Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Tegangan Terhadap Motor Induksi Penggerak Hoisting Pada Portal Crane 30 Ton

Mochamad Dzulfikar Rosyidi[1*], Sukendro Broto Sasongko[2], Yuliyanto Agung Prabowo[3]

[1,3]Prodi Teknik Elektro, [2]Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No. 100, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya
Email: dzulfikarrosyidi@gmail.com, agungp@itats.ac.id

ABSTRACT

The troubles with a 30-ton portal crane at the Irian dock of PAL Ltd. have underpinned this research. The troubles with the induction motor driving the hoisting crane came due to a voltage imbalance. Therefore, the analysis of the voltage imbalance in the induction motor is necessary, as it can affect torque, current impact, current harmonics, and the efficiency of the induction motor. The researcher employed the NEMA (National Equipment Manufacturer's Association) method by expressing the voltage deviation in the Voltage Unbalance Factor (VUF). The research results indicated that the smaller the torque of the motor, the greater the power required for it to operate. Meanwhile, the results regarding harmonic currents on the Total Harmonic Distortion (THD) showed that the higher the motor power rating, the greater the current tendency in each phase. Efficiency results indicated that the greater the motor crane's power output, the greater the motor's efficiency. This condition would disrupt the performance of the induction motor. High harmonic current made the induction motor run much hotter and reduced its performance compared to when the motor was in good condition. The efficiency value of a 3-phase induction motor during a 2% voltage imbalance reached 73.23% with a power output of 36,616.47 watts. Thus, an efficiency value of 73.23% during voltage imbalance highly discouraged the induction motor from operating, and preventive maintenance on the crane was necessary.

Keywords: torque characteristics, harmonic current impact, induction motor efficiency

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi dengan fenomena portal crane 30 ton di dock irian PT PAL (Persero) yang mengalami kendala pada motor induksi penggerak hoisting crane yang mengalami ketidakseimbangan tegangan. Oleh karena itu sangat memerlukan analisa melihat tegangan pada motor induksi ketidakseimbangan yang dapat berpengaruh terhadap torsi, pengaruh arus, harmonisa arus dan efisiensi pada motor induksi. Pada penelitian ini menggunakan metode dari *NEMA (National Equipment Manufakturer's Association)* besar penyimpangan tegangan dinyatakan dalam faktor ketidakseimbangan tegangan *VUF (Voltage Unbalance Faktor)*. Berdasarkan hasil torsi kecil torsi motor yang dihasilkan maka semakin besar daya kerja yang dibutuhkan untuk motor bekerja. Berdasarkan hasil harmonisa pada THD arus semakin besar rating daya motor induksi maka terdapat kecenderungan meningkatnya arus pada tiap fasanya. Berdasarkan dari hasil efisiensi menunjukan bahwa dapat dilihat semakin besar efisiensi motor dipengaruhi oleh besarnya daya kerja motor crane. Hal ini akan mengganggu kinerja motor induksi. Pengaruh harmonisa arus yang tinggi akan membuat motor induksi jauh lebih panas dan mengurangi performa pada motor dibanding saat motor dalam keadaan baik. Pada sisi nilai efisiensi motor induksi 3 fasa saat keadaan ketidakseimbangan tegangan 2% nilai efisiensi yang dihasilkan yaitu sebesar 73,23% dengan daya yang dihasilkan 36616,47 watt Sehingga dengan nilai efisiensi 73,23% saat ketidakseimbangan tegangan motor

induksi sangat tidak disarankan untuk beroperasi dan perlu dilakukan preventive maintenance pada crane tersebut.

Kata Kunci : *Sensorless*, Rancang Bangun Estimator, *Luenberger Observer*, dan PLC.

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar *(rotating magnetic field)* yang dihasilkan oleh arus stator[1]. Penggunaan alat listrik oleh industri dipengaruhi pertimbangan akan komponen tenaga listrik sebagai unsur biaya industri dan keandalan sistemnya. Dengan biaya komponen alat listrik yang ekonomis keandalan sistem yang tinggi diharapkan semaksimal mungkin penggunaan alat listrik dapat tercapai. Sumber daya manusia yang berkualitas akan mampu menjaga kinerja dan produktifitas yang tinggi, serta mampu melihat perkembangan dan mampu mengatasi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi[2].

PT PAL Indonesia (Persero) merupakan industri pelayaran terbesar dan termodern di Indonesia. Beberapa pengerjaan proyek strategis berasal dari pesanan kementrian pertahanan, serta kapal bantu rumah sakit (BRS), serta produk sektor energi BMPP *(Dual Fuel Barge Mounted Power Plant)* 150 MW. Tidak hanya pembuatan kapal, PT PAL (Persero) membentuk divisi perbaikan dan pemeliharaan untuk perawatan kapal KRI (Kapal Perang Republik Indonesia) atau kapal niaga[3].

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan beberapa tapahan penelitian, antara lain tahapan studi literatur (tinjauan pustaka), tahapan pengumpulan data, tahapan análisis data, tahapan simulasi menggunakan matlab dan tahapan hasil, pembahasan dan kesimpulan, yang ditunjukan pada Gambar 1. Blok diagram alir.

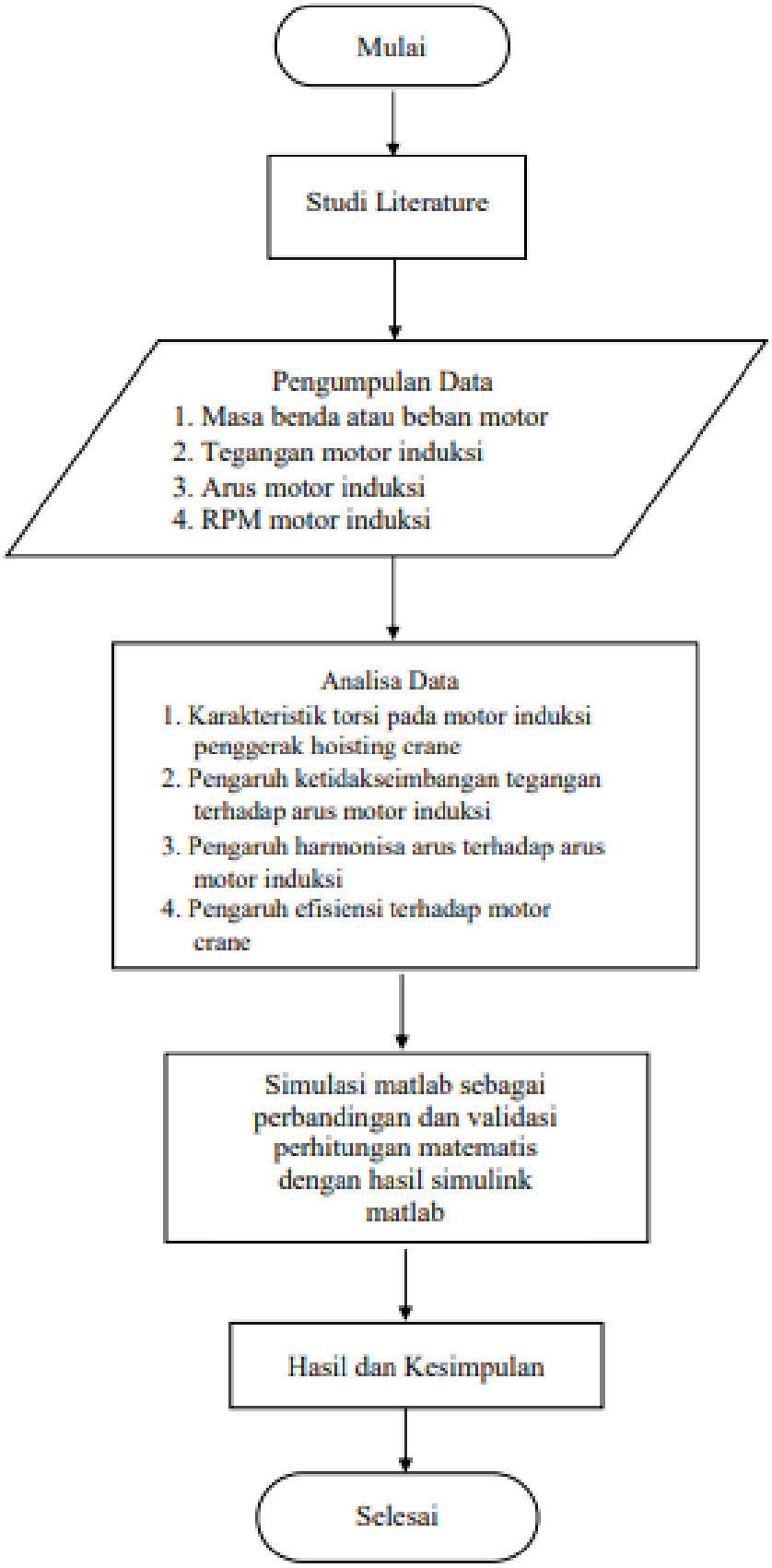
Tahapan studi literatur

Tahapan ini merupakan tahapan awal pada sebuah penelitian, mengkaji dan mengumpulkan literatur (pustaka) yang berhubungan dengan judul penelitian dan menganalisisnya untuk dijadikan dasar teori atau pustakanya. Pada tahapan ini juga mengidentifikasi, merumuskan serta membuat tujuan dari penelitian.

Pengumpulan Data

Tahapan dari penelitian analisa pengaruh ketidakseimbangan tegangan terhadap motor induksi penggerak hoisting pada portal crane 30 ton. Pada penelitian ini pengumpulan data dengan cara melakukan pengukuran secara langsung dilapangan pada motor crane.

Pada penelitian ini menggunakan 5 sampel data yang berbeda. Pengambilan data secara langsung melakukan pengukuran tegangan, arus dan putaran motor. Untuk selanjutnya melakukan perhitungan manual pengaruh torsi, arus, harmonisa arus dan efisiensi pada motor induksi, yang ditunjukan pada Tabel 1. Data Pengukuran Langsung.



Gambar 1. Blok Diagram Alir Penelitian

Data Penelitian

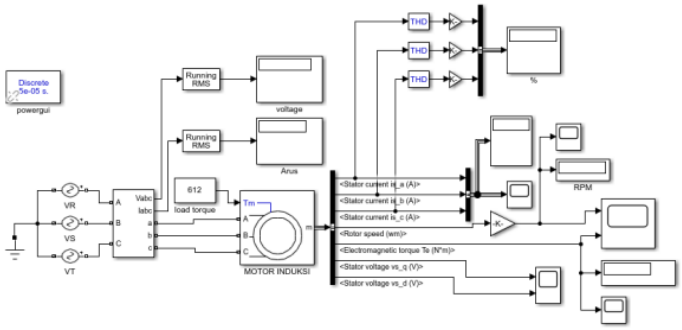
Tabel 1. Data Pengukuran Langsung

No	Beban (Kg)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Putaran Motor (Rpm)	Beban Crane (Kg)	Unbalance %
		RS	ST	RT	R	S	T			
1	0 Kg	377	382	380	45.5	45.7	46.1	450	-	0.6 %
2	200 Kg	377	382	379	47.5	46.6	46.8	375	Tali seling 150 Kg + Pengunci 50 Kg	0.7 %
3	500 Kg	377	385	380	47.5	48.8	49.6	360	2 Trafo las 350 Kg + tali seling 150 Kg+ Pengunci 50 Kg	1.1 %
4	2500 kg	378	387	380	49.8	51.0	50.7	353	Sangkar 2000 Kg + 2 orang 140 Kg + kaleng cat jotun 160 Kg + tali seling dan pengunci 200 Kg	1.4 %
5	5200 kg	377	390	379	68.3	70.1	69.1	349	Forklift 5000 Kg + tali seling dan Pengunci 200 Kg	2 %

Simulasi Matlab

Pada tahap ini adalah melakukan validasi pada perhitungan manual menggunakan pemodelan simulink matlab. Setelah melakukan perhitungan dan analisa data penelitian ini dilakukan simulasi dengan menggunakan Simulink pada matlab. Dengan cara permodelan motor induksi yang dimana parameter dari pemodelan didapatkan melalui hasil pengukuran tegangan, arus dan RPM secara langsung dilapangan saat crane sedang beroperasi. Data pengukuran langsung digunakan untuk memasukan parameter tegangan yang ada pada simulink matlab. Untuk blok parameter motor induksi pada simulink didapatkan dari spesifikasi motor induksi penggerak hoisting crane yang ada di PT PAL (Persero).

Pemodelam Motor Induksi Dengan Simulink Matlab

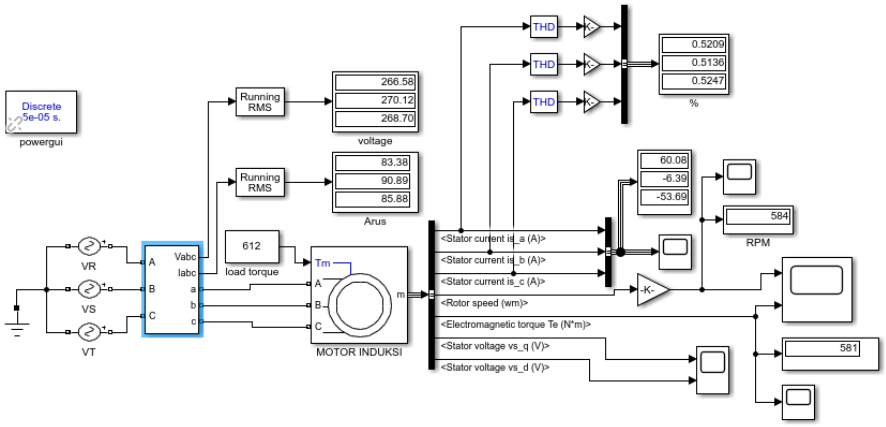


Gambar 2. Pemodelaan Motor Induksi

Pada gambar 2 diatas adalah pemodelan rangkaian motor induksi 3 fasa yang digunakan pada penelitian ini untuk validasi dan pembanding perhitungan manual. Simulasi ini digunakan sebagai mengetahui hasil dari karakteristik torsi elektromaknetik, rpm dan harmonisa arus pada motor induksi penggerak hoisting pada crane. Pada penelitian ini dilakukan dilakukan pengujian secara simulasi pada beberapa kondisi ketidakseimbangan tegangan yang berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Hasil Simulasi Matlab

Simulasi Ketidakseimbangan Tegangan Sebesar 0,6 %

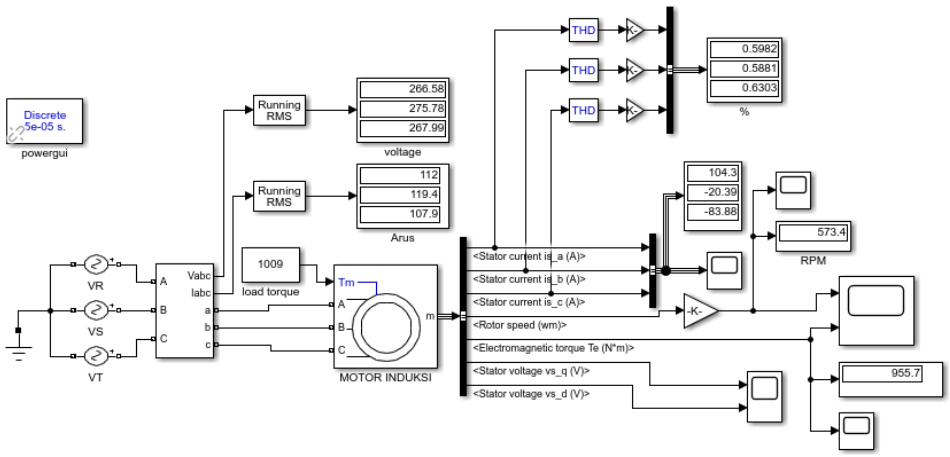


Gambar 3. Pemodelan Motor dengan Ketidakseimbangan Tegangan 0.6%

Pada gambar 3 merupakan hasil simulasi rangkaian motor induksi. Pada rangkaian diatas menggunakan input variasi tegangan yaitu VR= 377, VS= 382 dan VT= 380 maka ketidakseimbangan tegangan LUVR sebesar 0,6%. Yang dimana ketidakseimbangan tegangan sebesar 0,6% memberikan nilai simulasi motor induksi pada torsi elektromagnetik sebesar 581 N.m serta RPM sebesar 584 rpm. Sedangkan harmonisa arus (THD) yang dihasilkan pada

simulasi diatas sebesar 0,5% masing masing fasanya. Dari hasil tersebut diperoleh ketika simulasi menggunakan time 2 second.

Simulasi Ketidakseimbangan Tegangan Sebesar 2 %



Gambar 4. Pemodelan Motor dengan Ketidakseimbangan Tegangan 2%

Pada gambar 4 merupakan hasil simulasi rangkaian motor induksi. Pada rangkaian diatas menggunakan input variasi tegangan yaitu VR= 377, VS= 390 dan VT= 378 maka ketidakseimbangan tegangan LUVR sebesar 2%. Yang dimana ketidakseimbangan tegangan sebesar 2% memberikan hasil nilai simulasi motor induksi pada torsi elektromagnetik sebesar 955,7 N.m serta RPM sebesar 573,4 rpm. Sedangkan harmonisa arus (THD) yang dihasilkan pada simulasi diatas sebesar 0,6% masing masing fasanya. Dari hasil tersebut diperoleh ketika simulasi menggunakan time 2 second.

Analisa

Untuk Analisa yang dicari dari hasil penelitian adalah analisa pengaruh ketidakseimbangan tegangan terhadap torsi, arus,harmonisa arus, dan efisiensi pada motor induksi penggerak hoisting crane.

Tabel 2. adalah tabel perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi

Hasil Perhitungan Manual									Hasil Simulink Matlab				
Tegangan			Unbalance Tegangan %	Torsi Elektro magneti k Nm	THD Arus %			Efesiensi %	Torsi Elektromagnetik Nm	RPM	THD Arus %		
R	S	T			R	S	T				R	S	T
377	382	390	0.6 %	399.99	2.3	2.4	2.3	48.15	581	584	0.52	0.51	0.52
377	382	379	0.7 %	954.139	2.2	2.3	2.3	49.37	913	574.5	0.47	0.47	0.48
377	385	380	1.1 %	1083.01	2.2	2.2	2.1	51.3	938	573.7	0.51	0.5	0.51
378	387	380	1.4 %	1167.46	2.1	2.1	2.1	53.41	957.6	573.4	0.52	0.52	0.53
377	390	379	2 %	1644.51	1.3	1.3	1.3	73.23	955.7	573.4	0.59	0.58	0.63

Bahwa Perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil pada simulasi matlab, bisa dilihat pada tabel 4.4 bahwa selisihnya tidak begitu jauh dari segi hasil dari torsi dan harmonisa arus (THD). Hal ini dikarenakan umur motor induksi yang sudah dipakai bertahun-tahun. Sehingga hasil dari perhitungan manual didapat pada tegangan, ampere, torsi beban dan rpm saat pengukuran langsung dilapangan sesuai kondisi motor induksi. Untuk hasil dari THD arus didapat dari hasil masing-masing beban pada setiap fasanya, THD arus yang dihasilkan pada perhitungan manual maupun simulasi matlab pada motor induksi 3 fasa masih relatif kecil dan aman yaitu dibawah 5 %.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Tegangan Terhadap Motor Induksi Penggerak Hoisting Pada Portal Crane 30 Ton" diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Disaat ketidakseimbangan tegangan terjadi akan sangat berpengaruh teradap elektromagnetik torsi, arus motor induksi, harmonisa arus dan efesiensi pada motor induksi. Terhadap elektromagnetik torsi daya motor yang dihasilkan akan semakin tinggi sehingga berpengaruh pada elektromagnetik torsi yang akan meningkat. Ketidakseimbangan tegangan juga akan berpengaruh pada arus motor yang juga mengalami ketidakseimbangan juga, pada penelitihan ini arus yang dihasilkan setiap fasanya mencapai rata rata 6.7% yang dimana diatas standart yaitu 5%. Pada sisi nilai efisiensi motor induksi 3 fasa saat keadaan ketidakseimbangan tegangan 2% nilai efisiensi yang dihasilkan yaitu sebesar 73,23% dengan daya yang dihasilkan 36616,47 watt. Nilai efisiensi tersebut dinilai sangat membahayakan motor induksi penggerak hoisting crane yang ada di dok PT PAL (Persero) dikarenakan nilai tersebut sangat dibawah standart. Nilai standart efisiensi motor induksi yaitu sebesar 90%-98%. Sehingga dengan nilai efisiensi 73,23% saat ketidakseimbangan tegangan motor induksi sangat tidak disarankan untuk beroperasi dan perlu dilakukan preventive maintenance pada crane tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. D. Sibarani, G. M. C. Mangindaan, and A. H. J. Ontowirjo, "Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab," *Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Mot. Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab*, pp. 1–11, 2020.

[2] R. Hariningrum and S. B. Utomo, "Kajian Analisis Perhitungan Sistem Penggerak Katrol Listrik di PT. Jasa Marina Indah," *Mar. Sci. Technol. …*, vol. 2, no. 2, pp. 47–56, 2022.

[3] M. Purwanto and E. A. Zuliari, "Analisa Kinerja Motor Induksi 218 HP 3 Phase Pada Filtrasi Produksi Tepung di PT. Indofood Sukses Makmur Div. Bogasari Flour Mills, Tbk," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VII-nstitut Teknol. Adhi Tama Surabaya*, pp. 657–662, 2019.

[4] A. S. Growth, "Berinovasi untuk Mencapai Pertumbuhan Berkelanjutan," Surabaya, 2020.

[5] H. Prasetijo, "Analisis Pengaruh Unbalance Under Voltage Dan Unbalance Over Voltage Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa," *Techno*, vol. 14, no. 2, pp. 1–13, 2019.

[6] Y. Liklikwatil, T. Elektro, and S. Tinggi Teknologi Mandala Bandung, "Analisis Pengaruh Ketidak Seimbangan Tegangan Terhadap Kinerja Motor 3 Fasa," *J. Online Sekol. Tinggi Teknol. Mandala*, vol. 18, no. 1, pp. 71–81, 2023.

[7] M. Pratt, "Analisa Daya Listrik Motor Hoist Dan Motor Trolley Pada Container Crane Dalam Proses Bongkar Muat Di Belawan," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 55–60, 2023.

[8] A. Kurnia Pratama, E. Zondra, and H. Yuvendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan Tegangan," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.

[9] P. Setiawan, "Pengaruh Kinerja Motor Induksi Pada Tegangan Tidak Seimbang Dengan Metode Transformasi Direct Qudrature," *Avitec*, vol. 1, no. 1, pp. 15–28, 2019.

[10] Sarjono, R. Gianto, and A. Hiendro, "Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp / 75 Kw Pada Panel Star – Delta Di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*,

vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2020.
[11] S. Nuari, Atmam, and E. Zondra, "Analisis Starting Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)," *SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2019.
[12] R. H. Hervan Fernando Sitorus, armansyah, "Pemeliharaan Motor Induksi 3 Fasa Tegangan 380 V Pada GT 2.1 di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Belawan," *JET (Journal Electr. …*, vol. 1099, pp. 119–123, 2022.
[13] Randra Agustio Efryansah, "Kelebihan dan Kekurangan Motor Induksi," *Kelebihan dan Kekurangan Motor Induksi*, 2022. https://www.kelasteknisi.com/2022/07/kelebihan-dan-kekurangan-motor-induksi.html#google_vignette (accessed Nov. 06, 2022).
[14] Zulfikar, N. Evalina, H. Abdul Aziz, and Y. T. Nugraha, "Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3Mx2," *Semnastek Uisu*, pp. 174–177, 2019.
[15] D. P. Alfauzi, A. G. Permana, and A. Novianti, "Rancang Bangun Alat Perbaikan Faktor Daya Listrik Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler," *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 3086–3094, 2019.
[16] A. T. Rio Alfredo Sinaga1, Hamzah Eteruddin2, "PENGARUH KAPASITOR TERHADAP FAKTOR DAYA MOTOR," *J. Tek.*, vol. 15, pp. 85–93, 2021.
[17] M. H. Taufik Barlian, Yosi Apriani, Nina Savitri, "Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan," *JSE-391 JSE-392*, vol. 4, no. 2, pp. 391–396, 2020.
[18] U. M. Rifanti, T. N. Padilah, and I. Widyaningrum, "Sistem Dinamik Arus Listrik dengan Persamaan Diferensial Metode Koefisien Tak Tentu," *J. Mat. Integr.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, 2019.
[19] I. M. S. I Putu Adhe Putra Novantara1, I Wayan Arta Wijaya2, "ANALISIS PENGATURAN PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGATUR FREKUENSI MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE DI PT PDAM TIRTA MANGUTAMA," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, pp. 103–109, 2021.
[20] F. Riano, "Rumus Torsi (Momen Gaya)," *Rumus Torsi (Momen Gaya) yang Mudah Dipahami*, 2022. https://www.zenius.net/blog/rumus-torsi-dengan-contoh-soal (accessed Nov. 03, 2022).
[21] E. Kusbiyantoro, *TORSI DAN DAYA MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN*. Semarang, 2021.
[22] A. S. Bambang Supradono1), "ANALISA BEBAN TIDAK SEIMBANG DAN KONSERVASI ENERGI PADA UTILITAS MOTOR LISTRIK DI INDUSTRI FARMASI," *Media Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 31–39, 2019.
[23] A. M. Aulia and Z. Pane, "Pengaruh Variasi Ketidakseimbangan Tegangan Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Nilai Faktor Ketidakseimbangan Tegangan Yang Sama," *Singuda ENSIKOM*, vol. 9, no. 1, pp. 13–18, 2019.
[24] agung septa Utomo, *analisa pengaruh fluktuasi dan ketidakseimbangan tegagan terhadap efisiensi motor.pdf*. Malang, 2019.
[25] J. Sinaga, Y. Hanif, F. Ramadhan, and Agung, "Studi ketidak seimbangan beban jaringan tegangan rendah," *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 10, pp. 25–34, 2021.
[26] B. A. Wijaya, S. Handoko, and A. Zahra, "TEGANGAN DAN ARUS DI POLTEKKES SEMARANG," *TRANSIENT*, vol. 10, no. 2, pp. 319–326, 2021.
[27] N. electrical manufacturers Association, "NEMA Standards Publication MG 1-," *NEMA Stand. Publ. MG 1-*, vol. 552, p. 775, 2019.
[28] M. N. Qomarudin and M. Surabaya, "Memahami Transformasi Koordinat DQ Pada Motor Induksi 3 Fasa," *Tech. Rep.*, no. December, pp. 1–5, 2022.
[29] S. JIE, *Pemodelan dan pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa*. Makasar: Agustus 2009, 2009.
[30] I. N. Duarsana, I. W. Rinas, and I. W. A. Wijaya, "Analisa Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Phasa Terhadap Pengaruh Harmonisa (Thd) Dengan Penambahan Filter Aktif," *J. SPEKTRUM Vol*, vol. 8, no. 1, pp. 123–128, 2021.
[31] E. Zondra, A. Tanjung, and . A., "Pengaruh Tegangan Sumber Dan Beban Terhadap Tingkat Harmonisa Pada Motor Induksi Tiga Phasa," *SainETIn*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2022.