakan dan efektif dalam banyak situasi. Teorema Bayes digunakan oleh NB untuk melakukan klasifikasi dengan asumsi independensi yang kuat (naif). Ini menentukan kemungkinan perkiraan kelas berdasarkan kemungkinan fitur yang diamati. Namun, jangan lupa bahwa NB sangat memperhatikan pemilihan fitur. Terlalu banyak fitur dapat mengurangi waktu komputasi dan akurasi klasifikasi. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil terbaik dari penggunaan NB, pemilihan fitur yang tepat sangat penting [22].



Gambar 3. Struktur dari Naïve Bayes

Dengan berkembangnya ketergantungan *Naïve Bayes*, atribut sekarang dapat memiliki node induk selain kelas. Tujuannya adalah untuk menggunakan informasi ketergantungan antar atribut dengan baik. Dengan  $X_1, \dots, X_n$ ,  $C$  untuk mewakili atribut kontinu dan kelas,  $x_1, \dots, x_n$ ,  $c$  sebagai nilainya, dan  $D$  sebagai kumpulan data dengan  $N$  sampel, data dibangkitkan secara acak dengan distribusi probabilitas  $P$ ,  $X_{im}$ , dan  $c_m$  untuk mewakili nilai sampel no.  $m$  ( $1 \leq m \leq N$ ) dari  $X_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) dan  $C$  pada kumpulan data  $D$ , masing-masing [23]. Variabel dalam model probabilitas dan simpul dalam model grafik yang sesuai tidak selalu dibedakan.

### III. Hasil dan Pembahasan

Metode *Gaussian Naïve Bayes* digunakan untuk klasifikasi. Saat data kontinu ditemukan, ini mengasumsikan distribusi normal (*Gaussian*). Selama proses pelatihan, data dibagi menjadi kelas, dan fitur kontinu rata-rata dan standar dihitung untuk setiap kelas. Selanjutnya, algoritma ini akan menggunakan distribusi *Gaussian* yang sudah dihitung sebelumnya untuk menentukan kemungkinan bahwa data kontinu tersebut berasal dari setiap kelas ketika model *Gaussian Naive Bayes* digunakan untuk memprediksi kelas data baru[21]. Nilai probabilitas bahwa data baru akan berasal dari setiap kelas dihitung oleh algoritma dengan menggunakan rata-rata dan standar deviasi yang telah diketahui. Untuk klasifikasi data baru, probabilitas untuk setiap kelas dibandingkan, dan kelas dengan probabilitas tertinggi dianggap sebagai kelas yang paling mungkin untuk data tersebut. Metode *Gaussian Naïve Bayes* memungkinkan klasifikasi data baru berdasarkan estimasi probabilitas. Ini dicapai dengan menggunakan distribusi *Gaussian* dari fitur kontinu dan asumsi independensi antar fitur yang ada dalam algoritma *Naïve Bayes*.

Untuk melakukan perhitungan manual, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan[24] :

1. Probabilitas dari setiap atribut

Dalam tahap ini, kita perlu menghitung probabilitas setiap atribut dalam dataset dengan menggunakan distribusi *Gaussian*. Dalam konteks *Naïve Bayes*, kita menggunakan semua fitur berbeda satu sama lain (naif), jadi kita bisa menghitung probabilitas pada setiap atribut secara independen.

$$P(x_i|c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x_i - \mu_{c,i})^2}{2\sigma_{c,i}^2}\right)$$

Keterangan:

$P(x_i|c)$  adalah probabilitas bahwa atribut  $x_i$  memiliki nilai tertentu dalam kelas c.

$\mu_{c,i}$  adalah rata-rata atribut  $x_i$  dalam kelas c.

$\sigma_{c,i}$  adalah deviasi standar atribut  $x_i$ , dalam kelas c.

2. Bobot dari setiap *class*

Dalam hal ini, bobot mengacu pada probabilitas a priori dari setiap kelas yang ada dalam dataset. Ini adalah probabilitas murni dari sebuah instance yang dipilih secara acak ke dalam kelas tertentu tanpa mempertimbangkan fitur-fitur yang ada di dalamnya.

$$P(c) = \frac{\text{Jumlah instance data dalam kelas } c}{\text{Total jumlah instance data dalam semua kelas}}$$

3. Akurasi dari setiap data

Dalam tahap ini, kita akan menerapkan model yang telah dilatih untuk mengklasifikasikan data dalam set pengujian dan mengetahui seberapa sering prediksi cocok dengan label asli untuk menghitung akurasi. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk menghitung akurasi.

4. Membuat *Confusion Matrix*

*Confusion Matrix* merupakan tabel yang menjelaskan kinerja algoritma klasifikasi. Tabel ini akan menggambarkan secara detail tentang seberapa baik dan buruk model dalam mengklasifikasikan data, termasuk *True Positives*, *False Positives*, *True Negatives*, dan *False Negatives*.

5. Nilai akurasi

Akurasi adalah ukuran umum dari kinerja model, yang didapat dari *Confusion Matrix*. Ini adalah rasio dari jumlah prediksi yang benar, yaitu *True Positives* dan *True Negatives*, dibagi dengan jumlah prediksi total.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah prediksi benar}}{\text{Total jumlah data pengujian}} \times 100\%$$

6. Uji coba data baru

Setelah model dilatih dan dievaluasi, langkah selanjutnya adalah menerapkannya pada data baru. Ini memungkinkan kita melihat bagaimana model akan berfungsi pada data yang sebelumnya tidak pernah kita lihat dan menunjukkan bagaimana model berfungsi di dunia nyata.

Pada paper ini, kasus yang dievaluasi adalah lift yang beroperasi di Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Lift yang merupakan lift general untuk 4 lantai dengan spesifikasi sebagai mana ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik penggunaan lift

Tipe	Gearless traction
Dimensi ruang lift	
Kapasitas, beban rata-rata	13 penumpang; 1000 Kg
Jumlah Lantai	4
Rata-rata kecepatan (m/det)	1.5
Rata-rata daya (kW)	15
Jarak perjalanan	5.2
Counterbalancing	50
Operasi waktu untuk buka/tutup pintu (Second)	2
Percepatan	1.00 (gearless traction type)
Delay naik/turun (Second)	3.5

#### A. Studi Kasus Pergerakan Lift

Efisiensi energi sistem lift sangat penting untuk mengurangi konsumsi energi di gedung-gedung tinggi. Sehingga optimasi dievaluasi dari beberapa kasus yang mungkin terjadi dalam pengaturan lift di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.

Operasi umum yang dilakukan oleh pengguna adalah dengan menekan “tombol naik/turun” untuk memilih naik atau turun di sembarang lantai. Kabin lift akan menuju lantai dimana pengguna menekan “tombol naik/turun”. Setelah sampai pada lantai yang dituju, maka pintu kabin lift akan terbuka, pengguna bisa masuk ke dalam kabin lift dan pintu kabin lift akan tertutup secara otomatis dalam rentang waktu tertentu. Selanjutnya pengguna perlu menekan lantai mana yang akan dituju, selanjutnya kabin lift akan bergerak menuju lantai yang dituju. Operasi tersebut berjalan normal sebagaimana umumnya, namun, apabila terdapat permintaan dari pengguna dari lantai berbeda menuju lantai tertentu, hal ini perlu dikaji efisiensinya, sebagai contoh kasus di bawah ini.

**Kasus 1 :** 1 orang pengguna berada di lantai 1, kabin lift berada di lantai 2, pengguna ingin berpindah ke lantai 3, maka perhitungan energi yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut:

#### Penyelesaian kasus 1

Pergerakan lift :

(lantai 2) → (lantai 1) → (lantai 3)

$$E_{p2,1} = \frac{(16 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{3132}{3600} = 0,9 \text{ J}$$

$$E_{p1,3} = \frac{(84,8 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{16599,6}{3600} = 4,6 \text{ J}$$

$$E_{tp} = \frac{75}{100} ((50 \times 1,5) + (1000 \times 1) + (500 \times 1)) = 0,75 \times 1575 = 1181,25 \text{ J}$$

$$E_h = (E_{p2,1} + E_{p1,3}) + E_{tp} = (0,9 + 4,6) + 1181,25 = 1186,75 \text{ J}$$

$$E_y = 1186,75 + 18 = 1204,75 \text{ J}$$

**Kasus 2 :** ada 2 orang berada di lantai 1 dan di lantai 3, kabin lift berada di lantai 2, pengguna di lantai 1 ingin ke lantai 4, sedangkan pengguna di lantai 3 ingin menuju lantai 1, penyelesaian kasus ini dapat terjadi sebagai berikut :

Penyelesaian Kasus 2 cara 1

Kabin: (lantai 2) → (lantai 3) → (lantai 1) → (Lantai 4)

$$E_{p2,3} = \frac{(2,7 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{528,5}{3600} = 0,15 \text{ J}$$

$$E_{p3,1} = \frac{(78,9 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{15444,7}{3600} = 4,3 \text{ J}$$

$$E_{p1,4} = \frac{(61,4 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{12019,1}{3600} = 3,4 \text{ J}$$

$$E_h = (0,15 + 4,3 + 3,4) + 1181,25 = 1189,1 \text{ J}$$

$$E_y = 1189,1 + 18 = 1207,1 \text{ J}$$

Penyelesaian kasus 2 cara 2

Kabin: (lantai 2) → (lantai 1) → (lantai 3) → (Lantai 4) → (Lantai 3) → (Lantai 1)

$$E_{p2,1} = \frac{(16 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{3132}{3600} = 0,9 \text{ J}$$

$$E_{p1,3} = \frac{(84,8 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{16599,6}{3600} = 4,6 \text{ J}$$

$$E_{p3,4} = \frac{(3,9 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{763,5}{3600} = 0,2 \text{ J}$$

$$E_{p4,3} = \frac{(5,6 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{1096,2}{3600} = 0,3 \text{ J}$$

$$E_{p3,1} = \frac{(78,9 \times 0,5 \times 26,1 \times 15)}{3600} = \frac{15444,7}{3600} = 4,3 \text{ J}$$

$$E_h = (0,9 + 4,6 + 0,2 + 0,3 + 4,3) + 1181,25 = 1191,5 \text{ J}$$

$$E_y = 1191,5 + 18 = 1209,5 \text{ J}$$

Dalam skenario di atas, sistem harus memutuskan apakah lift harus naik atau turun terlebih dahulu untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Pertimbangan efisiensi energi menjadi penting, terutama dalam bangunan bertingkat tinggi di mana lift beroperasi secara terus-menerus sepanjang hari. Penentuan prioritas lift dalam kasus ini dilakukan dengan memperhatikan beberapa variabel, seperti waktu tempuh, arah perjalanan lift, dan jumlah permintaan dari setiap lantai.

#### B. Naïve Bayes Gaussian Penentuan Gerak Lift

Pada penelitian ini, algoritma *gaussian naïve bayes* digunakan sebagai alat klasifikasi utama untuk memprediksi pergerakan lift yang lebih efisien. Dengan data yang telah diperoleh dari proses pengumpulan data selama 1 bulan yang terbagi menjadi 2 minggu waktu perkuliahan dan 2 minggu waktu libur. Dari banyaknya data yang telah diambil, akan digunakan 4 data sebagai variabel yang mempengaruhi yaitu jam operasional, jumlah penumpang, waktu total, energi serta data label atau dipengaruhi yaitu gerak vertikal. Setelah itu data akan diolah menggunakan *google collab* untuk melakukan klasifikasi dengan algoritma tersebut.

Pada google collab dilakukan import library terlebih dahulu. Terdapat 2 *library* utama yaitu *pandas* dan *sklearn*. *Pandas* digunakan untuk mengolah data yang bentuknya terstruktur seperti data excel. *Sklearn* untuk melakukan data mining mulai dari pre-prosesing data, pengolahan data menggunakan algoritma tertentu sampai evaluasi data. Pada *library sklearn* memiliki beberapa tipe yaitu *LabelEncoder* untuk mengkonfersi data kategorikal yang berbentuk string/huruf menjadi numerik agar lebih mudah dipelajari oleh komputer, *train\_test\_split* digunakan untuk membagi data kedalam data latih dan data uji, *StandartScaler* digunakan untuk mengskalakan data numerik agar rentang tidak terlalu jauh, *GaussianNB* merupakan algoritma naïve bayes, *confusion\_matrix* untuk menguji kinerja model yang dibuat, terakhir untuk *classification\_report* dan *accuracy\_score* merupakan klasifikasi yang umum digunakan untuk algoritma klasifikasi.

Selanjutnya dilakukan pembacaan dataset, dataset merupakan data yang digunakan untuk melatih, menguji, atau mengevaluasi model *machine learning* yang digunakan untuk melatih, menguji, atau mengevaluasi model machine learning.

#### Alasan Penggunaan Algoritma Naive Bayes

Algoritma Naive Bayes dipilih untuk penelitian ini karena beberapa alasan utama:

1. Kesederhanaan dan Efisiensi: Naive Bayes adalah salah satu algoritma klasifikasi yang paling sederhana dan efisien dalam hal komputasi. Algoritma ini sangat cocok untuk menangani dataset besar yang mungkin dihasilkan dari sistem lift dalam gedung tinggi.
2. Kemampuan Menangani Kasus Nonlinearitas: Walaupun Naive Bayes mengasumsikan independensi antar fitur, algoritma ini tetap memberikan hasil yang baik dalam kasus-kasus di mana terdapat ketergantungan yang lemah antar fitur, seperti pada kasus penekanan tombol lift di beberapa lantai.
3. Interpretabilitas: Model yang dihasilkan oleh Naive Bayes mudah diinterpretasikan, sehingga memudahkan dalam memahami dan menjelaskan keputusan yang dibuat oleh sistem, khususnya terkait dengan penghematan energi.

#### Proses Pre-Processing Data

Sebelum data dimasukkan ke dalam model Naive Bayes, data mentah harus melalui beberapa tahap pre-processing:

1. Pengumpulan Data: Data diambil dari log aktivitas lift yang mencatat waktu, lantai asal, lantai tujuan, dan status energi.
2. Pembersihan Data: Menghilangkan atau memperbaiki data yang hilang (missing values) dan data yang tidak valid.
3. Normalisasi: Menormalkan fitur-fitur yang berbeda dalam skala agar memiliki bobot yang setara dalam model.
4. Feature Engineering: Membuat fitur baru yang dapat membantu meningkatkan akurasi model, seperti rasio permintaan antar lantai dan arah pergerakan lift.

## IV. Kesimpulan

Algoritma Hybrid Naive Bayes dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian data serta keandalannya dalam klasifikasi, terutama saat dikombinasikan dengan metode optimisasi lainnya. Hasil prediksi efisiensi energi yang akurat juga memungkinkan manajemen gedung untuk menerapkan strategi operasional yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan energi yang lebih efisien pada sistem lift di gedung-gedung tinggi.

## V. Daftar Pustaka

- [1] A. Syaifudin, “Analisis Kelayakan Elevator Studi Kasus Hotel Grand Tjokro Dan Mataram City Yogyakarta,” *Inersia*, vol. X, no. 2, pp. 186–196, 2014.
- [2] K. Al-Kodmany, “Elevator Technology Improvements: A Snapshot,” *Encyclopedia*, vol. 3, no. 2, pp. 530–548, 2023, doi: 10.3390/encyclopedia3020038.
- [3] X. Zhang and M. U. Zubair, “Extending the useful life of elevators through appropriate maintenance strategies,” *J. Build. Eng.*, vol. 51, no. October 2021, p. 104347, 2022, doi: 10.1016/j.jobe.2022.104347.

- [4] A. Fahriansyah, "Perencanaan Lift Penumpang Dengan Sistem Penggerak Tipe Traksi Kapasitas 600 Kg Untuk Keperluan Gedung Rumah Sakit Studi ...," 2021, [Online]. Available: <http://eprints.uniska-bjm.ac.id/9140/0Ahttp://eprints.uniska-bjm.ac.id/9140/1/ARTIKEL ALIYAN FAHRIANSYAH-dikonversi.pdf>
- [5] A. Hamsi, I. A. Siregar, M. Sabri, Mahadi, and Tugiman, "Simulasi Perancangan Dan Pembuatan Shop Drawing Pada Pembangunan Lift Penumpang Kapasitas 20 Orang/1350 Kg," *Dinamis*, vol. 6, no. 2, p. 11, 2018, doi: 10.32734/dinamis.v6i2.7102.
- [6] A. Sulistyo, "OPTIMASI PERHITUNGAN ULANG KEBUTUHAN LIFT PENUMPANG TYPE IRIS1-NV PA 20 (1350) C0105 PADA GEDUNG APARTEMEN 17 LANTAI," no. 112, pp. 3–10.
- [7] R. H. Issa, H. Sarhan, and I. K. Al-abbas, "Optimization of Electric Passenger Elevator Available online www.jsaer.com Journal of Scientific and Engineering Research , 2021 , 8 ( 5 ): 43-55 Optimization of Electric Passenger Elevator," no. June, 2021.
- [8] J. Zhang and Q. Zong, "Energy-saving scheduling optimization under up-peak traffic for group elevator system in building," *Energy Build.*, vol. 66, pp. 495–504, 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.07.069.
- [9] A. De Almeida, E. Dütschke, C. Patrao, S. Hirzel, and J. Fong, "Elevators and escalators: Energy performance and Strategies to promote energy efficiency," no. April, 2010.
- [10] T. (2022). Glad, A., Kokkala, J., Ruokokoski, M., Sorsa, J., & Tukia, "Reducing Energy Consumption by an Optimization Algorithm," *The 2022 International Elevator & Escalator Symposium, Barcelona, Spain*. [Online]. Available: <https://elevatorworld.com/article/reducing-energy-consumption-by-an-optimization-algorithm-in-elevator-group-control/>
- [11] A. F. Afifah, T. Herlintang, D. Ratna, and N. Hartono, "Analisa Kebutuhan Dan Manajemen Pemeliharaan Elevator Pada Gedung Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah," *Wahana Tek. Sipil J. Pengemb. Tek. Sipil*, vol. 22, no. 1, pp. 17–28, 2017.
- [12] A. C. H. J. Thebuwena, S. M. S. M. K. Samarakoon, and R. M. C. Ratnayake, "Optimization of energy consumption in vertical mobility systems of high-rise office buildings: A case study from a developing economy," *Energy Effic.*, vol. 17, no. 6, 2024, doi: 10.1007/s12053-024-10246-5.
- [13] T. M. Wut, "Elevator Energy-Efficient Projects in the Next Generation of High-Rise Green Buildings BT - Sustainable Energy and Green Finance for a Low-carbon Economy: Perspectives from the Greater Bay Area of China," J. Fu and A. W. Ng, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 245–258. doi: 10.1007/978-3-030-35411-4\_13.
- [14] H. Sachs, H. Misuriello, and S. Kwattra, "Advancing elevator energy efficiency," *Rep. A1501*, no. January, 2015, [Online]. Available: <https://unepdtu.org/wp-content/uploads/sites/3/2016/03/a1501.pdf>
- [15] J. H. Ang, Y. Yusup, S. A. Zaki, A. Salehabadi, and M. I. Ahmad, "Comprehensive Energy Consumption of Elevator Systems Based on Hybrid Approach of Measurement and Calculation in Low-and High-Rise Buildings of Tropical Climate towards Energy Efficiency," *Sustain.*, vol. 14, no. 8, pp. 1–21, 2022, doi: 10.3390/su14084779.
- [16] Y. Zhang, Z. Yan, F. Yuan, J. Yao, and B. Ding, "A novel reconstruction approach to elevator energy conservation based on a DC micro-grid in high-rise buildings," *Energies*, vol. 12, no. 1, 2019, doi: 10.3390/en12010033.
- [17] P. A. Markos and A. J. Dentsoras, "An integrated mathematical method for traffic analysis of elevator systems," *Appl. Math. Model.*, vol. 105, pp. 50–80, 2022, doi: 10.1016/j.apm.2021.12.021.
- [18] Y. Wu and J. Yang, "Directional optimization of elevator scheduling algorithms in complex traffic patterns[Formula presented]," *Appl. Soft Comput.*, vol. 158, no. April 2023, 2024, doi: 10.1016/j.asoc.2024.111567.
- [19] A. N. Z. Rashed *et al.*, "Connected smart elevator systems for smart power and time saving," *Sci.*

*Rep.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-69173-1.

- [20] K. M. Al-Aidaroos, A. Abu Bakar, and Z. Othman, “Naïve Bayes variants in classification learning,” *Proc. - 2010 Int. Conf. Inf. Retr. Knowl. Manag. Explor. Invis. World, CAMP’10*, pp. 276–281, 2010, doi: 10.1109/INFRKM.2010.5466902.
- [21] M. I. Ghazali, “IMPLEMENTASI METODE GAUSSIAN NAÏVE BAYES UNTUK MEMBANGUN MODEL PREDIKSI SERANGAN JANTUNG SKRIPSI Oleh: MUHAMMAD IMAM GHODZALI NIM. 200605110154 PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MAL,” Malang, 2024.
- [22] Heliyanti Susana, “Penerapan Model Klasifikasi Metode Naive Bayes Terhadap Penggunaan Akses Internet,” *J. Ris. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.52005/jursistekni.v4i1.96.
- [23] S. C. Wang, R. Gao, and L. M. Wang, “Bayesian network classifiers based on Gaussian kernel density,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 51, pp. 207–217, 2016, doi: 10.1016/j.eswa.2015.12.031.
- [24] K. B. P. Y. Perkasa and F. Eka Purwiantono, “Sistem Rekomendasi Jurusan Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Gaussian Berbasis Web,” *J-Intech*, vol. 11, no. 2, pp. 361–370, 2023, doi: 10.32664/j-intech.v11i2.1090.