

Perencanaan *Magnetic Energy Recovery Switch* untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan pada Motor Induksi Tiga Fasa

Valentino Utama Saputra¹, Agung Trihasto², dan Hery Teguh Setiawan³

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jalan Kapten Suparman 39 Magelang 56116, Indonesia*

svalentinoutama@gmail.com¹, agungtrihasto@untidar.ac.id², hery.shirohige@gmail.com³

Abstrak—Stabilitas tegangan merupakan kemampuan suatu sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan yang stabil setelah mengalami gangguan. Ketidakstabilan tegangan dapat mengakibatkan gangguan *undervoltage* dan *overvoltage* pada sumber tegangan sehingga dapat mengganggu kinerja motor induksi pada saluran yang sama. Oleh karena itu, diperlukan perangkat pengendalian tegangan untuk menjaga kestabilan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas tegangan pada motor induksi tiga fasa menggunakan rangkaian MERS dengan kontrol alpha untuk mengatur gate saklar semikonduktor agar proses pengisian dan pengosongan kapasitor dapat dilakukan, sehingga tegangan dapat dijaga pada batas toleransi standar dari 380 Vrms. Perancangan rangkaian simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM dengan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil analisis pada simulasi dengan tegangan sumber dalam kondisi *undervoltage* sampai -20% dari nominalnya, tegangan masukan motor induksi mengalami kenaikan menjadi sebesar 374,72 Vrms. Sedangkan pada simulasi dengan tegangan sumber dalam kondisi *overvoltage* sampai +10% dari nominalnya, tegangan masukan motor induksi mengalami penurunan menjadi sebesar 385,34 Vrms.

Kata kunci— motor induksi, *alpha controller*, MERS, ZCD, *steady state*, *undervoltage*, *overvoltage*.

Abstract—Voltage stability is the ability of a power system to maintain stable voltage after experiencing a disturbance. Voltage instability can result in *undervoltage* and *overvoltage* issues at the power source, which can disrupt the performance of induction motors on the same line. Therefore, voltage control devices are necessary to maintain stability. This research aims to improve voltage stability in three-phase induction motors using a MERS circuit with alpha control to regulate the gate of semiconductor switches, allowing for the charging and discharging of capacitors, thus maintaining voltage within the standard tolerance limit of 380 Vrms. The design of the simulation circuit uses PSIM software with results from the conducted research. The analysis results from the simulation show that with the power source voltage in an *undervoltage* condition up to -20% of its nominal value, the input voltage of the induction motor increases to 374.72 Vrms. Meanwhile, in the simulation with the power source voltage in an *overvoltage* condition up to +10% of its nominal value, the input voltage of the induction motor decreases to 385.34 Vrms.

Keywords— induction motor, *alpha controller*, MERS, ZCD, *steady state*, *undervoltage*, *overvoltage*.

I. PENDAHULUAN

Penurunan tegangan pada jaringan tegangan rendah (JTR) dapat disebabkan oleh jarak yang terlalu jauh antara gardu distribusi dengan lokasi pelanggan yang disuplai, beban-beban yang tinggi pada suatu jaringan, dan luas penampang penghantar yang terlalu kecil. Menurut SPLN No.1 Tahun 1978 Batas maksimum tegangan adalah 5% di atas tegangan nominal 220 Volt, yaitu sebesar 231 Volt. Sedangkan batas minimum tegangan adalah 10% di bawah tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt (Hajar et al., 2020).

Keandalan operasi motor sangat penting karena berpengaruh langsung pada produktivitas industri dan kinerja peralatan. Motor induksi berdaya besar membutuhkan arus yang relatif tinggi dalam proses awal pengasutan. Ketika motor induksi terhubung dengan jaringan listrik secara langsung, motor induksi 3 fasa menarik arus yang jauh lebih besar daripada saat beroperasi normal. Arus ini bisa 5 sampai 7 kali

lipat dibandingkan arus normal. Meskipun begitu, peningkatan arus ini tidak dibarengi dengan peningkatan torsi yang seimbang. Torsi yang dihasilkan hanya 1.5 sampai 2.5 kali lipat torsi normal. Besar arus saat pengasutan dapat menyebabkan terjadinya penurunan tegangan (Febriana Sulistya Pratiwi., 2022).

Sistem tiga fasa memiliki tiga sumber tegangan identik yang saling berhubungan dengan perbedaan sudut antar fasa sebesar 120°. Pada sistem tiga fasa, arus yang mengalir pada salah satu fasa merupakan fungsi dari dua fasa lainnya. Respon sistem tiga fasa dapat dianalisis menjadi dua dimensi untuk memudahkan kendali sistem menggunakan kontrol dua fasa (Silva, 2020).

Kendali kompensator daya reaktif pada *Static Var Compensator* (SVC) dapat menggunakan *Magnetic Energy Recovery Switch* (MERS). Kontrol SVC-MERS didapat dengan mengatur sudut penyulutan dan lebar bypass pada sinyal.

MERS memiliki keunggulan berupa kapasitor tetap yang lebih kecil pada rangkaian SVC. Akan tetapi harmonisa yang disuntikan MERS relatif besar sehingga tegangan kapasitor DC mengalami kenaikan yang signifikan. Pada penelitiannya menjelaskan bahwa MERS dengan kontrol penundaan fasa langsung dapat mengatasi harmonisa (Cheng et al., 2018). MERS menyerap secara dinamis dan memancarkan kembali energi magnetik untuk beban-beban induktif. MERS dirangkai secara full-bridge dengan mekanisme pensaklaran berdasarkan pengisian dan pengosongan kapasitor (Hasto et al., 2019).

Motor induksi dapat mengalami variasi sumber tegangan sehingga kestabilan tegangan motor perlu ditingkatkan. Peningkatan stabilitas tegangan motor induksi tiga fasa dilakukan dengan memperbaiki *undervoltage* atau *overvoltage* terhadap variasi sumber tegangan agar diperoleh tegangan motor yang stabil. Perbaikan terhadap perubahan tegangan menggunakan MERS yang rangkaiannya sederhana dan memiliki komputasi yang tidak kompleks.

II. DASAR TEORI

Perencanaan stabilitas tegangan MERS pada motor induksi 3 fasa dengan kendali alpha perlu dilakukan dengan dasar teori yang matang. Adapun dasar teori yang digunakan antara lain:

A. Stabilitas Tegangan

Motor induksi merupakan motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Stabilitas tegangan mengacu pada kemampuan suatu sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan yang stabil dan dapat diterima pada semua bus dalam sistem di bawah kondisi operasi normal dan setelah mengalami gangguan. Ketidakstabilan tegangan terjadi ketika suatu sistem tidak mampu mempertahankan tingkat tegangan akibat gangguan, yang mengakibatkan penurunan atau kenaikan tegangan secara progresif dan tidak terkendali. Istilah *overvoltage* dan *undervoltage* sering digunakan dalam gangguan yang menyertai ketidakstabilan tegangan. Fenomena ini dapat menyebabkan pemadaman listrik dan kerusakan pada peralatan.

1) *Undervoltage*

Undervoltage adalah istilah yang mengacu pada penurunan tegangan listrik di bawah level nominalnya dalam suatu rangkaian atau sistem. Tegangan rendah disebabkan oleh beban lebih (*overload*) dan ketidakseimbangan antara daya aktif dengan daya reaktif (kondisi *abnormal*). Selain itu, *undervoltage* terjadi akibat penghantar yang terlalu panjang sehingga tegangan hilang di sepanjang kawat dan gangguan secara mekanis, seperti: kabel putus, kerusakan pada trafo, dan kerusakan pada mesin yang menggerakkan generator (Choirawan et al., 2023). Batas toleransi tegangan pelayanan (-10%) dari tegangan 380 Volt yaitu 342 Volt berdasarkan SPLN.

2) *Overvoltage*

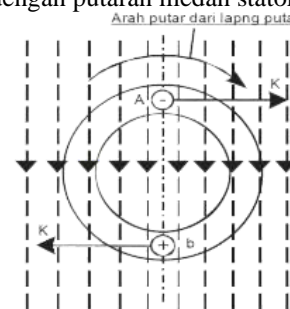
Overvoltage adalah gangguan tegangan lebih yang terjadi akibat adanya hubung singkat pada jaringan, pelepasan beban mendadak, dan kegagalan isolasi sehingga menyebabkan tegangan naik melebihi batas standar yaitu 399V (380+5% V). Setiap peralatan listrik, baik dalam sistem maupun pada beban, memiliki batas tegangan kerja masing-masing. Ketika terjadi

tegangan lebih, peralatan listrik yang terhubung dapat mengalami kerusakan (Putri et al., 2022).

Meskipun kestabilan sebuah sistem dapat dilihat secara menyeluruh dan meluas, analisis mendalam tetap diperlukan untuk memahami karakteristik spesifik dan memastikan operasi yang optimal. Analisis kestabilan *steady state* pada sistem tenaga disebut juga sebagai kestabilan sinyal kecil (*small signal stability*). Kestabilan *steady state* merupakan fungsi dari kondisi operasi sistem tersebut. Berdasarkan *National Electrical Code* (NEC) batas *steady state* tegangan yang diperbolehkan adalah $\pm 5\%$. Selain itu, rugi-rugi daya harus diusahakan sekecil mungkin karena berkaitan dengan kerugian finansial.

B. Motor Induksi

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator karena terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi disebut juga sebagai motor asinkron karena putaran rotornya yang tidak sama dengan putaran medan stator.



Gambar 1. Medan putar motor induksi

Motor induksi memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, handal, dan efisiensi yang cukup tinggi saat berbeban penuh dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak (Susanto et al., 2021). Nilai induktansi dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (1)$$

Keterangan:

L = nilai Induktansi (H);

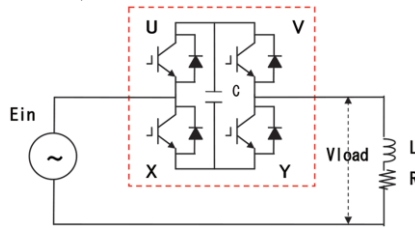
f = frekuensi (Hz);

X_L = reaktansi induktif (ohm).

C. *Magnetic Energy Recovery Switch*

Pemasangan rangkaian MERS di antara sumber listrik dan beban secara seri. MERS berfungsi seperti sakelar dua arah yang menangkap energi magnetik yang tersimpan di induktansi beban dan mengubahnya menjadi energi listrik yang disimpan di kapasitor internal. Sakelar semikonduktor disusun dalam formasi jembatan penuh seperti pada Gambar 2.1 untuk menangani aliran arus dua arah. Sebuah kapasitor kecil terhubung ke sisi DC dan kapasitor lainnya dipasang secara seri dengan sisi AC. Pengaturan ini berfungsi seperti kapasitor variabel yang dapat menyesuaikan kapasitasnya. Keunikan dari rangkaian ini adalah adanya periode di setiap siklus di mana tegangan melintasi kapasitor menjadi nol. Hal ini dicapai dengan menggunakan kapasitor yang relatif kecil, sehingga

memungkinkan pertukaran muatan dengan induktansi di sisi AC (Fukutani, 2019).



Gambar 2. Rangkaian MERS

D. Zero Crossing Detector

Rangkaian ZCD digunakan untuk mengetahui perbedaan sudut fasa antara tegangan dan arus yang masuk ke beban. Detektor fasa ini dibuat menggunakan komparator dan gerbang logika XOR. Komparator berfungsi untuk menangkap saat tegangan dan arus mencapai nol volt. Sementara gerbang logika XOR digunakan untuk menentukan besarnya perbedaan sudut fasa. Perbedaan sudut fasa ini dihitung dengan mengukur selang waktu antara kenaikan dan penurunan tegangan pada output gerbang logika XOR (S.G et al., 2021).

E. Alpha Controller

Kontrol alfa berfungsi untuk mengatur kapan thyristor akan dihidupkan. Pengaturan ini dilakukan dengan mengendalikan sudut penundaan (delay angle) saat gerbang (gate) thyristor diberi sinyal untuk aktif. Pemodelan sirkuit pemacu menunjukkan bahwa kontrol alfa ini penting untuk menghasilkan sinyal input yang tepat ke gerbang thyristor. Kontrol alfa memiliki tiga masukan (input) utama, yaitu: sinyal saluran dari komparator, komponen pembangkit sudut penyalaan, dan komponen pembangkit sinyal dengan nilai 1 (Surya I. P ; H. Hasan ; R. S. Lubis, 2017).

F. Kapasitor DC

Kapasitor DC dalam MERS berperan penting dalam mengatur tegangan masukan pada motor induksi dengan mengendalikan tegangan secara efektif, MERS dapat meningkatkan efisiensi, melindungi motor, dan meningkatkan kinerjanya. Pada keadaan mode operasi balance rangkaian MERS ($X_C/X_L = 1$), nilai kapasitif dapat ditentukan dengan nilai reaktansi induktif motor induksi menggunakan persamaan 2 (Artakusuma et al., 2018).

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_L} \quad (2)$$

Keterangan:

- C = nilai kapasitif (F);
- f = frekuensi (Hz);
- X_C = reaktansi kapasitif (ohm);
- X_L = reaktansi induktif (ohm).

III. METODOLOGI

Perencanaan stabilitas tegangan dengan MERS pada motor induksi dilakukan menggunakan data sekunder digunakan untuk mendapatkan spesifikasi dan parameter motor, seperti resistansi dan reaktansi yang ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL I. PARAMETER MOTOR INDUKSI TIPE AESV1

No	Nama (Satuan)	Nilai
1	Tenaga motor (HP)	1/0,746 kW
2	Tegangan motor (Volt)	380
3	Arus motor (A)	2,05
4	Frekuensi (Hz)	50
5	Jumlah kutub	4
6	Kecepatan (rpm)	1425
7	Isulation class	F
8	Frame size	D80M
9	Momen inersia (kg.m ²)	0,009
10	Resistansi stator (Ω)	10,409
11	Reaktansi induktif stator (Ω)	8,252
12	Resistansi rotor (Ω)	6,23
13	Reaktansi induktif rotor (Ω)	8,252
14	Reaktansi magnetisasi (Ω)	151,085

Perhitungan induktansi motor dan torsi beban digunakan untuk melengkapi parameter motor induksi, selanjutnya reaktansi induktif digunakan untuk mencari parameter spesifikasi MERS agar diperoleh nilai C_{mers} . Sistem kendali tegangan motor dirancang berdasarkan parameter MERS menggunakan alpha controller. Perancangan dan simulasi sistem kendali tegangan dilakukan menggunakan PSIM. PSIM digunakan untuk simulasi rangkaian elektronika.

Rancangan sistem kendali disimulasikan untuk memperoleh tegangan minimum (-10%) atau tegangan maksimum (+5%) dari tegangan 220/380 V. Kondisi yang diuji adalah motor induksi 3 fasa dengan undervoltage atau overvoltage dapat dikendalikan MERS. Apabila simulasi tidak menghasilkan sistem kendali MERS tidak dapat menjaga tegangan sesuai SPLN, maka simulasi MERS kembali dilakukan. Apabila diperoleh sistem kendali MERS yang dapat menjaga tegangan sesuai SPLN, maka dilakukan analisis dan pembahasan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai induktansi dapat dihitung menggunakan persamaan 1 dengan frekuensi sesuai *datasheet* (50 Hz). Substitusi nilai parameter motor induksi 3 fasa yang ditunjukkan pada tabel 1 sehingga menghasilkan nilai parameter induktansi berdasarkan persamaan 2.14 dan ditunjukkan dalam variabel L (L_1, L_2, L_m) sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{8,252}{2 \times 3,14 \times 50} = 0,026 \text{ H} = 26 \text{ mH}$$

$$L_2 = \frac{8,252}{2 \times 3,14 \times 50} = 0,026 \text{ H} = 26 \text{ mH}$$

$$L_m = \frac{151,085}{2 \times 3,14 \times 50} = 0,481 \text{ H} = 481 \text{ mH}$$

Operasi motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan putar sebesar 1425 rpm berdasarkan *datasheet*. Kecepatan mekanik (ω_m) digunakan untuk mencari nilai beban mekanik pada motor. Nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\omega_m = \frac{2\pi \cdot n_r}{60} = \frac{2 \times \pi \times 1425}{60} = 149,15 \text{ rad/s} \quad (3)$$

Keterangan:

- ω_m = kecepatan mekanik (rad/s);

n_r = kecepatan putar motor induksi (rpm);
 60 = konstanta.

Keluaran daya dari pemodelan motor induksi yang digunakan untuk penelitian ini memiliki daya sebesar 0,746 kW atau 746 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan mekanik dalam rad/s selanjutnya disubstitusikan ke perhitungan torsi beban pada persamaan 4.

$$T_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_m} = \frac{746}{149,15} = 5 \text{ Nm} \quad (4)$$

Keterangan:

T_{load} = torsi beban motor induksi (Nm);

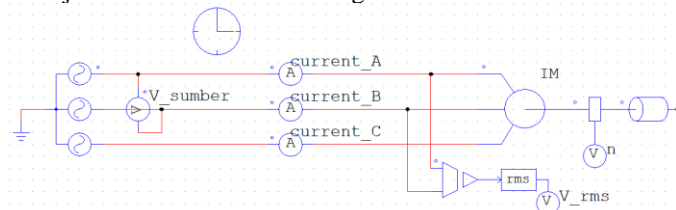
P_{out} = daya motor induksi (Watt);

ω_m = kecepatan mekanik (rad/s).

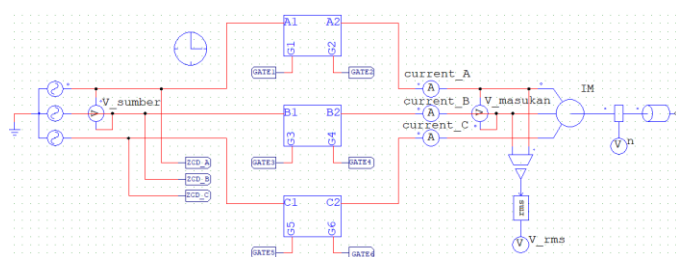
Sumber tegangan DC pada rangkaian MERS yang terhubung secara seri pada setiap fasanya. Reaktansi kapasitif bernilai 16,504 Ω berdasarkan persamaan 2.15 sehingga perhitungan kapasitor MERS dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 16,504} = 1,93 \times 10^{-4} = 193 \mu\text{F}$$

Penelitian yang dilakukan yaitu perangkat MERS dapat digunakan untuk menjaga stabilitas tegangan pada motor induksi 3 fasa. Simulasi perangkat lunak PSIM digunakan untuk melakukan penelitian ini. Data dan grafik yang dihasilkan dari simulasi kemudian dianalisis. Pada Gambar 2 ditunjukkan desain simulasi tanpa MERS dan pada Gambar 3 ditunjukkan desain simulasi dengan MERS.



Gambar 3. Desain simulasi tanpa MERS



Gambar 4. Desain simulasi dengan MERS

Penelitian pada motor induksi 3 fasa berdaya 1 HP/0,746 KW dan $T_{load} = 5 \text{ Nm}$, didapatkan hasil bahwa dengan variasi sumber tegangan -20 % dan +10% dari tegangan normal 380 V maka diperoleh nominal arus dan kecepatan putar dari masing-masing kondisi tegangan. Respon steady state pada arus dan kecepatan juga diperoleh dari simulasi yang ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL II. RESPON ARUS DAN KECEPATAN TANPA MERS

Kondisi Tegangan	Sumber Tegangan (Vrms)	Respon Arus		Respon Kecepatan	
		Nominal (A)	Steady State (s)	Nominal (rpm)	Steady State (s)
Normal	380	1,91	0,207	1435	0,183
Under	323	2,02	0,346	1403	0,33
Over	418	1,92	0,137	1448	0,137

Berdasarkan data yang diperoleh dari simulasi yang disajikan maka variasi sumber tegangan memberikan pengaruh pada arus maupun kecepatan putar motor induksi 3 fasa. Kondisi undervoltage besar arus dan kecepatan putar mengalami penurunan dari kondisi normal. Namun pada kondisi overvoltage nominal arus tetap pada kondisi normal dan kecepatan mengalami kenaikan. Respon steady state arus dan kecepatan lebih lambat pada kondisi undervoltage dan respon lebih cepat pada kondisi overvoltage.

TABEL III. RESPON TEGANGAN, ARUS, DAN KECEPATAN MENGGUNAKAN MERS

Kondisi Tegangan	Respon Tegangan		Respon Arus		Respon Kecepatan	
	Nominal (A)	Steady State (s)	Nominal (A)	Steady State (s)	Nominal (rpm)	Steady State (s)
Normal	380	-	1,91	0,207	1435	0,183
Under	374,72	0,161	2,02	0,346	1403	0,33
Over	385,34	0,4	1,92	0,137	1448	0,137

Berdasarkan data yang diperoleh dari simulasi yang disajikan pada Tabel 3 dengan mengacu pada standar SPLN no. 1 tahun 1978 sistem dapat menjaga nominal tegangan pada interval -10% sampai 5 % dari tegangan normal. Respon steady state pada kurva tegangan rms dengan mengacu standar NEC sistem dapat mempertahankan kestabilan. Namun tegangan berisolasi sebelum tegangan rms mencapai steady state baik dalam kondisi undervoltage maupun overvoltage.

Berdasarkan hasil pengujian dengan MERS dalam kondisi undervoltage, respon steady state arus masukan motor induksi menjadi lebih cepat dan nilai tegangan masukan mengalami kenaikan tegangan sebesar 51,72 V atau 16,01%. Pada hasil pengujian kondisi overvoltage, respon steady state arus menjadi lebih lama dan nilai tegangan masukan mengalami penurunan sebesar 32,66 V atau 7,81 % sehingga tegangan tereduksi mendekati 380 Vrms. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, rangkaian MERS dapat dirancang untuk menaikkan dan menurunkan tegangan masukan pada motor induksi 3 fasa yang berkapasitas 1 HP. Kendali alfa dapat digunakan pada rangkaian MERS untuk mengatur sudut penyulutan, sehingga tegangan mencapai kestabilan memenuhi SPLN no. 1 tahun 1978 dengan interval tegangan -10% sampai 5% dari tegangan nominal jaringan tegangan rendah yaitu 380 Volt. Pada simulasi menggunakan MERS dengan kondisi undervoltage (-20%), tegangan masukan motor induksi sebesar 372,18 Vrms. Pada simulasi menggunakan MERS dengan kondisi overvoltage (+10%),

tegangan masukan motor induksi sebesar 384,33 Vrms dengan simulasi menggunakan MERS. Hal ini membuktikan bahwa rangkaian MERS dapat menjaga tegangan pada interval standar.

REFERENSI

- Artakusuma, D. D., Wijaya, F. D., & Firmansyah, E. (2018). Aplikasi Magnetic Energy Recovery Switch sebagai Dynamic Voltage Restorer pada motor Induksi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTEI)*, 7(2), 236–240. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i2.428>
- Cheng, J., Fang, X., Wei, Y., Zhu, C., & Zou, Z. (2018). Multi - Objective optimization evaluation method based on coordination control algorithm for magnetic energy recovery switch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 121(5). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/121/5/052099>
- Choirawan, B., Pujiyanto, F., & Luhur Pambudi, M. A. (2023). Analisis Gangguan Undervoltage dalam Instalasi Jaringan Power Listrik Kapal. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 21(2), 19–30. <https://doi.org/10.33489/mibj.v21i2.327>
- Febriana Sulistya Pratiwi. (2022). No Title הכי קשה לראות את מה שבאמת לנגד העיניים. *הארץ*, 10, 2005–2003. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/angka-konsumsi-ikan-ri-naik-jadi-5648-kgkapita-pada-2022>
- Fukutani, K. (2019). *Development of High-performance Power Supply Using Magnetic Energy Recovery Switch*. 121, 108–116.
- Hajar, I., Pasra, N., & Rusmansyah, D. (2020). Analisis Voltage Drop Pada Jaringan Tegangan Rendah Dengan Metode Pecah Beba Pada Gardu KH 007 Di PT PLN (Persero) UP3 Pamekasan. *Sutet*, 10(2), 99–111. <https://doi.org/10.33322/sutet.v10i2.1306>
- Hasto, K., Haddin, M., & Nugroho, D. (2019). Kendali Arus Starting Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Magnetic Energy Recovery Switch (Mers). *Media ElektriKa*, 8(2), 12–19.
- Putri, T. A., Supriyanto, & Hikmat, Y. P. (2022). Pengaruh Kenaikan Tegangan Pada Penyulang Generator Unit 4 PLTP Kamojang Akibat Pelepasan Beban Menggunakan Software ETAP 12.6. 0. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 13–14. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4291>
- S.G, A. R., Parastiwi, A., & Fathoni, F. (2021). Perbaikan Nilai Faktor Daya Menggunakan Zero Crossing Detector Untuk Switching Kapasitor Bank Pada Usaha Bengkel Las. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(2), 22. <https://doi.org/10.33795/elk.v8i2.272>
- Silva, F. A. (2020). Book News. *Journal of Chinese Overseas*, 16(1), 149–152. <https://doi.org/10.1163/17932548-12341420>
- Surya I. P ; H. Hasan ; R. S. Lubis. (2017). Perancangan dan Analisis Back to Back Thyristor Untuk Regulasi Tegangan AC Satu Fasa. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(2), 24.
- Susanto, H., Munawir, A., & Darsan, H. (2021). Uji Kebisingan pada Motor Listrik dan Tabung Sentrifugal Mesin Produksi Santan Kapasitas 10 Liter Per Jam. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 7(1), 50. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v7i1.3755>