

ANALISA PENGGUNAAN DAYA LISTRIK MOTOR HOIST DAN MOTOR TROLLEY PADA CONTAINER CRANE

Antonius Managam Simamora ¹⁾, Rasmi Sitohang ²⁾, Joslen Sinaga ³⁾, Subur Simanullang ⁴⁾, Piala Mutiara ⁵⁾

Fakultas Teknik Universitas Darma Agung, Medan, Indonesia ^{1,3,4)}

Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi TD Pardede, Medan, Indonesia ^{2,5)}

Corresponding Author:

antonius2simamora@gmail.com ¹⁾, rasmisitohang83@gmail.com ²⁾, josinaga1977@gmail.com ³⁾, subur.simanullang@gmail.com ⁴⁾, pialamutiara78@gmail.com ⁵⁾

Abstrak

Terminal Peti Kemas memiliki peran yang sangat penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan perdagangan, terutama di sektor industri di wilayah barat Indonesia. Permintaan akan layanan pelabuhan yang diproduksi oleh terminal ini menyebabkan peningkatan aktivitas di pelabuhan, yang secara langsung memengaruhi kinerja Container Crane. Alat ini dilengkapi dengan berbagai motor utama seperti motor hoist, motor trolley, motor gantry, dan motor boom. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daya yang digunakan oleh motor hoist dan motor trolley saat mengangkat beban peti kemas pada Container Crane (CC). Analisis daya ini terdiri dari dua bagian, yaitu analisis daya motor hoist selama proses angkat (hoist-up) dan analisis daya motor trolley selama proses mundur trolley (trolley-reverse). Penelitian ini dilakukan berdasarkan parameter pengukuran yang tersedia pada sistem Container Crane. Dengan melakukan analisis daya ini, diharapkan dapat dipahami rata-rata daya yang dibutuhkan oleh motor hoist dan trolley dalam menjalankan operasi Container Crane.

Kata Kunci: Motor Induksi, Container Crane, dan Daya listrik

Abstract

Container Terminals have a very important role in encouraging economic and trade growth, especially in the industrial sector in the western region of Indonesia. The demand for port services produced by these terminals leads to increased activity at the port, which directly affects the performance of the Container Crane. This tool is equipped with various main motors such as hoist motors, trolley motors, gantry motors and boom motors. The aim of this research is to analyze the power used by the hoist motor and trolley motor when lifting container loads on a Container Crane (CC). This power analysis consists of two parts, namely hoist motor power analysis during the hoist-up process and trolley motor power analysis during the trolley-reverse process. This research was carried out based on the measurement parameters available on the Container Crane system. By carrying out this power analysis, it is hoped that we can understand the average power required by the hoist and trolley motor to carry out Container Crane operations.

Keywords: Induction Motor, Container Crane, and Electric Power

PENDAHULUAN

Proses pengiriman peti kemas dari pelabuhan ke kapal, atau sebaliknya, memiliki dampak besar terhadap efisiensi pengiriman secara keseluruhan (Khaldun et al., 2018). Peti kemas menjadi metode dominan dalam transportasi laut, baik untuk ekspor, impor, maupun distribusi lokal di antara pulau-pulau (Rista et al., 2020). Oleh karena itu, derek peti kemas, alat khusus untuk memindahkan peti kemas di antara pelabuhan dan kapal, memiliki peran yang krusial. Pemilihan motor utama yang tepat sangat menentukan efisiensi proses bongkar muat.

Motor induksi 3 fasa menjadi pilihan utama untuk menggerakkan derek peti kemas dalam mengangkat dan memindahkan peti kemas. Motor ini menawarkan keandalan, daya tahan, dan kontrol yang baik dalam operasi sehari-hari di terminal peti kemas. Mengingat variasi beban yang diangkut, penelitian dilakukan untuk mengkaji Kebutuhan daya listrik yang spesifik untuk motor induksi 3 fasa, khususnya untuk

History:

Received : 25 November 2023
Revised : 10 Januari 2024
Accepted : 21 Juni 2024
Published : 28 Juni 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



motor hoist dan motor trolley, dibutuhkan dalam setiap siklus angkat dan siklus pindah pada crane. Hal ini bertujuan untuk memahami dengan lebih mendalam kebutuhan daya listrik yang dibutuhkan dalam operasi derek peti kemas, yang akan menjadi dasar untuk perencanaan sistem listrik yang efisien dan andal di terminal peti kemas.

A. Sistem Bongkar Muat pada Terminal Container

Kegiatan bongkar muat di Terminal Container pelabuhan melibatkan serangkaian proses yang mencakup pembongkaran barang dari satu kapal ke kapal lainnya (stevedoring), Proses transfer barang dari dermaga ke lambung kapal atau sebaliknya (cargodoring), serta pengambilan barang dari gudang atau lapangan dan pengangkutannya ke atas truk atau sebaliknya (receiving/delivery), merupakan kegiatan yang diatur oleh Kementerian Perhubungan. Proses bongkar muat sangat dipengaruhi oleh jenis barang dan cara pengemasannya. Penting untuk memperhatikan kondisi barang yang akan dimuat atau dibongkar karena hal ini dapat memengaruhi jenis peralatan yang diperlukan untuk menangani muatan tersebut. Dengan memperhitungkan dengan cermat jenis muatan yang akan ditangani, proses bongkar muat dapat dipercepat, sementara biaya tambatan pelabuhan dapat ditekan. Muatan kapal umumnya dikelompokkan berdasarkan jenis pengapalan, jenis kemasan, dan karakteristik alamiah muatan (Arwinas, 2001). Walaupun kapal bisa membawa berbagai jenis muatan, seperti muatan campuran (general cargo), muatan besar (bulk cargo), muatan cair (liquid cargo), muatan hewan hidup (live stock cargo), dan muatan peti kemas (container cargo), penelitian ini fokus pada satu jenis muatan saja, yaitu muatan peti kemas.

B. Peti Kemas

Peti kemas, juga dikenal sebagai kontainer, adalah wadah yang memenuhi standar ISO untuk transportasi barang melalui berbagai moda transportasi. Ini adalah salah satu metode pengiriman yang paling umum digunakan di seluruh dunia, dapat diangkut melalui darat, udara, dan laut. Muatan peti kemas merujuk pada barang-barang yang dikemas dalam kontainer tersebut. Kontainer memiliki standar teknis sesuai dengan ISO untuk memastikan keamanan dan kompatibilitas dengan berbagai moda transportasi. Mereka tersedia dalam berbagai ukuran, yang paling umum adalah 20 kaki dan 40 kaki.

Kapasitas kargo kontainer diukur dalam TEU (twenty foot equivalent unit), yang mengacu pada volume yang dapat dimuat dalam kontainer 20 kaki. Kontainer 40 kaki juga tersedia dan memiliki kapasitas yang lebih besar. Biasanya, berat maksimum yang diizinkan untuk kontainer 20 kaki adalah 24 ton, sementara untuk kontainer 40 kaki adalah 31 ton.

Gambar 1. Ukuran Peti Kemas



Ukuran dan berat dari berbagai jenis peti kemas, perhatikan tabel di bawah ini.

Tabel 1. Ukuran Peti Kemas

		20 Feet	40 Feet	45 Feet
Dimensi Luar	Panjang	6,068 m	12,192 m	13,716 m
	Lebar	2,597 m	2,438 m	2,438 m
	Tinggi	2,591 m	2,591 m	2,896 m
Dimensi Dalam	Panjang	5,758 m	12,190 m	13,716 m
	Lebar	2,352 m	2,592 m	2,59 m
	Tinggi	2,385 m	2,385 m	2,385 m
Berat Kotor		24.010 kg	30.360 kg	32.020 kg
Berat Kosong		2.230 kg	3.820 kg	4.810 kg
Muatan Bersih		21.850 kg	26.760 kg	27.550 kg

Gambar 2. Muatan Peti Kemas



Diperlukan pemahaman mendalam tentang peranan peralatan bongkar muat yang digunakan dalam industri pengiriman, terutama dalam menangani peti kemas. Peralatan ini memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi operasional dan aspek keselamatan di pelabuhan dan terminal peti kemas. Ada berbagai jenis crane yang digunakan untuk menangani peti kemas. Meskipun demikian, dalam konteks ini, peneliti memilih untuk tidak membahas secara rinci jenis-jenis crane tersebut. Fokusnya adalah memberikan penjelasan tentang crane kontainer.

1. Crane Kontainer

Crane kontainer (CC) adalah perangkat mekanis yang didesain untuk memindahkan peti kemas antara dermaga dan kapal, baik untuk proses pemuatan maupun pelepasan. Biasanya, crane ini dipasang secara permanen di tepi dermaga dan menggunakan rel untuk pergerakan lateral. Hal ini memungkinkan crane untuk beroperasi dengan efisien, terlepas dari jaraknya dengan peti kemas, seperti yang terlihat pada gambaran berikut.

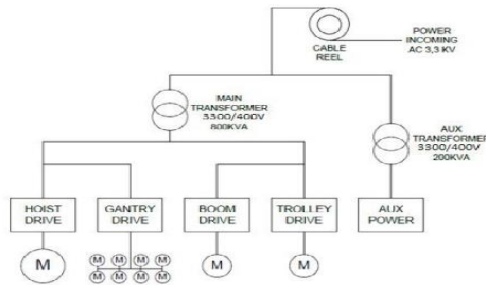
Gambar 3. Container Crane



2. Diagram Sistem Kelistrikan Container Crane

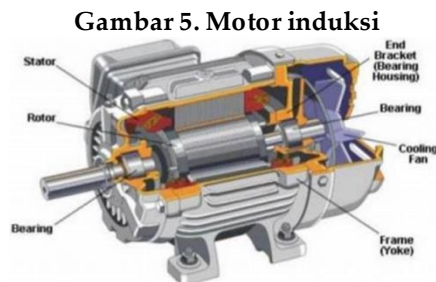
Diagram sistem kelistrikan pada kontainer umumnya mengandalkan generator sebagai sumber energi listrik. Generator ini menyediakan daya listrik yang kemudian dialirkan ke transformator utama (main transformer) dan transformator tambahan (auxiliary transformer). Fungsi utama dari kedua transformator ini adalah untuk menurunkan tegangan dari sumber listrik. Setelah tegangan diturunkan oleh transformator utama, listriknya didistribusikan ke motor penggerak berbagai komponen crane kontainer seperti gantry drive, hoist drive, boom drive, dan trolley drive. Sementara itu, tegangan yang keluar dari auxiliary transformer dialokasikan untuk keperluan daya tambahan (auxiliary power).

Gambar 4. Kelistrikan Container Crane



3. Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor listrik yang dirancang khusus untuk mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis. Motor ini terdiri dari stator yang dilengkapi dengan gulungan kawat tembaga atau aluminium yang teratur disusun di sekitar inti besi. Susunan gulungan ini biasanya mengikuti pola tertentu yang sesuai dengan desain motor tersebut. Prinsip kerja motor ini berdasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana arus listrik yang mengalir melalui gulungan stator menciptakan medan magnet yang berputar. Medan magnet ini kemudian menghasilkan arus pada gulungan rotor, menyebabkan rotor berputar karena gaya elektromagnetik yang dihasilkan.



Tiga fasa adalah sebuah konstruksi yang tidak memerlukan komponen seperti komutator atau sikat geser. Karena kekurangan komponen-komponen tersebut, motor induksi menjadi lebih dapat diandalkan dan memiliki masa pakai yang lebih lama. Desain motor induksi ini cukup sederhana, sehingga memudahkan dalam proses produksi dan pemasangannya. Motor ini sering kali memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan membutuhkan sedikit perawatan, sehingga menjadi pilihan yang banyak diminati untuk berbagai aplikasi industri seperti penggerak pompa, kipas, kompresor, konveyor, dan berbagai jenis mesin lainnya.

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Keterangan :

N_s : Kecepatan Medan Putaran Stator (rpm)

f : Frekuensi (Hz)

P : Jumlah kutub (pole)

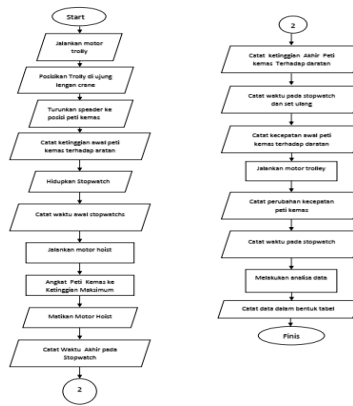
METODE PENELITIAN

A. Tempat dan waktu

Penelitian berlangsung selama enam hari di Terminal Peti Kemas Belawan

B. Bahan dan Peralatan

Motor Induksi 3 fase digunakan dalam dua aplikasi yang berbeda pada Container Crane (Wahyudy, 2016). Pertama, untuk motor Hoist, spesifikasinya adalah tegangan 315 V, daya 225 kW, kecepatan putaran 800 rpm, frekuensi 50 Hz, dengan jumlah motor sebanyak 2 unit. Kedua, untuk motor Trolley, spesifikasinya adalah tegangan 380 V, daya 30 kW, kecepatan putaran 1400 rpm, frekuensi 50 Hz, dengan jumlah motor sebanyak 4 unit.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mengevaluasi kekuatan pada crane peti kemas, disimpulkan bahwa total energi yang diperlukan oleh crane untuk mengangkat beban peti kemas dengan berat yang bervariasi pada ketinggian yang tetap. Pendekatan ini memperhitungkan perubahan energi potensial, di mana total energi yang dibutuhkan (W) berhubungan secara langsung dengan perubahan energi potensial.

$$W = \Delta EP = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

Tabel 2. Total usaha pada crane di setiap beban

NO	Berat beban (t)	Ketinggian (m)	Usaha (kJ)
1	10	2.245,5	2.245,5
2	11	2.542,34	2.542,34
3	12	2.753,34	2.753,34
4	13	2.754,02	2.754,02
5	14	3.235,4	3.235,4
6	15	3.623,6	3.623,6

Total usaha crane dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = m \cdot g \cdot h$$

$$W = 10.000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 22,7 \text{ m}$$

$$W = 2.224,62 \text{ kJ}$$

A. Analisa Daya motor

Tabel 3. Data Hasil Percobaan Angkat (Hoist-Up) pada Beban yang Berfluktuasi

Berat beban Total (kg)	Daya (KW)	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Usaha Total (kJ)
10000	133,23	243	338,12	22,57	1,098	2.991,95
11000	138,87	245	379,53	22,75	1,227	3.432,19
12000	149,27	240	384,89	22,98	1,148	3.645,78
13000	169,3	244	447,81	22,75	1,208	3.878
14000	189,27	246	489,06	22,98	1,346	4.342,78
15000	189,77	241	527,48	22,98	1,239	4.589,91

Tegangan dan arus merujuk pada nilai rata-rata tegangan dan arus yang tercatat pada Container Management System (CMS) setiap detik selama proses pengangkatan (hoist) berlangsung hingga selesai pada ketinggian tertentu. Oleh karena itu:

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

Dengan $\cos \varphi$ yang tertera pada *nameplate* motor 0.93.

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times 243 \text{ V} \cdot 338,12 \text{ A} \cdot 0,93$$

$$P_{3\theta} = 420,8 \text{ V} \cdot 314,45 \text{ A}$$

$$P_{3\theta} = 132,32 \text{ kW}$$

Usaha total yang dilakukan motor hoist memenuhi persamaan berikut:

$$W = P \cdot t$$

$$W = 132,32 \text{ kW} \cdot 22,57 \text{ s}$$

$$W = 2.986,46 \text{ kJ}$$

B. Analisa Daya Motor Trolley

Tabel 4. Data Hasil Percobaan Trolley Pada Beban Fluktuatif

Berat beban Total (kg)	Daya (KW)	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Usaha (kJ)
10000	22,32	376	36,56	7,74	3,236	165,89
11000	24,87	389	39,14	7,79	3,634	185,23
12000	29,48	380	37,49	7,39	3,497	177,89
13000	24,19	399	39,52	7,33	3,229	176,86
14000	25,21	381	39,77	7,44	3,471	182,35
15000	25,42	380	38,79	7,26	3,421	187,25

Tegangan dan arus yang tercantum dalam tabel tersebut diperoleh dari data yang diambil dari sistem Manajemen Kontrol Crane (CMS) pada saat kecepatan motor tetap konstan. Oleh karena itu:

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

Dengan $\cos \varphi$ yang tertera pada *nameplate* motor 0.93.

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times 376 \text{ V} \cdot 36,56 \text{ A} \cdot 0,93$$

$$P_{3\theta} = 651,25 \text{ V} \cdot 34 \text{ A}$$

$$P_{3\theta} = 22,142 \text{ kW}$$

Usaha yang dilakukan motor *trolley* memenuhi persamaan berikut:

$$W = P \cdot t$$

$$W = 22,14 \text{ kW} \cdot 7,74 \text{ s}$$

$$W = 171,36 \text{ kJ}$$

Tabel 5. Daya awal motor trolley-reverse

Berat beban (kg)	Daya (kW)
10000	89.98
11000	112.36
12000	108.44
13000	109.7
14000	115.97
15000	102.78

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa saat motor trolley melakukan satu putaran mundur dengan beban total 15 ton, daya yang dibutuhkan adalah 25,42 kW ketika motor mencapai kecepatan yang tetap. Awalnya, saat melakukan satu putaran mundur dengan beban yang sama, daya yang diperlukan adalah 102,78 kW. Analisis ini menunjukkan bahwa motor trolley yang digunakan pada crane kontainer telah memenuhi persyaratan daya untuk melakukan satu putaran mundur dengan beban total 15 ton, sesuai dengan spesifikasi motor trolley sebelumnya. Perhitungan daya dan usaha dilakukan dengan beban total 10 ton. Selama proses trolley-reverse, daya yang dibutuhkan hampir konstan untuk setiap beban, menunjukkan bahwa beban tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Awalnya, daya saat motor melakukan trolley-reverse belum mencapai kecepatan maksimum atau kecepatan yang tetap. Total daya awal dapat dihitung dengan menjumlahkan daya pada setiap frekuensi hingga mencapai kecepatan maksimum atau kecepatan tetap.

SIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan garis besar dari penelitian ini:

1. Terdapat perubahan arus yang signifikan pada motor hoist-up ketika digunakan dengan berbagai beban, namun pada motor trolley-reverse, tidak terlihat perbedaan arus yang mencolok.
2. Total daya yang diserap oleh motor hoist crane saat melakukan proses hoist-up melebihi total energi yang diperlukan untuk menjalankan crane.
3. Saat beban yang diangkat semakin besar, motor hoist akan menerima arus yang lebih tinggi.
4. Kecepatan motor hoist memiliki dampak langsung terhadap jumlah daya yang dihasilkan.
5. Daya yang diperlukan oleh motor hoist untuk satu kali pengangkatan (hoist-up)

dengan beban total 15 ton sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

6. Meskipun terjadi peningkatan arus, motor trolley-reverse menerima arus yang hampir sama ketika beban ditambah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alto, Asep dkk. 2010. Daya Aktif, Reaktif & Nyata. Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ashury Djamaluddin. Perencanaan Pelabuhan dan Terminal Peti kemas(2023). (n.p.): Nas Media Pustaka.
- Asshanti, Fathia Fauziah. 2017. Analisa Kebutuhan Daya Listrik Coniainer Crane Dalam Rangka Elektrifikasi Container Crane Untuk Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat Di Terminal Petikemas Surabaya. Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud. 2013. Mesin Konversi Energi. Yogyakarta: C.V Andi OFFSET.
- Fafdil, R. Rumus Usaha dalam Fisika Beserta Pengertian, Jenis-jenis, dan 4 Contoh Soal. 2021. (<https://www.zenius.net/blog/rumus-usaha-dalam-fisika>, diakses 28 Agustus 2022).
- Hendra Marta . Penggunaan Motor Listrik . 2020 . Pantera Publishing
- Joshua dkk . 2020 . Simulasi Proses Bongkar Muat Peti Kemas di PT. Pelabuhan Indonesia Sorong . *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume* , Vol . 10 No 1, Hal :1-13.
- Khaldun, A. I., Suryailahi, V. I., & Muajir, M. (2018). PELAKSANAAN BONGKAR MUAT PETI KEMAS DAN WAKTU PENYELESAIAN (TURN ROUND TIME). *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, 4(3), 297–302.
- Mitsui-Paceco Portainer Crane For PT Pelabuhan Indonesia I (Persero).
- Rijono, Yon . 1997 . Dasar teknik tenaga listrik . Yogyakarta : Andi.
- Rista dkk . 2020 . Keselamatan Kerja Dan Penanganan Peti Kemas Terhadap Kinerja Operasional Pada Perusahaan Pelayaran. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*. Vol. 6 No. 2 , Hal : 115-126
- Sitepu F. 2022 . Penanganan Muatan Petikemas Yang Optimal Guna Menunjang Keselamatan Kapal Mv. Tanto Bersatu Selama Dalam Pelayaran. *Jurnal Multidisiplin Indonesia*, Volume 1 No. 1, Hal : 340-348
- Wahyudy, F. R. (2016). Analisa arus starting transformator pada pengoperasian container crane di pelabuhan. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.