

## ANALISIS EFISIENSI ENERGI MOTOR PENGGERAK *LIFT COLOUMB* PADA AVIOBRIDGE (GARBARATA) DI BANDAR UDARA JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

Riska Prianto<sup>1\*</sup>, Agung Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Raya Gunungpati No.KM.15, Nongkosawit, Gunungpati, Semarang 50224.  
Email: [22103011039@student.unwahas.ac.id](mailto:22103011039@student.unwahas.ac.id)

### Abstrak

*Aviobridge merupakan fasilitas penting pada bandara yang berfungsi menghubungkan terminal dengan pintu pesawat secara aman dan nyaman. Salah satu komponen utama aviobridge adalah sistem lift coloumb yang berfungsi mengatur pergerakan vertikal cabin sehingga dapat menyesuaikan ketinggian pintu pesawat. Sistem ini digerakkan oleh motor induksi tiga fasa yang bekerja setiap kali proses boarding dan debarking berlangsung, sehingga efisiensi energinya menjadi aspek penting dalam operasional bandara. Penelitian ini bertujuan menganalisis konsumsi daya, daya keluaran, torsi, serta efisiensi energi motor penggerak lift coloumb pada aviobridge di Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data spesifikasi motor, analisis gaya angkat berdasarkan massa aviobridge, perhitungan daya listrik masukan dan keluaran, serta perhitungan efisiensi menggunakan rumus standar motor induksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya masuk motor berdasarkan arus nominal 7,85 A adalah 4,38 kW, sementara daya keluaran ditentukan dari gaya angkat 294.300 N dengan kecepatan 1,5 m/menit. Perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi aktual lebih rendah dibandingkan efisiensi nominal akibat adanya rugi-rugi mekanis pada gearbox, friksi ball screw, dan beban dinamis struktur. Penelitian ini memberikan dasar evaluasi untuk peningkatan kinerja aviobridge serta efisiensi energi fasilitas bandara.*

**Kata kunci** aviobridge, lift coloumb, motor induksi, efisiensi energi, garbarata)

### 1. PENDAHULUAN

Aviobridge atau garbarata merupakan fasilitas penunjang penting pada operasional bandar udara yang berfungsi menghubungkan terminal dengan pintu pesawat secara aman dan nyaman. Keberadaan aviobridge membantu meningkatkan kualitas pelayanan bandara, terutama pada saat proses embarkasi dan debarkasi penumpang. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan garbarata memiliki pengaruh signifikan terhadap kenyamanan dan kepuasan penumpang (Fahmi & Fauziah, 2024).

Salah satu komponen utama aviobridge adalah lift coloumb, yaitu mekanisme penggerak vertikal yang digunakan untuk menyesuaikan tinggi cabin dengan pintu pesawat. Sistem ini digerakkan oleh motor induksi tiga fasa yang terhubung dengan gearbox dan mekanisme ulir pengangkat. Karena pergerakan cabin dilakukan setiap kali pesawat tiba atau berangkat, motor bekerja berulang dan mengonsumsi energi cukup besar, sehingga efisiensi energinya perlu dianalisis secara berkala.

Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang menerapkan konsep penghematan energi pada fasilitas pendukung, termasuk aviobridge. Penurunan efisiensi motor dapat menyebabkan peningkatan konsumsi daya, beban kerja motor yang tidak optimal, serta mempercepat kerusakan komponen mekanis. Oleh karena itu, analisis efisiensi motor penggerak lift coloumb penting dilakukan untuk mengetahui performa aktual motor serta potensi peningkatan kinerja sistem.

Penelitian ini bertujuan menganalisis daya masuk, daya keluaran, gaya angkat, dan efisiensi energi motor penggerak lift coloumb pada aviobridge. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi acuan evaluasi dalam upaya peningkatan efisiensi energi serta pemeliharaan fasilitas aviobridge di lingkungan bandara.

## 2. METODOLOGI

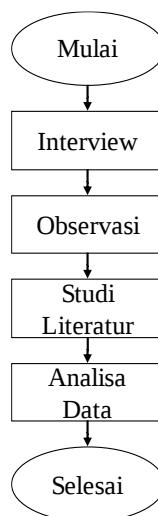
Metodologi penelitian ini sepenuhnya didasarkan pada analisis perhitungan teknis menggunakan pendekatan numerik dan data lapangan yang diperoleh melalui observasi langsung pada sistem lift coloumb aviobridge. Analisis dilakukan dengan menggunakan parameter kelistrikan motor induksi tiga fasa, data mekanis sistem pengangkat, serta perhitungan gaya angkat dan daya keluaran berdasarkan massa struktur aviobridge.

Tahap awal penelitian dimulai dengan pengumpulan data teknis motor, meliputi tegangan, arus nominal, faktor daya, serta karakteristik mekanis seperti kecepatan gerak vertikal dan kapasitas beban. Setelah data diperoleh, dilakukan pemodelan perhitungan menggunakan persamaan standar motor induksi untuk menentukan daya masuk, gaya angkat, dan efisiensi energi aktual sistem.

Proses perhitungan dilakukan secara sistematis dengan beberapa asumsi dasar, antara lain kondisi operasi motor pada keadaan tunak (steady-state), beban kerja sesuai data lapangan, serta mekanisme transmisi bekerja dalam kondisi normal tanpa gangguan mekanis. Semua tahapan penelitian kerja praktik ini kemudian disusun dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang pada Divisi Mechanical Section.



Gambar 2. 1 Diagram alir penelitian

### 2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah untuk memperoleh informasi teknis yang diperlukan dalam analisis efisiensi energi motor penggerak lift coloumb. Tahap pertama adalah observasi langsung pada unit aviobridge di Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang untuk mengidentifikasi komponen mekanis, sistem penggerak, serta kondisi operasional motor. Tahap kedua adalah pencatatan spesifikasi teknis motor dan gearbox yang diperoleh dari nameplate, dokumen manual, serta data teknis dari pihak maintenance.

Selain itu, dilakukan pula pengukuran dan pencatatan parameter operasi seperti arus nominal, tegangan suplai, kecepatan kerja vertikal, serta frekuensi penggunaan. Dokumentasi visual melalui foto dan video juga dilakukan untuk mendukung proses analisis mekanis dan memvalidasi kondisi aktual sistem. Seluruh data yang diperoleh digunakan sebagai dasar perhitungan daya masuk, daya keluaran, gaya angkat, dan efisiensi energi motor.

### 2.3 Data Teknis Motor dan sistem

Data teknis Motor dan sistem diambil dari Observasi di lapangan dan Wawancara bersama 2 teknisi Garbarata, mas Rahmat dan mas Amat

Tabel 2. 1 Data Spesifikasi Ball Screw

| No. | Parameter               | Spesifikasi |
|-----|-------------------------|-------------|
| 1   | Model                   | RL2002      |
| 2   | Max Major Diameter      | 2.000       |
| 3   | Lead                    | 500         |
| 4   | Nominal Ball Diameter   | 375         |
| 5   | Maximum Static Capacity | 143,4       |

Tabel 2. 2 Data Spesifikasi Penggerak lift coloumb

| No. | Parameter                 | Spesifikasi             |
|-----|---------------------------|-------------------------|
| 1   | Jenis Motor               | Motor Induksi Tiga Fasa |
| 2   | Daya Nominal Motor        | 3,7 kW (5 HP)           |
| 3   | Tegangan Kerja            | 380 V                   |
| 4   | Arus Nominal              | 7,85 A                  |
| 5   | Faktor Daya (cos $\phi$ ) | 0,85                    |
| 6   | Kecepatan Nominal         | 1450 rpm                |
| 7   | Jumlah Motor Penggerak    | 2 Unit                  |
| 8   | Tipe Gear Reducer         | Cyclo Drive Size 23     |
| 9   | Rasio Reduksi             | 121.01.00               |
| 10  | Torque Rating Gearbox     | 55 – 603.000 lb·in      |
| 11  | Power Rating Gearbox      | 10 – 235 HP             |

### 2.4 Rumus Perhitungan

- a. Rumus Daya Masuk (Input Power)

$$R_{in} = \sqrt{3} x v x i x \cos \phi \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

|             |                               |          |
|-------------|-------------------------------|----------|
| $P_{in}$    | = Daya Listrik masuk ke motor | (Watt)   |
| $V$         | = Tegangan Listrik Antar Fasa | (Volt)   |
| $I$         | = Arus Listrik Perfasa        | (Ampere) |
| $\cos \phi$ | = Faktor Daya                 |          |
| $\sqrt{3}$  | = Konstanta Sistem 3 Fasa     |          |

## b. Daya Keluaran

$$P_{out} = F \times v \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

|          |                                 |               |
|----------|---------------------------------|---------------|
| $P_{in}$ | = Daya Listrik keluar           | (Watt)        |
| $F$      | = Gaya Angkat Vertikal          | (Newton)      |
| $v$      | = Kecepatan Gerak Vertikal Lift | Coloumb (m/s) |

## c. Gaya dihitung dari massa beban

$$F = m \times g \dots\dots\dots (2.3)$$

## d. Perhitungan Torsi Motor

Perhitungan Torsi Motor Dapat dihitung menggunakan Rumus Tersebut:

$$T = \frac{P_{out}}{\omega} \dots\dots\dots (2.3)$$

## e. Rumus Efisiensi Energi Motor

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

|           |                               |        |
|-----------|-------------------------------|--------|
| $\eta$    | = Efisiensi Energi            |        |
| $P_{in}$  | = Daya Listrik masuk ke motor | (watt) |
| $P_{out}$ | = Daya Listrik Keluar         | (watt) |

## f. Torsi Efektif dengan Ball Screw

$$\tau_{Efektif} = \tau_{Gb} \times \eta_{Ballscrew} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

|                    |                                                                                                                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tau_{efektif}$   | = Torsi efektif yang benar-benar diteruskan ke mekanisme penggerak setelah melewati ball screw (Nm).                                      |
| $\tau_{gb}$        | = Torsi keluaran dari gearbox setelah reduksi (Nm).                                                                                       |
| $\eta_{Ballscrew}$ | = Efisiensi mekanis ball screw yang menyatakan besarnya torsi yang dapat ditransmisikan tanpa hilang akibat gesekan (berkisar 0.90–0.92). |

## g. Efisiensi keseluruhan Sistem

$$\eta_{total} = \eta_{motor} \times \eta_{gearbox} \times \eta_{ballscrew} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

|                    |                                                                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{total}$     | = Efisiensi keseluruhan sistem penggerak, mulai dari energi listrik yang masuk ke motor hingga menjadi energi mekanik pada aktuator akhir. |
| $\eta_{motor}$     | = Efisiensi motor listrik, yaitu perbandingan antara daya mekanik yang dihasilkan motor dengan daya listrik yang diterima motor.           |
| $\eta_{gearbox}$   | = Efisiensi mekanis gearbox yang menunjukkan seberapa besar torsi/energi mekanik diteruskan setelah melewati reduksi gigi.                 |
| $\eta_{ballscrew}$ | = Efisiensi ball screw yang menggambarkan besarnya energi mekanik yang dapat diteruskan tanpa hilang akibat gesekan pada mekanisme ulir    |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan Teoritis

##### a. Rumus Daya Masuk (Input Power)

Daya listrik masuk pada sistem tiga fasa dihitung menggunakan rumus 2.1 :

$$R_{in} = \sqrt{3} \times v \times i \times \cos \phi$$

$$P_{in} = 1.732 \times 380 \times 7.85 \times 0.85 = 4,381.6$$

$$W = 4.38 \text{ kW}$$

Maka daya listrik masuk ke motor sebesar 4.38 kW.

##### b. Daya Keluaran Motor

Daya Keluaran Motor listrik dihitung Menggunakan Rumus 2.3 Tersebut:

$$F = m \times g$$

$$30,000 \text{ kg} \times 9.81 = 294,300 \text{ N}$$

Kecepatan Vertikal

$$v = 1.5 \text{ m/min} = 0.025 \text{ m/s}$$

Maka Gaya Keluaran Total

$$P_{out} = F \times v = 294,300 \times 0.025 = 7,357.5 \text{ W}$$

Karena Terdapat 2 Unit Motor, Maka gaya keluaran Permotor:

$$P_{out,permotor} = \frac{7,357.5 \text{ W}}{2} = 3,67 \text{ W}$$

##### c. Perhitungan Torsi Motor

Perhitungan torsi motor dapat dihitung menggunakan rumus 2.3

$$T = \frac{P_{out}}{\omega}$$

$$\text{Dengan } \omega = 2\pi \frac{1450}{60} = 151.8 \text{ rad/s}$$

$$T_{motor} = \frac{3,700}{151.8} = 24.37 \text{ Nm}$$

$$T_{keluaran} = 24.37 \times 121 = 2,949 \text{ Nm}$$

Memperhitungkan efisiensi mekanis 90%

$$\tau_{efektif} = 0.9 \times 2,949 = 2,654 \text{ Nm}$$

##### d. Konversi Torque Rating Box

Untuk mengetahui apakah torsi hasil perhitungan masih dalam batas aman, dilakukan konversi torque rating pabrikan dari lb-in ke Nm:

$$1lb - in = 0.113Nm$$

$$\tau_{min} = 55 \times 0.113 = 6.22Nm$$

$$\tau_{max} = 603,000 \times 0.113 = 68,139Nm$$

Rentang kemampuan gearbox: 6.22 – 68,139 Nm.  
Torsi hasil perhitungan (2,654 Nm) berada dalam batas aman dan jauh di bawah kapasitas maksimum gearbox.

**e. Analisis Efisiensi Motor**

Efisiensi dihitung dengan perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan:

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,678,5}{4,381,6} \times 100\% = 83,95\%$$

**f. Torsi Efektif dengan ball screw**

Torsi Efektif dengan ball screw dihitung dari rumus 2.5

$$\tau_{Efektif} = \tau_{Gb} \times \eta_{Ball screw}$$

$$\tau_{efektif} = 2,949 \times 0.90 = 2,654 Nm$$

**g. Efisiensi Keseluruhan Sistem**

Perhitungan efisiensi keseluruhan sistem dihitung dari rumus 2.6

$$\eta_{total} = \eta_{motor} \times \eta_{gearbox} \times \eta_{ballscrew}$$

$$\eta_{total} = 0.8395 \times 0.90 \times 0.90$$

$$\eta_{total} = 0.681 = 68.1\%$$

### 3.2 Perhitungan Analitis

Tabel 4.2 Efisiensi Motor Listrik dalam Seminggu

| No | Hari ke | V (V) | I (A) | Pin (Watt) | Pin (kW) | Pout Motor (kW) | Efisiensi Motor (%) | $\tau$ motor | $\tau$ gdb | $\tau$ efektif | Efisiensi Total (%) |
|----|---------|-------|-------|------------|----------|-----------------|---------------------|--------------|------------|----------------|---------------------|
| 1  | 1       | 387   | 7.85  | 4472.6     | 4.4726   | 3.6787          | 82.25               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 66.62               |
| 2  | 2       | 389   | 7.85  | 4495.4     | 4.4954   | 3.6787          | 81.81               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 66.11               |
| 3  | 3       | 391   | 7.85  | 4518.7     | 4.5187   | 3.6787          | 81.37               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 65.66               |
| 4  | 4       | 390   | 7.85  | 4507.3     | 4.5073   | 3.6787          | 81.59               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 65.9                |
| 5  | 5       | 390   | 7.85  | 4507.3     | 4.5073   | 3.6787          | 81.59               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 65.9                |
| 6  | 6       | 390   | 7.85  | 4507.3     | 4.5073   | 3.6787          | 81.59               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 65.9                |
| 7  | 7       | 390   | 7.85  | 4507.3     | 4.5073   | 3.6787          | 81.59               | 24.2         | 2931.27    | 2638.34        | 65.9                |

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan daya masuk, daya keluaran, torsi, dan efisiensi motor penggerak lift coulomb pada garbarata selama satu minggu, dapat diketahui bahwa performa motor

berada dalam kondisi stabil. Daya listrik masuk ke motor berada pada kisaran 4,47 hingga 4,51 kW, yang menunjukkan bahwa konsumsi energi motor konsisten setiap harinya. Daya keluaran mekanis yang diperlukan untuk mengangkat beban garbarata sebesar 30 ton mencapai 3,678 kW per motor, nilai yang sesuai dengan kebutuhan kerja sistem.

Perhitungan torsi menunjukkan bahwa torsi nominal motor sebesar 24,23 Nm dan meningkat menjadi 2.931 Nm setelah melalui gearbox dengan rasio 121:1. Setelah mempertimbangkan efisiensi mekanis sebesar 90%, torsi efektif berada di angka 2.638 Nm. Nilai ini masih jauh di bawah rentang kemampuan gearbox yang memiliki kapasitas 6,22 hingga 68.139 Nm, sehingga dapat disimpulkan bahwa komponen mekanis bekerja dalam batas aman.

Efisiensi motor selama satu minggu berada pada rentang 81,37% hingga 82,25%, menandakan bahwa motor bekerja dengan performa baik dan tidak mengalami penurunan signifikan. Sementara itu, efisiensi total sistem yang melibatkan motor, gearbox, serta ball screw berada di kisaran 65% hingga 66%, yang merupakan nilai realistis untuk sistem penggerak vertikal dengan beberapa tahapan transmisi mekanis.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa sistem motor penggerak lift coloumb memiliki kinerja yang baik, stabil, aman, dan efisien selama periode pengamatan. Tidak terdapat indikasi adanya beban berlebih maupun penurunan performa pada motor maupun komponen transmisi mekanisnya.

## 5. SARAN

Berdasarkan hasil analisis efisiensi energi motor penggerak lift coloumb, beberapa saran yang dapat diberikan untuk peningkatan kinerja dan keandalan sistem adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perawatan terjadwal pada sistem transmisi seperti gearbox, ball screw, dan bearing untuk mengurangi rugi-rugi mekanis yang dapat menurunkan efisiensi motor.
2. Meningkatkan kualitas pelumasan pada komponen bergerak secara berkala agar gaya gesek berkurang dan konsumsi energi lebih optimal.
3. Melakukan pengecekan rutin terhadap arus dan tegangan motor untuk memastikan motor bekerja pada kondisi nominal dan tidak melebihi kapasitas beban.
4. Mengoptimalkan sistem kontrol penggerak vertikal, terutama pada fitur autolevel dan sensor posisi, agar pergerakan cabin lebih stabil dan tidak membebani motor secara berlebih.
5. Melakukan evaluasi berkala terhadap performa motor, termasuk pencatatan data operasi harian, guna mendeteksi penurunan efisiensi lebih awal.
6. Mempertimbangkan penggunaan motor dengan efisiensi lebih tinggi atau penambahan Variable Frequency Drive (VFD) untuk mengatur kecepatan secara lebih presisi dan mengurangi konsumsi daya.

## DAFTAR PUSTAKA

Azmamiyani, M., & Kurniasari, Z. (2023). Pengaruh Penggunaan Garbarata Sebagai Fasilitas Penunjang Terhadap Kepuasan Penumpang Di Bandar Udara Depati Amir Pangkal Pinang. *Journal of Creative Student Research*, 1(3), 158–167. <http://dx.doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i3.1712%0Ahttps://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/>

index.php/jcsr/article/download/1712/1692

- Azmamiyani, M., & Kurniasari, Z. (2023). Pengaruh Penggunaan Garbarata Sebagai Fasilitas Penunjang Terhadap Kepuasan Penumpang Di Bandar Udara Depati Amir Pangkal Pinang. *Journal of Creative Student Research*, 1(3), 158–167. <http://dx.doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i3.1712%0Ahttps://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jcsr/article/download/1712/1692>
- La Ode Farhan Ezra Fahmi, & Syifa Fauziah. (2024). *PENGARUH PENGGUNAAN FASILITAS GARBARATA (AVIOBRIDGE) TERHADAP KENYAMANAN PENUMPANG DI BANDAR UDARA HALU OLEO KENDARI*. 6(2), 1–11.
- Susila, B. (2019). *Optimalisasi penggunaan aviobridge untuk mencapai On Time Performance (OTP)*. Disertasi, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta.
- Đokić, R., Vladić, J., Jojić, T., & Ličen, H. (2024). Analysis of power losses and experimental method for determining resistance in electric elevators. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 70(9–10), 401–412.
- Kosucki, A., Stawiński, Ł., Morawiec, A., & Goszczak, J. (2021). Electro-hydraulic drive of the variable ratio lifting device under active load. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 67(11), 599–610. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2021.7418>
- Abbas, N. M., Mustafa, M. O., & Shakor, A. M. (2022). Induction motor efficiency maximizing based on torque per power index. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(3), 1266–1274. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i3.pp1266-1274>
- Papanikolaou, N., Loupis, M., Spiropoulos, N., Mitronikas, E., & Tatakis, E. (2017). On the investigation of energy saving aspects of commercial lifts. *Energy Efficiency*, 10(4), 945–956. <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9495-y>
- Purwanto, LMF 2020, 'Kota Kolonial Lama Semarang', *Dimensi: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, vol. 2, no. 1, pp. 1-15.
- Undip 2017, Bab II Gambaran Umum PT Angkasa Pura I (Persero) Cabang Bandara Ahmad Yani Semarang, diakses 8 Oktober 2025, [https://eprints.undip.ac.id/59061/2/BAB\\_II\\_\(8-20\).pdf](https://eprints.undip.ac.id/59061/2/BAB_II_(8-20).pdf).
- STTA 2018, Bab I Pendahuluan Bandar Udara Ahmad Yani, diakses 8 Oktober 2025, [https://eprints.stta.ac.id/2281/2/13050100\\_BAB%20I.pdf](https://eprints.stta.ac.id/2281/2/13050100_BAB%20I.pdf).