

**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN ARUS *STARTING* *SOFT STARTER*
PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA DI
PT KRAKATAU TIRTA INDUSTRI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan Mata Kuliah Seminar dan salah satu syarat menempuh Sarjana Strata (S1)



Disusun oleh:

ARI KURNIAWAN

NPM. 3332200094

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Analisis Ketidakseimbangan Arus *Starting Soft Starter* Pada Motor Induksi 3 Fasa Di PT Krakatau Tirta Industri
Nama Mahasiswa : Ari Kurniawan
NPM : 3332200094
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Serang, 9 Januari 2025



ARI KURNIAWAN
NPM.3332200094

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa skripsi berikut:

Judul : Analisis Ketidakseimbangan Arus *Starting Soft Starter* Pada Motor Induksi 3 Fasa Di PT Krakatau Tirta Industri
Nama Mahasiswa : Ari Kurniawan
NPM : 3332200094
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 9 Januari 2025 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS.

Dewan Penguji

Tanda Tangan

Pembimbing I : Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T



Pembimbing II : Adi Nugraha, S.Pd., MT



Penguji I : HM. Hartono, S.T., M.T



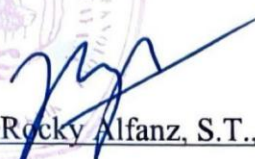
Penguji II : Felycia M.T



Mengetahui,

Ketua Jurusan




Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.

NIP.1981032282010131001

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan laporan skripsi dengan judul “Analisis Ketidakseimbangan Arus *Starting Soft Starter* Pada Motor Induksi Tiga Fasa Di PT Krakatau Tirta Industri”. Penulisan laporan bertujuan untuk memenuhi mata kuliah skripsi dan sebagai salah satu syarat menembuh Sarjana Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Laporan Skripsi ini disusun sebagai bentuk hasil penelitian yang sudah dilaksanakan bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar yang sudah memberikan dukungan baik secara moral dan materi.
2. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Dr. Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng selaku Pembimbing akademik.
4. Ibu Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T, selaku Pembimbing pertama Skripsi.
5. Bapak Adi Nugraha, S.Pd., MT, selaku Pembimbing kedua Skripsi.
6. Bapak Danang selaku Kadis Perencanaan Teknis serta jajaran staf PT Krakatau Tirta Industri. Bapak Hafiz selaku kepala teknisi serta teknisi Bapak Ridwan dan jajaran teknisi lainnya yang sudah membantu dalam hal pengambilan data.

Dalam pembuatan saya menyadari bahwa laporan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Akhir kata, penulis memohon maaf apabila terdapat kekeliruan di dalam penulisan laporan ini. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, 9 Januari 2025


Ari Kurniawan

ABSTRAK

Ari Kurniawan

3332200094

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN ARUS *STARTING SOFT STARTER* PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA PT KRAKATAU TIRTA INDUSTRI

Pada PT Krakatau Tirta Industri ditemukan ketidakseimbangan arus *starting* dan tingginya arus *starting* pada motor 71M1 dengan arus tertinggi sebesar 6.277 A. Apabila hal tersebut dibiarkan dalam jangka waktu yang cukup lama maka dapat menyebabkan usia pakai motor menjadi lebih singkat bahkan dapat mengalami kerusakan. Metode pengambilan data menggunakan *power quality analyzer fluke 438-II* berupa arus *starting* dan mekanikal *analyzer* dari motor 71M1. Kemudian dilakukan perhitungan dan simulasi menggunakan simulink matlab dengan parameter-parameter alat eksisting. Identifikasi faktor ketidakseimbangan arus *starting* berupa *firing angle thyristor soft starter* dan impedansi motor 71M1 yang kurang baik. Dengan mengatur *firing angle soft starter* pada simulink matlab di fasa R dan T yang lebih kecil dibandingkan fasa S, arus *starting* R dan T menjadi lebih besar dibandingkan S. Kemudian resistansi rotor dan stator dapat berpengaruh terhadap lonjakan arus *starting*. Pengubahan *firing angle* pada *soft starter* simulink dengan fasa R dan T 30° sedangkan fasa S 90°, fasa R dan T memiliki arus sekitar 6.200 A sedangkan fasa S 2.830 A. Pengubahan resisitansi rotor dan stator yang lebih kecil terbukti memberikan dampak lonjakan arus yang lebih besar yaitu sekitar 9.104 A.

Kata Kunci: Motor Induksi, Soft Starter, Arus Tidak Seimbang.

ABSTRACT

Ari Kurniawan

3332200094

ANALYSIS OF STARTING CURRENT UNBALANCE OF SOFT STARTER ON THREE PHASE INDUCTION MOTOR PT KRAKATAU TIRTA INDUSTRI

PT Krakatau Tirta Industri, there is an unbalance in starting current and high starting current in motor 71M1 with the highest current of 6,277 A. If this is left for a long period of time, it can cause the motor's life to be shorter and can even be damaged. The method of data collection uses a fluke 438-II power quality analyzer in the form of starting current and mechanical analyzer from motor 71M1. Then the calculation and simulation using simulink matlab with the parameters of the existing equipment. Identification of the starting current unbalance factor in the form of firing angle thyristor soft starter and motor impedance 71M1 is not good. By adjusting the firing angle of the soft starter in simulink matlab in the R and T phases which are smaller than the S phase, the starting current of R and T becomes greater than S. Then the rotor and stator resistance can affect the starting current surge. Changing the firing angle on the simulink soft starter with the R and T phases 30 degrees while the S phase is 90 degrees, the R and T phases have a current of about 6,200 A while the S phase is 2,830 A. Changing the rotor and stator resistances smaller proved to have a greater current surge impact of about 9,104 A.

Keywords: Induction Motor, Soft Starter, Current Unbalance.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Motor Induksi Tiga Fasa	5
2.2. Struktur Motor Induksi Tiga Fasa	5
2.2.1. Stator	6
2.2.2. Rotor.....	7
2.2.3. Celah Udara atau <i>Air Gap</i>	9
2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi.....	10
2.5. Starting Pada Motor Induksi.....	16
2.6. Soft Starter.....	18
2.7. Kajian Pustaka	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1. Metode Penelitian.....	24
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	26
3.3. Komponen Penelitian	27
3.4. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	31
4.1. Hasil Pengukuran	31
4.2. Hasil Perhitungan	36
4.3. Hasil Simulasi Simulink Matlab.....	38
4.4. Analisa Hasil	40
4.4.1. Dampak Ketidakseimbangan Tegangan Terhadap Arus <i>Starting</i> ...	40
4.4.2. Dampak <i>Firing Angle</i> Terhadap Arus <i>Starting</i>	42
4.4.3. Dampak Resistansi Motor 71M1 Terhadap Arus <i>Starting</i>	45
BAB V PENUTUP.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A	45
DOKUMENTASI PENELITIAN	45
LAMPIRAN B	45
DATA SPESIFIKASI KOMPONEN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur motor induksi tiga fasa [14].	6
Gambar 2.2 Stator pada motor induksi tiga fasa [17].	7
Gambar 2.3 Rotor sangkar pada motor induksi [17].	8
Gambar 2.4 Rotor belitan motor induksi [17].	8
Gambar 2.5 Celah Udara atau air gap pada motor induksi [17].	9
Gambar 2.6 Rating kondisi motor dari parameter mekanikal.	10
Gambar 2.7 Medan putar pada motor induksi [20].	11
Gambar 2.8 Rangkaian dasar soft starter [25].	18
Gambar 2.9 Time Voltage Ramp [24].	19
Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian.	26
Gambar 3.2 Rangkaian Soft Starter Motor 71M1.	28
Gambar 3.3 Power quality analyzer fluke 438-II [18].	29
Gambar 3.4 Parameter setting PQA.	29
Gambar 3.5 Pengaturan firing angle.	30
Gambar 4.2 Cara pengambilan data.	32
Gambar 4.3 Grafik Tegangan dan Arus.	32
Gambar 4.4 Rangkaian Soft Starter Simulink Matlab.	38
Gambar 4.5 Grafik Arus Starting 71M1.	39
Gambar 4.6 Pengaruh ketidakseimbangan tegangan terhadap arus.	41
Gambar 4.8 Arus starting tidakseimbang.	44
Gambar 4.9 Parameter Mekanis.	45
Gambar 4.11 Pengaturan Resistansi Rendah.	46
Gambar 4.13 Pengaturan Resistansi Tinggi.	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Sudut Penyalaan	15
Tabel 2.2 NEMA <i>code letter</i>	16
Tabel 4.1 Data Kenaikan Arus Starting Motor 71M1 Terhadap Waktu.	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini beberapa negara sudah sangat memperhatikan penggunaan energi listrik yang efisien, yaitu penghematan dari segi energi maupun biaya. Hampir 70% energi yang dihasilkan oleh pembangkit dikonsumsi oleh motor listrik. Penggunaan motor induksi pada industri dan pabrik lebih hemat biaya dibandingkan motor DC dan motor sinkron, salah satu kelebihanannya adalah perawatannya yang mudah dan efisiensinya yang tinggi. Penggunaan motor induksi pada mesin-mesin industri sangat dibutuhkan untuk pengaturan kecepatan. Motor induksi mengkonsumsi 90-95% dari total energi yang dikonsumsi oleh motor listrik, yaitu sekitar 53% dari total konsumsi energi listrik. Motor induksi banyak digunakan sebagai penggerak listrik untuk berbagai industri, seperti sistem kontrol gerak industri dan untuk menggerakkan berbagai mesin, seperti pompa, kipas angin, kompresor, konveyor, spindle dan lain-lain.

Pada umumnya motor induksi dapat dioperasikan dengan menghubungkan motor secara langsung ke rangkaian *supply* motor atau dengan menggunakan tegangan yang diturunkan ke motor pada saat *starting*. Keterbatasan penggunaan motor induksi tiga fasa adalah pada saat pengasutan, dimana motor membutuhkan arus yang lebih besar, yaitu kurang lebih 5 sampai 7 kali arus pengasutan, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tegangan pada sistem yang dapat mengganggu peralatan lainnya [1]. Tingginya arus *starting* dapat dikurangi dengan menggunakan berbagai metode *starting*, seperti metode tahanan maju, metode Y- Δ , metode autotransformator, dan metode *soft starter* [2]. Dari banyaknya jenis pengontrolan yang dapat diterapkan pada pengontrolan motor listrik sangat tergantung kepada kerja motor yang diinginkan. Salah satu pengontrolan motor induksi yaitu dengan pengasutan *Soft Starter*.

Hal yang menjadi masalah pada motor induksi adalah pada saat *starting*, motor induksi menarik arus yang relatif tinggi. Penyebab arus *start* yang besar ini adalah nilai impedansi total yang kecil dan besarnya *Locked Rotor Current* (LRC%). Selain itu, alasan tingginya arus *start* pada motor adalah karena motor

listrik membutuhkan torsi awal yang besar untuk melawan inersia dan inersia bebannya sejak dimatikan [3]. Saat *start*, reaktansi rotor tinggi karena slip motor sama dengan satu. Nilai R_r/s meningkat seiring dengan berkurangnya slip [4]. Selain itu, hal ini dapat menyebabkan gangguan penurunan tegangan pada bus di sekitar motor *starting* [5].

Ketika sebuah motor induksi dihubungkan dengan jaringan yang besar, maka motor induksi akan menarik arus *start* yang sangat besar pula pada jaringan tersebut, sehingga jumlah total arus yang mengalir akan menyebabkan peningkatan drop tegangan pada jaringan sistem utamanya [6]. Selain itu, dapat menyebabkan gangguan jatuh tegangan pada bus-bus di sekitar motor *starting* [7]. Permasalahan pada motor induksi adalah pada saat pengasutan, dimana motor induksi menarik arus *start* yang cukup besar [8]. Metode *soft starter* secara bertahap dapat mengurangi arus start motor yang tidak menyebabkan tekanan termal pada belitan motor dan mengurangi kerusakan pada peralatan mekanis [9]. Arus *start* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan tegangan pada saluran, sehingga mengganggu peralatan lain yang terhubung ke jalur yang sama, kualitas daya meningkat karena peralatan sistem tenaga jauh lebih sensitif terhadap masalah kualitas daya daripada peralatan seperti motor induksi [10][8].

Ketidakseimbangan arus di PT Krakatau Tirta Industri bermula dari adanya ketidakstabilan dalam distribusi daya listrik pada sistem operasional perusahaan yaitu pada motor induksi 71M1. Ketidakseimbangan ini berpotensi menimbulkan efisiensi energi yang rendah, peningkatan biaya operasional, serta risiko kerusakan peralatan listrik. Oleh sebab itu dibutuhkan identifikasi akar permasalahan ini dan menerapkan solusi yang tepat guna menjaga keberlanjutan operasional dan meningkatkan efisiensi energi di PT Krakatau Tirta Industri.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya tentang ketidakseimbangan arus *starting Soft Starter* pada motor induksi di PT Krakatau Tirta Industri memiliki rumusan masalah seperti berikut:

1. Mengapa terjadi ketidakseimbangan arus *starting* pada motor induksi saat menggunakan *soft starter* di PT Krakatau Tirta Industri?

2. Bagaimana pengaruh ketidakseimbangan arus *starting* terhadap kinerja motor induksi di PT Krakatau Tirta Industri?
3. Bagaimana solusi untuk mengatasi ketidakseimbangan arus *starting* pada motor induksi PT Krakatau Tirta Industri?

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa tujuan penelitian yang diharapkan dapat tercapai yaitu sebagai berikut:

1. Dapat menganalisis penyebab ketidakseimbangan arus *starting* pada motor induksi saat menggunakan *soft starter* di PT Krakatau Tirta Industri?
2. Dapat menentukan dampak ketidakseimbangan arus *starting* terhadap motor induksi menggunakan *soft starter* di PT Krakatau Tirta Industri?
3. Dapat mengusulkan solusi untuk mengatasi ketidakseimbangan arus *starting* pada motor induksi saat menggunakan *soft starter* di PT Krakatau Tirta Industri?

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut adalah beberapa manfaat yang diharapkan pada penelitian ini sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan evaluasi yaitu:

1. Memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang arus *starting* dalam sistem *soft starter*.
2. Dapat mengidentifikasi masalah ketidakseimbangan arus *starting* motor induksi.
3. Menyediakan opsi atau pemilihan untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah ketidakseimbangan arus *starting*.

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini membahas tentang ketidakseimbangan arus *starting Soft Starter* pada motor induksi di PT Krakatau Tirta Industri, agar penelitian dapat terfokus serta maksimal maka terdapat batasan masalah seperti berikut ini:

1. Pelaksanaan penelitian pada motor induksi yang digunakan sebagai motor *water pump* atau motor pompa air.

2. Analisis data pada motor induksi di PT Krakatau Tirta Industri hanya berupa spesifikasi alat yang digunakan, tegangan dan arus *starting*.
3. Usulan solusi untuk ketidakseimbangan arus *starting* hanya berupa opsi penanggulangan atau pencegahan pemeliharaan motor.

1.6. Sistematika Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab, adapun isi setiap bab yang dijelaskan sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan yang ada di PT Krakatau Tirta Industri tentang ketidakseimbangan arus *starting soft starter* motor induksi 3 fasa, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Berisi tentang berisi tentang dasar-dasar teori mengenai seputar motor induksi, arus *starting*, *soft starter*, peran *thyristor* dan pengaturan *firing angle*, penyebab serta dampak ketidakseimbangan arus *starting*, dll.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan tentang penjelasan mengenai metode yang digunakan, peralatan penelitian, pengumpulan data, *flowchart* penelitian, data motor induksi serta tempat lokasi dan waktu penelitian dilaksanakan.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pembahasan data dan Analisa penelitian yang didapatkan dari hasil penelitian dan pengolahan data yang diperoleh untuk mendapatkan indikasi ketidakseimbangan arus *starting* serta mencari solusi alternatif dari hasil analisa.

BAB V Penutup

Bab ini berisi hasil berupa kesimpulan serta saran bagi para pembaca untuk kemudian dijadikan bahan referensi ataupun penelitian lebih lanjut tentang motor induksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Sukarma, I. K. Ta dan I. M. Sanjaya, "Comparison of Three Phase Induction Motor Start Using DOL, Star Delta and VSD Altivar61," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1, 2020.
- [2] Z. Cao, J. Shi dan B. Fan, "Induction Motor Pre-excitation Starting Based on vector Control with Flux Linkage Deviation Decoupling," *Journal of Vibroengineering*, vol. 23, no. 3, 2021.
- [3] A. Ghufra, I. M. Ari Nnatha dan S. Nababan, "Analysis of Soft Starting using Anti Parallel SCR for 3 Phase Induction Motor 15 kW," *Dielektrika*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [4] S. Grover dan M. Mankar, "Minimization of Starting Torque and Inrush Current of Induction Motor by Different Starting Methods using MATLAB/SIMULINK," *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, vol. 3, no. 3, 2019.
- [5] S. A. Deraz dan H. Z. Azazi, "Current Limiting Soft Starter for Three Phase Induction Motor Drive System using PWM AC," *IET Power Electronics*, vol. 10, no. 11, 2017.
- [6] F. N. Winarto, T. Sukmadi and M. Facta, "Perancangan Modul Dan Perbandingan Metode Starting Dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," *TRANSIENT*, vol. 4, no. ISSN: 2302-9927, 2015.
- [7] R. Zira dan P. Endi, "Analisis Pengasutan Motor Jenis Variable Speed Drive (VSD) Dan Soft Starter Pada Fan Cooler Sistem Di PT. Cemindo Gemilang Tbk Bayah," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*, Vol. 1, no. 2, 2022.
- [8] F. Falah, "Anallisa Perbandingan Starting Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Pengasutan DOL (Direct On Line) Dengan Metode

- Pengasutan Soft Starter Pada Belt Conveyor," Mercu Buana University Institutional Repository, Jakarta, 2017.
- [9] N. Juliana, "Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Motor FC-PM-21 Dan Motor Cooling Tower 2210 JCM/JDM Di PT. Pertamina Refinery Unit III Plaju-Sungai Gerong Palembang," Universitas Sriwijaya, Palembang, 2018.
 - [10] F. N. Winarto, T. Sukmadi dan M. Facta, "Perancangan Modul Dan Perbandingan Metode Starting Dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," TRANSIENT, vol. 4, no. 1, 2015.
 - [11] Siswoyo, Teknik Listrik Industri, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
 - [12] T. Wildi, Electrica Machines, Drives, And Power System, New Jersey: Pearson Education Inc, 2002.
 - [13] N. Mohan, T. M. Undeland dan W. P. Robbins, Power Electronic Converters, Applications and Design, Minnesota: John Willey and Sons inc, 2002.
 - [14] D. Novianto, E. Zondra dan H. Yuvendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang," SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), vol. 4, no. 2, 2022.
 - [15] M. Muhaimin, "Perancangan Sistem Pengendalian Kecepatan Putar Motor Induksi Menggunakan Kontroler Neuro PID," Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, vol. 1, no. 2, 2016.
 - [16] F. Umam, H. Budiarto dan A. Dafid, Motor Listrik, Malang: Media Nusa Creative, 2017.
 - [17] Devianto, "Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Parameter Listrik dan Harmonisa Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Elevator Gedung Kasuari PT. Multi Prada Mandiri," Universitas Semarang, Semarang, 2021.

- [18] Fluke, 438-II Motor Analyzer User Manual, Everett: Fluke Corporation, 2016.
- [19] F. Umam, H. Budiarto dan A. Dafid, Motor Listrik, Malang: Media Nusa Creative, 2017.
- [20] Devianto, “Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Parameter Listrik dan Harmonisa Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Elevator Gedung Kasuari PT. Multi Prada Mandiri,” Universitas Semarang, Semarang, 2021.
- [21] Maharashtra, “Degrees To Radians,” BYJU's, 7 August 2022. [Online]. Available: <https://byjus.com/maths/degrees-to-radians/>. [Diakses 23 July 2024].
- [22] M. I. Putra Naibaho, I. K. Wijaya dan I. M. Mataram, “Studi Analisis Perbandingan Metode Starting Direct On Line (DOL) dan Variable Speed Drive (VSD) Pada Motor Fan Untuk Cooling Tower Di PT. Rapp (Riau Andalan Pulp Paper),” Jurnal SPEKTRUM, vol. 8, no. 1, 2021.
- [23] NEMA, NEMA Standards Publication MG 1-1998, Virginia: National Electrical Manufacturers Association, 2002.
- [24] A. Nurmalitawati dan A. Rahardjo, “Analisis Perbandingan Besarnya Arus Start Motor Induksi Berkapasitas Besar Terhadap Jatuh Tegangan Bus,” FT UI, vol. 3, no. 2, 2014.
- [25] A. Hutapea, “Analisis Perbandingan Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Rotor Sangkar Tupai,” Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, 2021.
- [26] R. Saidur, S. Mekhilef, M.B. Ali, A. Safari, H.A. Mohammed, “Applications of Variable Speed Drive (VSD) in Electrical Motors Energy Savings,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, no. 1, 2012.
- [27] Tarmizi, “Desain Sistem Kontrol Sudut Penyalaan Thyristor Komutasi Jaringan Berbasis Mikrokontroler PIC 16F877,” Jurnal Rekayasa Elektrika, vol. 9, no. 1, 2010.

- [28] Jhonson, Method and Apparatus for Firing angle Control of Series Connected Thyristor Switches, United States: United States Patent, 1987.
- [29] A. Hakim, “Analisis Pengaruh Arus Tidak Seimbang Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2020.
- [30] A. Junaidi dan S. Damayanti, “Analisis Efektifitas Penggunaan Metode Soft Starter Saat Start Awal Pada Pengoperasian Motor 220 kW,” Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah, vol. 11, no. 2, 2019.
- [31] H. Naldi, E. Zondra dan H. Yuwendius, “Studi Pengaruh Pemasangan Soft Starter Motor Induksi Tiga Fasa Pada Tisu Machine Di PT. Pindo Deli Perawang,” Jurnal Teknik, vol. 15, no. 2, 2021.
- [32] N. C. Edy Wibowo, W. Handajadi dan S. , “Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program Di PT Madubaru Yogyakarta,” Jurnal Elektrikal, vol. 1, no. 1, 2014.