

Analisa Performa Motor Induksi-Pompa Bahan Bakar Minyak pada Pekerjaan *Technical Due Dilligence* PT. ABC

Yanuar Mahfudz Safarudin^{*a)}

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

Abstract: This article discuss about the results of the investigation of the induction-motor pumps in the fuel oil terminal at PT. ABC prior to the acquisition by PT. XYZ. Four induction-motor pumps will be analyzed in this article through method of document assessment, visual observation, measurement of motor performance parameters, and thermograph observations. The result shows that the four induction-motor pumps were in good condition and could operate normally. There were only a few minor findings, including cracks in the terminal box, obstructions on the suction side pipe, unclean environment, and the presence of holes in motor's cover. Last but not least, there is one finding that should be of concern, namely the position of one of the pumps which is very close to high-fire-risk area.

Keywords: Fuel Pump, Induction Motors, Terminal Due Diligence, Thermograph, Puump

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sebelum suatu perusahaan atau badan hukum mengakuisisi atau akan memulai investasi, diperlukan suatu proses *Technical Due Diligence* (TDD) untuk menganalisa seberapa layak atau baik performa dari suatu obyek yang akan diinvestasi. Proses tersebut meliputi peninjauan dokumen dan teknis dari alat yang akan diinvestigasi, dengan harapan agar investor lebih yakin terhadap perusahaan yang akan diakuisisi.

Terminal BBM PT. ABC memiliki total kapasitas penyimpanan 7000 kilo liter Bahan Bakar Minyak berupa premium pertalite dan solar. BBM disuplai dari kapal tanker yang berlabuh di dermaga, dan kemudian akan didistribusikan ke truk tanki BBM menggunakan pompa. Terminal BBM dilengkapi dengan backloading pump untuk mendistribusikan BBM jenis solar dari tangki ke ke kapal tongkang solar.

Sistem kelistrikan PLN melalui trafo distribusi 82,5 kVA yang dilengkapi dengan *backup generator set* kapasitas 100 kVA digunakan untuk mensuplai proses distribusi BBM. Genset digunakan apabila listrik dari PLN padam.

Terminal BBM menggunakan empat buah pompa untuk menyalurkan BBM, yang digerakkan oleh empat buah motor induksi 3 fasa dengan kode pengenalan:

- P-1 motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 17 kW, digunakan untuk memompa solar
- P-2 motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 17 kW, digunakan untuk memompa premium
- P-3 motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 17 kW, digunakan untuk memompa pertamax
- P-6 motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 30 kW, digunakan untuk backloading pump

Pengisian BBM pada plant dilakukan secara manual dari *control room* di sebelah *filling shed*. Operator akan menekan tombol on untuk menyalakan pompa, kemudian pompa akan menyala menggunakan starting bintang delta. Setelah pengisian selesai, operator akan menekan tombol off untuk mematikan motor.

Dalam hal ini PT. XYZ berencana mengakuisisi terminal bahan bakar minyak (TBBM) di salah satu kabupaten di Kalimantan Barat, dan atas dasar inilah PT. XYZ melakukan proses TDD terhadap

terminal BBM tersebut. TDD yang dilakukan meliputi inspeksi bangunan sipil, tangki BBM, dermaga pengisian, peralatan instrumen BBM, mesin-mesin pompa BBM, generator set, APAR, pompa hidran, dan panel listrik. Pada artikel ini akan dibahas secara khusus mengenai hasil investigasi performa empat buah motor pompa BBM seperti yang telah disebutkan.

Meskipun pekerjaan TDD sering dilakukan pada dunia industri, namun belum banyak artikel yang membahas mengenai hasil investigasi peralatan pada industri. Hingga saat artikel ini ditulis, hanya ada beberapa sumber artikel yang membahas mengenai TDD, antara lain hasil investigasi TDD pada PLTA mini di Indonesia [1], pembangkit listrik tenaga surya di Cina [2], dan pada bangunan pemukiman, komersial, dan industri [3]. Rendahnya jumlah artikel mengenai TDD tersebut salah satunya disebabkan karena para pelaku TDD umumnya merupakan pekerja teknis atau konsultan yang kurang tertarik menulis artikel.

Kemudian terkait penggunaan alat termograf, telah banyak artikel yang membahasnya, antara lain penggunaan termograf pada panel listrik [4][5], roda gigi [6], dan peralatan gardu induk [7][8][9]. Akan tetapi dari keseluruhan artikel termograf tersebut belum ada yang meneliti penggunaan termograf pada motor induksi tiga fasa.

Artikel yang membahas motor induksi tiga fasa umumnya berkaitan dengan penggunaan inverter untuk mengatur kecepatan putaran beserta analisa harmonisanya [10][11], *soft starting* [12], dan aplikasi motor induksi tiga fasa [13].

1.2 Tujuan dan Manfaat

Seperti yang sedikit disinggung di atas, **tujuan** dari artikel ini adalah untuk mengetahui performa dari empat motor pompa bbm yang terdapat pada PT. ABC. Performa yang dimaksud adalah seberapa layak motor pompa ini beroperasi, dan apakah ada kemungkinan kerusakan yang tidak terlihat. Data dari performa motor ini kemudian akan digunakan sebagai dasar pertimbangan oleh PT. XYZ dalam rencana mengakuisisi aset dari PT. ABC.

Kemudian artikel ini ditulis sebagai salah satu bahan referensi yang berasal dari pengalaman langsung di dunia industri. Adapun **manfaat** dari artikel ini antara lain:

- a. Sebagai bahan pertimbangan bagi PT. XYZ sebelum mengakuisisi aset milik PT. ABC.
- b. Sebagai bahan referensi bagi peneliti lain dan pelaku industri mengenai studi kasus performa motor di PT. ABC.
- c. Dapat menjadi bahan bacaan bagi mahasiswa mengenai

*Korespondensi: mahfudz@polines.ac.id

a) Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang.
Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kota Semarang 50275

praktek real penggunaan dan cara menguji kelayakan motor di dunia industri.

2. Metode Penelitian

Dalam menginvestigasi performa motor pompa, dilakukan beberapa tahap pemeriksaan antara lain asesmen dokumen, observasi visual, pengukuran parameter kinerja motor, dan pengamatan termograf. Langkah-langkah, parameter, dan batasan mengenai masing-masing metode akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab 2.1 hingga 2.4.

2.1 Asesmen Dokumen

Asesmen dokumen merupakan langkah palling awal dalam proses TDD. Langkah ini dilakukan dengan mengajukan permohonan kepada PT. ABC mengenai dokumen yang terkait dengan riwayat pengadaan, pemakaian, asesmen terdahulu, dan maintenance dari keempat motor yang akan dianalisa. Dari dokumen tersebut akan didapatkan gambaran awal mengenai kondisi motor, sehingga langkah-langkah pengambilan data lanjutan dapat direncanakan dengan lebih baik. Dokumen yang dianalisa antara lain:

- Certificate of Inspection dari Biro Klasifikasi Indonesia terhadap Pompa P-2 tertanggal 6 Juli 2018, berlaku hingga 6 Juli 2022
- Certificate of Inspection dari Biro Klasifikasi Indonesia terhadap Pompa P-3 tertanggal 6 Juli 2018, berlaku hingga 6 Juli 2022
- Certificate of Inspection dari Biro Klasifikasi Indonesia terhadap Pompa P-6 tertanggal 6 Juli 2018, berlaku hingga 6 Juli 2022
- Laporan harian pelaksanaan sarana dan fasilitas
- Jadwal pemeliharaan sarana dan fasilitas penerimaan, penimbunan, dan penyaluran

2.2 Observasi Visual

Langkah kedua dalam pengambilan data adalah observasi visual. Metode ini dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kondisi fisik dari keempat motor tanpa menggunakan alat ukur, sekaligus mencatat poin-poin temuan dan mengambil gambar menggunakan kamera. Pengamatan berfokus pada kondisi fisik motor, kebersihan dan kerapihan, pengamatan terhadap potensi kerusakan, potensi bahaya terhadap lingkungan, dan *nameplate* dari motor. Pengamatan dilakukan pada kondisi motor beroperasi secara normal pada jam kantor dengan didampingi oleh tim HSE dari PT. XYZ dan teknisi dari PT.ABC,

2.3 Pengukuran Parameter Kinerja Motor

Setelah melakukan pengamatan visual, performa motor kemudian dievaluasi menggunakan alat ukur. Metode pengukuran parameter ini merupakan metode primer untuk menentukan kelayakan dari keempat motor. Hasil pengukuran kemudian akan dibandingkan dengan nameplate dan standar yang berlaku.

Pengukuran dilakukan pada saat motor beroperasi secara normal. Parameter yang diukur antara lain tegangan listrik dan arus listrik, kecepatan putaran ketika motor beroperasi. Seluruh alat ukur yang digunakan dalam langkah ini telah dikalibrasi oleh laboratorium dan diverifikasi oleh tim HSE dari PT. XYZ.

2.4 Pengamatan Termograf

Langkah terakhir dari investigasi pada artikel ini adalah

pengamatan termograf pada kondisi motor beroperasi. Pengamatan dilakukan dengan cara mengambil gambar termografi menggunakan kamera infra merah ketika motor beroperasi memompa bahan bakar minyak. Dari langkah ini kemudian didapatkan titik-titik panas dari motor tersebut. Pengamatan dilakukan pada kondisi suhu sekitar 30°C. Langkah ini merupakan langkah tambahan untuk memverifikasi apakah motor tersebut dalam kondisi baik atau tidak.

3. Standar yang digunakan

Seluruh parameter yang didapatkan dari proses pengamatan motor tersebut kemudian dibandingkan dengan standar teknis yang berlaku. Standar tersebut meliputi:

- Standar Nasional Indonesia, Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2011 (PUIL 2011) [14]
- Standard for Infrared Inspection of Electrical Sistem & Rotating Equipment 2008 Edition [15]
- IEEE Std 1159 -2009 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality [16]

4. Hasil Investigasi

Berdasarkan hasil review dokumen, terdapat empat buah pompa dengan kode pengenal P1, P2, P3, dan P6. Tidak ada riwayat pengadaan pada tahun berapa motor tersebut mulai dibeli dan digunakan, hanya pada *Certificate of Inspection* tertulis bahwa motor pompa ini diproduksi pada tahun 2005 untuk P2 dan P3, dan 2004 untuk P6. Kemudian motor pompa tersebut dan mulai digunakan pada tahun 2006. Keempat motor tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Motor Pompa P1, P2, dan P3

Manufacture	: AEG
Year of Built	: 2005
Tipe	: Centrifugal
Rated Power	: 17 kW
Rating Voltage	: 380 Volt
Rating Current	: 34 A
Frequency	: 50 Hz
Rated rpm	: 1465
Power factor	: 0,84
Protection rating	: IP55

Motor Pompa P6

Manufacture	: Marelli Motor
Year of Built	: 2004
Tipe	: Centrifugal
Rated Power	: 30 kW
Rating Voltage	: 400 Volt
Rating Current	: 54 A
Frequency	: 50 Hz
Rated rpm	: 2945
Power factor	: 0,87
Protection rating	: IP55



Gambar 4.1 Nameplate pompa P1, P2, dan P3



Gambar 4.2 Nameplate pompa P6

Pompa P1 digunakan untuk memompa solar, P2 untuk memompa premium, P3 untuk memompa pertamax, dan pompa P6 digunakan untuk *backloading*. Pompa P1 hingga P3 beroperasi setiap hari pada jam 07.00 hingga 14.00 WIB. Pompa tersebut tidak disertai dengan kontrol otomatis, sehingga harus dinyalakan secara manual dari *control room* yang berlokasi di sebelah *filling shed*. Motor dinyalakan setiap ada truk yang akan mengisi bahan bakar. Kemudian pompa P6 dioperasikan hanya dua kali seminggu selama dua setengah jam pengisian.

Terkait penjadwalan maintenance, kondisi keempat motor tersebut dicek setiap hari oleh teknisi PT. ABC. Hasil pengecekan juga tersimpan dan terdata dengan rapi.

Gambar 4.3 Jadwal pemeliharaan pompa

Gambar 4.4 Contoh catatan pemeliharaan pompa P1, P2, dan P3

Gambar 4.5 Contoh catatan pemeliharaan P6

Kemudian dari dokumen *Certificate of Inspection* dari Biro Klasifikasi Indonesia dijelaskan bahwa **pompa P2, P3, dan P6 telah diuji pada 6 Juli 2018 dan dinyatakan layak operasi.** *Certificate of Inspection* tersebut berlaku hingga 6 Juli 2022. Untuk motor P1 tidak tersedia dokumen *Certificate of Inspection*.

Kemudian berdasarkan hasil pengamatan visual, secara umum motor dalam kondisi baik dan tidak ada kerusakan mayor. Motor seharusnya dapat berfungsi dengan normal. Hanya ada sedikit temuan minor dari segi kebersihan, keretakan *terminal box*, dan tutup pelindung kipas yang berlubang.

Untuk motor pompa P1 secara visual motor dalam kondisi baik. *Nameplate* motor terlihat dengan jelas, namun *Nameplate* pompa tidak terbaca. Kemudian terlihat kondisi motor-pompa P1 yang kurang bersih. Beberapa bagian cat sudah mengelupas. Terdapat ganjalan pada sambungan sisi discharge pompa P1, namun tidak terlihat ada sisa kebocoran akibat ganjalan tersebut. Kemudian terdapat keretakan pada *terminal box* motor P1. Kondisi tutup pelindung kipas motor P1 cukup baik dan bersih dari debu.



Gambar 4.6 Nameplate pompa P1 tidak terbaca



Gambar 4.7 Kondisi motor pompa P1 yang kurang bersih



Gambar 4.8 Terdapat ganjalan pada sambungan pipa pompa P1



Gambar 4.9 Terdapat keretakan pada tutup terminal box P1



Gambar 4.10 Kondisi tutup pelindung kipas P1 cukup baik

Untuk motor pompa P2 dan P3 secara visual motor dalam kondisi baik. Nameplate motor terlihat dengan jelas, namun nameplate pompa tidak terbaca. Kemudian terdapat keretakan pada terminal box motor P2 dan P3. Kondisi tutup pelindung kipas motor P2 dan P3 cukup baik dan bersih dari debu.



Gambar 4.11 Terdapat keretakan pada tutup terminal box P2



Gambar 4.12 Terdapat keretakan pada tutup terminal box P3

Untuk motor pompa P6 secara visual motor dalam kondisi baik, hanya saja posisi motor pompa P6 ini cukup berbahaya karena berada tidak jauh dari genset tanpa dinding pemisah. Nameplate motor terlihat dengan jelas, namun nameplate pompa tidak terbaca. Kemudian terlihat kondisi tutup pelindung kipas motor P6 yang sudah berlubang pada beberapa titik. Kondisi cat pada katup dan pipa motor-pompa P6 yang sudah mulai mengelupas dan berkarat.

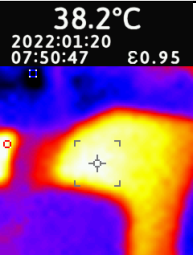
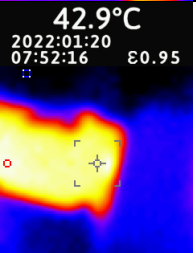


Gambar 1 Kondisi fisik motor pompa P6 yang berdekatan dengan genset



Kemudian dari hasil pengamatan parameter motor dan termograf dihasilkan data pengamatan yang disajikan pada tabel 4.1 hingga 4.4.

Tabel 4.1 Data pengamatan motor pompa P1

No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
1.	V_{RS} (Volt)	390	Baik dan cukupimbang
2.	V_{ST} (Volt)	388	
3.	V_{TR} (Volt)	390	
4.	I_R (Ampere)	14,1	Baik dan cukupimbang.
5.	I_S (Ampere)	14,4	
6.	I_T (Ampere)	15,8	
7.	Kecepatan putaran (rpm)	1462	Normal



No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
8.	Temperatur motor pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 38.2°C 2022:01:20 07:50:47 ε0.95	Normal
9.	Temperatur pompa pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 42.9°C 2022:01:20 07:52:16 ε0.95	Normal

Tabel 4.2 Data pengamatan motor pompa P2



No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
1.	V _{RS} (Volt)	391	Baik dan cukup imbang
2.	V _{ST} (Volt)	389	
3.	V _{TR} (Volt)	391	
4.	I _R (Ampere)	9,8	Baik dan cukup imbang.
5.	I _S (Ampere)	10,9	
6.	I _T (Ampere)	10,5	
7.	Kecepatan putaran (rpm)	1490	Normal
8.	Temperatur motor pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 36.8°C 2022:01:20 08:26:48 ε0.95	Normal
9.	Temperatur pompa pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 42.7°C 2022:01:20 08:27:21 ε0.95	Normal

Tabel 4.3 Data pengamatan motor pompa P3

No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
1.	V _{RS} (Volt)	395	Baik dan cukup imbang
2.	V _{ST} (Volt)	396	
3.	V _{TR} (Volt)	394	
4.	I _R (Ampere)	11,3	

No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
5.	I _S (Ampere)	11,1	Baik dan cukup imbang.
6.	I _T (Ampere)	11,1	
7.	Kecepatan putaran (rpm)	1483	Normal
8.	Temperatur motor pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 33.5°C 2022:01:20 08:01:48 ε0.95	Normal
9.	Temperatur pompa pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 37.8°C 2022:01:20 08:03:02 ε0.95	Normal

Tabel 4.4 Data pengamatan motor pompa P6

No	Obyek Survey	Nilai	Keterangan
1.	V _{RS} (Volt)	376,78	Baik dan cukup imbang
2.	V _{ST} (Volt)	376,93	
3.	V _{TR} (Volt)	377,33	
4.	I _R (Ampere)	22,2	Baik dan cukup imbang.
5.	I _S (Ampere)	21,9	
6.	I _T (Ampere)	21,1	
7.	Kecepatan putaran (rpm)	2847	Normal
8.	Temperatur motor pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 37.8°C 2022:01:21 08:07:01 ε0.95	Normal
9.	Temperatur pompa pada saat berbeban setelah 5 menit (°C)	 52.8°C 2022:01:21 08:07:46 ε0.95	Normal

Dari keseluruhan data yang diambil dapat disimpulkan bahwa motor dalam kondisi baik. Tegangan yang digunakan untuk memutar motor berkisar antara 376 hingga 390 Volt. Nilai tersebut

masih dalam toleransi yaitu 360 hingga 420 Volt. Nilai kecepatan putaran juga mendekati nilai nominal *Nameplate* motor. Menurut *Nameplate* nilai kecepatan nominal motor P1 hingga P3 adalah 1470 rpm, sedangkan kecepatan aktual P1, P2, dan P3 secara beturut-turut adalah 1462, 1490, dan 1483 rpm. Kemudian kecepatan nominal motor P6 adalah 2945, dan kecepatan aktual hasil pengukuran adalah 2847.

Dilihat dari segi arus terukur, seluruh motor dialiri arus yang seimbang. Tidak ada perbedaan signifikan antara arus I_R , I_S , dan I_T , sehingga motor dapat dikatakan dalam kondisi normal. Kemudian temperatur motor juga masih dalam kondisi normal yaitu di bawah 60° C. Kesimpulan dari keseluruhan hasil pengukuran ini, motor beroperasi dalam kondisi normal.

5. Kesimpulan

Secara umum dapat disimpulkan bahwa telah dilakukan pekerjaan Technical Due Dilligence pada motor pompa P1, P2, P3, dan P6. Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa keseluruhan motor pompa dapat bekerja dengan normal dan dalam kondisi baik. Parameter motor seluruhnya normal dan tidak terjadi indikasi overheat. Hanya saja terdapat beberapa temuan minor mengenai kebersihan kerapihan dari motor pompa. Kemudian terdapat keretakan pada terminal box dari keempat pompa. Kemudian hal lain yang cukup berbahaya adalah dekatnya pompa bahan bakar P6 dengan potensi titik api yaitu genset. Apabila terjadi hubung singkat pada panel genset atau malfungsi pada genset, maka percikan api akan berpotensi menyambar pompa bahan bakar 6.

Disarankan untuk melakukan pembersihan secara rutin terhadap daerah sekitar pompa dan mengganti tutup terminal box. Kemudian disarankan juga untuk melakukan pengamatan lanjutan mengenai getaran pada keempat motor dengan indikasi adanya keretakan tersebut. Kemudian sangat disarankan untuk memisah pompa P6 dengan generator set. Pemisahan dapat dilakukan dengan cara memindah genset ke lokasi lain yang jauh dari sirkulasi BBM. Atai dapat juga dengan memasang dinding anti api di antara kedua obyek tersebut.

6. Daftar Pustaka

- [1] Suksmo Satriyo Pangarso, Jaka Aminata, Nuki Agya Utama, "Technical Due Diligence for Minihydro Power Plant Project in Indonesia", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 997, Maret 20220.
- [2] Li, M., Yang, B., Yao, W., Zhu, Y., Xie, X., Zhang, R. (2022). Research on Technical Due Diligence Scheme and Technical Points of Photovoltaic Power Station. In: He, J., Li, Y., Yang, Q., Liang, X. (eds) The proceedings of the 16th Annual Conference of China Electrotechnical Society. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 891. Springer, Singapore.
- [3] Beata Kutera, Hubert Anysz, "The methodology of technical due diligence report preparation for an office, residential and industrial buildings", MATEC Web Conf. 86 07009 (2016), November 2016.
- [4] Ahmad Yanie, Yusa Ananda, Lisa Adriana Siregar, "Rancang Bangun Peralatan Deteksi Panas Kabel Pada Panel Listrik Untuk Mengatasi Beban Lebih", JET (Journal of Electrical Technology) Vol 6, No 2 (2021), Juni 2021, <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/4387>
- [5] Basino Basino, Pungkas Prayitno, Sobri Sobri, J. Preston Siahaan, Muhamad Bisri Mustofa, " Rancang Bangun Detector Kebakaran Panel Listrik Berbasis Mikrocontroller Atmega 328 Pada Kapal Penangkap Ikan", AAKSARA Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal Vol. 8 No. 1, Januari 2012, <http://ejournal.pps.ung.ac.id/index.php/Aksara/article/view/1006>
- [6] A. Mahmudi, "Karakteristik Penyebaran Panas Pada Sistem Transmisi Roda Gigi Dengan Termografi," ROTASI, vol. 22, no. 2, pp. 127-132, Jul. 2020. <https://doi.org/10.14710/rotasi.22.2.127-132>
- [7] Jidan Jainudin, "Analisis Pemeliharaan Kinerja Dengan Metode Thermovisi Pada Peralatan Gardu Induk 500 kV Tambun", Media Elekrika, vol. 15, no. 2, Desember 2022. <https://doi.org/10.26714/me.v15i2.9754>
- [8] SIBURIAN, Jhonson M.; Siahaan, Thamrin; Sinaga, Johannes. "Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 kV dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru", JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 8-19, July 2020. ISSN 2720-9784. Available at: <<http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/619>>. Date accessed: 15 feb. 2023.
- [9] Pasaribu, F. I. (2021). "Penentuan Hot Point dan Monitoring Peralatan Menggunakan Thermal Imagers Fluke dengan Metode Thermovisi". JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING, 4(2), 113–128. <https://doi.org/10.31289/jesce.v4i2.4814>
- [10] Cut Mouliza Meutia Vasya, Rakhmad Syafutra Lubis, Mansur Gapy, "Simulasi Filter Aktif Cascaded Multilevel Inverter Untuk Meminimalisir Harmonisa Pada Motor Induksi 3 Fasa", KITEKTRO Vol 4 No 3 (2019), Desember 2019 <https://jurnal.usk.ac.id/kitekro/article/view/13794>
- [11] H. Mahfudhi, T. Sukmadi, and A. Nugroho, " Pengoperasian Motor Induksi Tiga Fasa dari Catu Daya Satu Fasa (Forward-Reverse) Menggunakan Kapasitor dengan Pengontrolan Frekuensi dan Sudut Fasa ", Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 5, no. 1, pp. 42-48, Jun. 2016. <https://doi.org/10.14710/transient.v5i1.42-48>
- [12] Agus Saputra, Syukriyadin Syukriyadin, Mahdi Syukri, "Perancangan Rangkaian Pengasutan Soft Starting pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano", KITEKTRO Vol 2 No 4 (2017), Desember 2017 <https://jurnal.usk.ac.id/kitekro/article/view/9671>
- [13] A. Wibawanto, M. Facta, and T. Sukmadi, "Perilaku Pengemudian Motor Induksi 3 Fasa dalam Sistem Konveyor Terkendali", Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 9, no. 1, pp. 128-136, Mar. 2020. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i1.128-136>
- [14] Standar Nasional Indonesia, Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2011 (PUIL 2011)
- [15] Standard for Infrared Inspection of Electrical Sistem & Rotating Equipment 2008 Edition
- [16] IEEE Std 1159 -2009 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality