

Rancang Bangun *Trainer* Sistem Distribusi Listrik Dalam Skala Laboratorium Sebagai Media Pembelajaran Praktikum

Ikhsan Adi Pratama^{1*}, Rifaldi Kurniawan Yusuf², Riyani Prima Dewi³, Saepul Rahmat⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Rekayasa Elektro Dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap
^{1,2,3,4}Jl. Dr. Soetomo No.1, Karangcengis, Sidakaya, Kec. Cilacap Sel., Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah 53212, Indonesia
E-mail: ikhsan20_tla.stu@pnc.ac.id¹, rifaldiky20_tla.stu@pnc.ac.id, ryanipd@pnc.ac.id², saepulrahmat@pnc.ac.id³

*penulis korespondensi

Published: 30 Maret 2024

Abstrak - Sistem kinerja dari distribusi listrik memiliki peran yang cukup sentral dan penting dalam menyediakan tenaga listrik kepada pengguna tenaga kelistrikan atau pelanggan, dengan keandalan dan efisiensi sebagai kunci untuk menjaga pasokan yang stabil. Tantangan ini membutuhkan tenaga kerja berkualitas, terutama teknisi dan yang berhadapan langsung dengan kondisi di lapangan. Politeknik Negeri Cilacap (PNC) fokus pada teknik listrik, mencetak lulusan sebagai teknisi kompeten. PNC merespons dengan menambah materi dan praktikum, termasuk konsep hardskill melalui praktikum dengan alat memadai. Penelitian berfokus pada *trainer* sistem distribusi listrik dengan variasi beban, digunakan dalam Mata Kuliah Praktikum Transmisi dan Distribusi Listrik. *Trainer* ini memungkinkan mahasiswa melakukan simulasi terhadap situasi lapangan, memudahkan evaluasi dosen terhadap pengetahuan dan keterampilan mahasiswa. Pengembangan *trainer* diharapkan meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam pemahaman praktis dan teknis untuk memelihara sistem distribusi listrik, mendukung peningkatan kualitas calon praktisi bidang kelistrikan di kemudian hari.

Kata kunci: sistem distribusi, *trainer*, praktikum, keandalan, efisiensi

Abstract -The performance of the electrical distribution system plays a central and crucial role in providing electricity to electrical power users or customers, with reliability and efficiency being key factors in maintaining a stable supply. These challenges require a skilled workforce, especially technicians who deal directly with on-site conditions. Politeknik Negeri Cilacap (PNC) focuses on electrical engineering, producing graduates as competent technicians. PNC responds by adding materials and practical sessions, including hands-on skills concepts through adequate laboratory equipment. Research focuses on an electrical distribution system trainer with load variations, used in the Transmission and Distribution Electrical Practical Course. This trainer enables students to simulate field situations, facilitating instructors' evaluation of students' knowledge and skills. The development of this trainer is expected to enhance students' practical and technical understanding in maintaining electrical distribution systems, supporting the improvement of the quality of future electrical practitioners.

Keywords: distribution system, trainer, practicum, reliability, efficiency.

1. PENDAHULUAN

Sistem kerja dari distribusi listrik merupakan bagian yang sentral dalam pemanfaatan tenaga listrik yang digunakan dalam berbagai bidang yang memerlukan tenaga listrik[1]. Sistem didistribusi listrik ini memiliki cakupan yang cukup luas di antaranya yaitu instalasi sistem, instalasi keamanan dan keandalan dari sistem instalasi tersebut. Pada instalasi sistem distribusi listrik ini perlu mempertimbangkan bagaimana skema yang tepat untuk digunakan supaya keandalan dari sistem kelistrikan dapat bekerja dapat beroperasi dengan keadaan yang optimal dan memiliki efisiensi keandalan yang tinggi[2].

Untuk memastikan terjaminnya kelancaran dan keandalan dalam penggunaan sistem kelistrikan, faktor yang cukup penting juga di antaranya yaitu pengetahuan dan keterampilan yang memadai dari para insinyur bidang kelistrikan yang terjun langsung di lapangan disesuaikan dengan kondisi teknis[3]. Hal ini menjadi tantangan bagi para insinyur dan tenaga profesional bidang kelistrikan dalam menyiapkan dan memastikan ketersediaan tenaga kerja yang berkualitas dan terlatih dalam bidang ini.

Politeknik Negeri Cilacap (PNC) adalah institusi pendidikan tinggi vokasional, dan salah satu fokus pembelajaran di dalamnya adalah program studi yang berfokus tentang teknik listrik. Para calon alumni dari

program studi teknik listrik ini adalah para insinyur yang salah satu tugas nya akan bertanggung jawab untuk menjaga kewananan sistem kelistrikan. Untuk menyiapkan teknisi yang kompeten dengan keterampilan yang diperlukan untuk bekerja secara profesional, penting untuk memiliki proses pembelajaran dan pelatihan yang memadai. Salah satu cara untuk mengintegrasikan konsep keterampilan keras (*hard skills*) ke dalam pengalaman pembelajaran adalah melalui sesi praktikum yang melibatkan penggunaan alat dan komponen yang sesuai.

Sesuai dengan hal tersebut, peningkatan materi dan sesi praktikum dirancang untuk memperluas kapasitas pengetahuan bagi calon teknisi di masa mendatang. Ini menjadi salah satu fokus utama dalam kurikulum program studi teknik listrik Politeknik Negeri Cilacap (PNC) dengan tujuan mendukung peningkatan kualitas mahasiswa sebagai calon tenaga kerja di sektor sistem distribusi listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan alat bantu pembelajaran yang dapat memberikan dukungan dalam pelatihan para mahasiswa[4]. Salah satu sistem pembelajaran yang di terapkan salah satunya dalam praktikum yang dapat digunakan yaitu *trainer* sistem distribusi listrik yang telah di lengkapi dengan variasi pada beban dan di lengkapi dengan *monitoring* terhadap arus, tegangan, frekuensi serta daya[5].

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini akan melibatkan perancangan dan pembuatan *trainer* sistem distribusi listrik yang dilengkapi dengan variasi beban. *Trainer* ini dirancang untuk memberikan dukungan pada kegiatan praktikum di Program Studi Teknik Listrik, khususnya dalam Mata Kuliah Praktek Transmisi dan Distribusi Listrik.[6]. Dengan menggunakan *trainer* ini, mahasiswa memiliki kesempatan untuk melakukan simulasi variasi beban yang mencerminkan kondisi dan situasi di lapangan kerja. Selain itu, penggunaan *trainer* juga memberikan kemudahan bagi dosen dalam mengevaluasi pengetahuan dan keterampilan mahasiswa sesuai dengan target capaian pembelajaran.[7]. Selanjutnya, dapat meningkatkan keterampilan dan pengetahuan para mahasiswa dalam mengoperasikan dan memelihara sistem distribusi listrik dengan baik pada kondisi beban yang berbeda-beda sesuai dengan apa yang akan di ujicobakan dalam alat *trainer* tersebut.

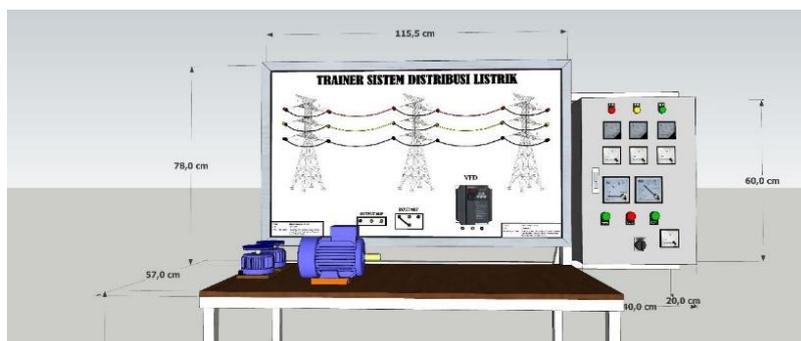
2. METODE

Metode penelitian yang di gunakan adalah metode eksperimen, dengan menggunakan metode eksperimen ini terdiri dari empat langkah yang di susun secara sistematis dari perencanaan hingga implementasi pembuatan serta pengujian. Langkah pertama adalah studi literatur yang dalam tahap ini penelitian berfokus pada pengkajian tentang penelitian sejenis sebelumnya, langkah kedua adalah perancangan desain dan kerangka *trainer*, langkah ketiga adalah pembuatan *trainer*, dan langkah yang ke empat yaitu pengujian terhadap hasil kinerja *trainer*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain dan perancangan *trainer*

Desain *trainer* sistem distribusi listrik ini berorientasi pada skala laboratorium, dengan bentuk yang terdiri dari meja dan papan dan terdapat komponen yang di gunakan sebagai *trainer* seperti yang akan di jelaskan dalam gambar 1.



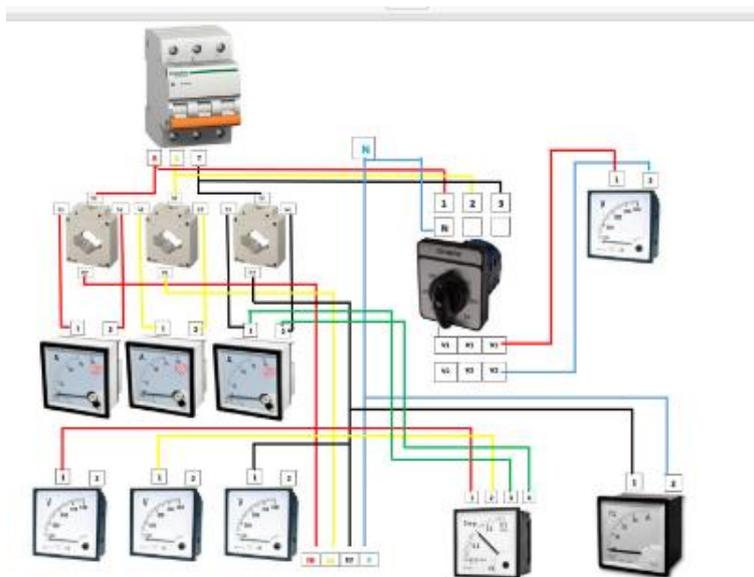
Gambar 1. Desain perancangan *trainer*

Pada *Trainer* Sistem Distribusi listrik ini terdiri dari beberapa komponen dan fungsinya dalam sistem mekanisme di antaranya adalah panel bok berukuran 4×20×60 cm panel ini merupakan tempat peletakan komponen kelistrikan yang ada di dalam panel bok di antaranya adalah berbagai komponen seperti pemutus sirkuit (MCB, MCCB, NFB), Busbar, Magnetik Kontaktor, *Current Transformer*, *Thermal Overload Relay*, dan terminal kabel dan pada pintu bok panel terdiri dari 3 buah lampu indikator untuk masing-masing fasanya, tiga buah Ammeter untuk masing-masing fasa, tiga buah volt meter untuk tegangan masing-masing fasa dan tambahan satu buah volt meter lagi yang di lengkapi dengan selektor untuk mengukur tegangan antar fasa R-S, S-T, T-R, dan mengukur tegangan Fasa-Netral pada masing-masing fasa R-N, S-N, T-N. Dan terdapat juga frekuensi meter untuk mengukur frekuensi yang di gunakan pada rangkaian dan *Cos-Phi* meter untuk mengukur faktor daya pada rangkaian[8], [9]. Dan terdapat tiga buah PB (*Push Button*) yang di gunakan untuk mengontrol motor listrik 1 fasa yang berputar secara bolak balik (*Forward-Reverse*) desain panel *box trainer*.

Desain *trainer* gambar pada papan vertikal *trainer* terdapat beberapa komponen yang di gunakan di antaranya terdapat gambar miniatur jaringan transmisi distribusi kelistrikan yang terdiri dari gambar tiang transmisi distribusi listrik yang di simulasi kan dan terdapat plug *male-female* untuk menghubungkan dari masing-masing ketiga tiang transmisi distribusi listrik[10]. Dan kemudian terdapat juga plug *male-female* untuk menghubungkan antara motor 1 fasa terhadap rangkaian instalasi dan juga menghubungkan vfd terhadap rangkaian dan koneksi motornya. Pada papan vertikal *trainer* juga terdapat VFD yang di pasang pada papan vertikal *trainer* yang di gambarkan pada gambar di atas. Meja horizontal yang di gambarkan pada gambar 1, *trainer* akan di tempatkan *beberapa komponen kelistrikan di antaranya adalah motor listrik 1 fasa yang di kendalikan oleh magnetik kontaktor* untuk perputaran motor secara bolak balik (*forward-reverse*)[11]. Kemudian terdapat juga satu buah motor listrik 3 fasa yang di hubungkan ke VFD (*Variable Frequency Drive*) yang berfungsi untuk mengubah kecepatan motor dengan melakukan manipulasi atau perubahan terhadap frekuensi dari output VFD. Dari ketiga bagian *Trainer* yaitu panel bok, papan vertikal dan papan meja horizontal di pasang rangkaian elektrikal dan di interkoneksi sehingga menjadi satu buah *trainer* sistem distribusi listrik yang lengkap dengan simulasi dan variasi pembebanannya. Sebagai media pembelajaran *trainer* sistem distribusi listrik ini akan dilengkapi dengan petunjuk dan panduan yang jelas tentang penggunaan dan eksperimen yang dapat dilakukan, sehingga pengguna dapat memahami konsep-konsep dasar dan melakukan percobaan dengan aman[12].

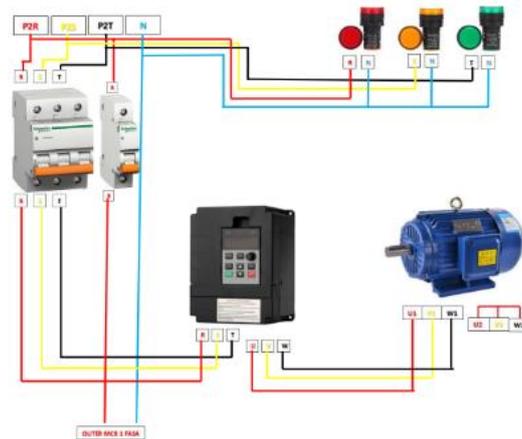
3.2 Desain dan perancangan instalasi *trainer*

Dalam perancangan instalasi kelistrikan yang di terapkan pada *trainer* ini terdiri dari rangkaian monitoring terhadap besaran besaran listrik, kemudian rangkaian instalasi terhadap instalasi motor listrik 3 fasa yang bekerja pada *variable* kecepatan dengan menggunakan *Variable Frequency Drive*, dan rangkaian instalasi terhadap dua buah motor listrik 1 fasa yang memiliki fungsi kerja *forward-reverse* atau berputar kanan dan kiri, dalam *trainer* akan menggunakan rangkaian instalasi yang unum di jumpai untuk penggunaan lampu pijar dan setrika listrik yang di gunakan sebagai beban resistif . Pada saat penggunaan beban resistif serta penggunaan beban induktif di operasikan dalam waktu yang sama merupakan sistem penggunaan beban variatif berdasarkan pada penggunaan kombinasi beban induktif dan resistif.[13]



Gambar 2. Rangkaian monitoring

Pada gambar 2 merupakan rangkaian instalasi listrik untuk melakukan monitoring terhadap besaran-besaran listrik di antaranya adalah monitoring arus yang menggunakan ampere meter, komponen Ampere Meter ini di gunakan sejumlah tiga buah untuk masing-masing fasa R,S,T, serta penggunaan Volt Meter sebagai alat untuk memonitoring tegangan juga di terapkan pada masing-masing fasa R,S,T dan pengukuran tegangan menggunakan *selector switch* untuk mengukur tegangan antar fasa R-S,S-T,T-R serta tegangan fasa netral R-N,S-N,T-N, *Frequency meter* di gunakan sebagai komponen untuk melakukan pengukuran dan monitoring secara *real time* terhadap frekuensi, serta komponen *Cos Phi Meter* untuk mengukur dan memonitoring faktor daya[9].



Gambar 3. instalasi untuk motor induksi 3 fasa

Pada gambar 3 merupakan rangkaian instalasi untuk motor induksi 3 fasa yang bekerja dengan cara melakukan variasi frekuensi dengan menggunakan *Variable Frequency Drive* yang pengaruh dari perubahan frekuensi *input* terhadap motor 3 fasa akan merubah kecepatan semakin tinggi nilai arus yang di berikan terhadap motor listrik maka akan semakin mempercepat putaran rpm motor listrik[14].



Gambar 4. Rangkaian instalasi untuk motor listrik 1 fasa

Pada gambar 4 rangkaian instalasi, merupakan rangkaian instalasi untuk motor listrik 1 fasa yang bekerja *forward-reverse* (kanan-kiri) menggunakan saklar *magnetic contactor* dan satu buah tombol stop, serta masing-masing satu buah *push button forward-reverse*[15].

3.3 Pengujian *trainer*

Tahap pengujian ini merupakan tahap yang di gunakan untuk melakukan evaluasi dari hasil penelitian, pada hasil pengujian *trainer* akan di tampilkan nilai grafik sebagai salah satu cara pencatatan data hasil pengujian pada kinerja sistem.



Gambar 5. Pengujian *trainer*

Pada gambar 5 pengujian *trainer* di lakukan secara langsung pengujian terhadap kinerja dari sistem *trainer* yang telah di buat pada penelitian ini, pengujian *trainer* di lakukan menyeluruh dimulai dari pengujian dimensi, yaitu dengan cara pengukuran masing-masing panjang sisi lebar serta ketinggian *trainer* sudah sesuai dengan perancangan desain, kemudian adalah pengujian visual, pada pengujian visual ini keseluruhan bentuk dari kerangka dan dimensi *traienr* di lihat dan di lakukan pengamatan terhadap kesesuaian bentuk dan memeriksa sambungan sudut kerangka apakah sudah rapi atau belum, kemudian pengujian ketahanan meja terhadap beban, pengujian ketahanan terhadap beban ini bertujuan supaya menguji meja *trainer* dan kerangka *trainer* terhadap motor induksi yang memiliki beban yang cukup berat. Pengujian selanjutnya yaitu pengujian instalasi kelistrikan dan simulasi penggunaan beban listrik pada *trainer*.

3.4 Penulisan Persamaan

Ampere meter yang di gunakan dalam dalam pengukuran ini merupakan ampere meter jenis analog dengan menggunakan rangkaian instalasi pemasangan secara seri. Selain pengukuran menggunakan pengukuran menggunakan alat ukur yang di terapkan dalam penelitian ini, di terpkan juga menggunakan penerapan rumus persamaan hukum ohm[16].

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

- Rumus ini di gunakan jika yang diketahui adalah tegangan (v) dan hambatan (r)

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2)$$

- Rumus ini di gunakan jika yang diketahui adalah muatan listrik (Q) dan Waktu (t)

Dimana:

- V : Tegangan (volt)
 I : Arus (Ampere)
 R : Hambatan (Ohm)
 Q : Muatan Listrik (*Coloumb*)
 T : Waktu (*Second*)

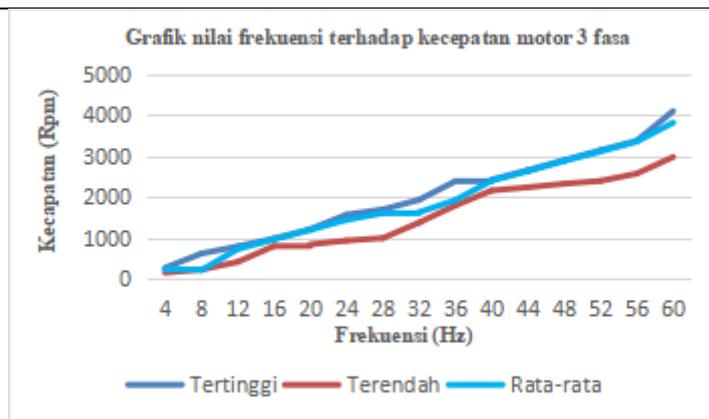
3.5 Hasil pengujian

3.5.1 Pengujian kinerja motor 3 fasa kecepatan bervariasi

Pengujian kinerja motor listrik dengan menggunakan VFD sebagai kontrol kecepatan di lakukan dengan melakukan perubahan pada fitur *interface* yang terdapat pada VFD dan untuk melakukan pengukuran terhadap kecepatan putar motor menggunakan taco meter sehingga diperoleh data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi kecepatan motor 3 fasa

No	Frekuensi Hz	Kecepatan rpm	Kecepatan rpm	Kecepatan rpm	Arus Ampere (A)
		Tertinggi	Terendah	Rata-rata	
1	4	263	146	222	1,95
2	8	612	220	204	1,76
3	12	786	407	721	1,44
4	16	978	794	959	1,34
5	20	1208	837	1189	1,23
6	24	1562	929	1436	1.14
7	28	1689	989	1598	1,08
8	32	1924	1369	1621	1,04
9	26	2380	1786	1917	1,00
10	40	2416	2153	2394	0,98
11	44	2650	2231	2624	0,97
12	48	2891	2318	2876	0,93
13	52	3136	2386	3106	0,84
14	56	3368	2565	3347	0,71
15	60	4091	2970	3809	0,62



Gambar 6. Grafik nilai frekuensi terhadap kecepatan motor 3 fasa

Berdasarkan nilai tabel hasil pengukuran dan di tampilkan dalam grafik di hasilkan data bahwa semakin tinggi nilai frekuensi yang di alirkan terhadap motor listrik 3 fasa maka akan berpengaruh terhadap kecepatan putar motor rpm (rotasi per menit). Serta akan menaikkan konsumsi arus listrik yang di tampilkan dalam tabel 1 dalam satuan Ampere.

3.5.2 Pengujian dua beban motor 1 fasa perputar *forward-reverse*.

Pada pengujian dua buah motor listrik 1 fasa yang bekerja putar kanan -kiri menggunakan dua buah kontaktor magnet sebagai saklar yang di gunakan kontaktor k1 untuk berputar kanan *forward* dan kontaktor k2 untuk memutarakan motor listrik ke arah kiri *reverse*. Data dan hasil pengukuran akan di tampilkan dalam tabel 2 dan grafik.

Tabel 2. Motor listrik 1 fasa bekerja *forward-reverse*.

No	Arah Putar Motor	Tegangan	Arus	Kecepatan rpm
		(Volt)	(Ampere)	Rata-rata
1	Forward	231	2,33	2229
2	Forward	235	2,31	2394
3	Reverse	231	2,31	2624
4	Reverse	231	2,31	2463

3.5.3 Pengujian Beban Resistif

Pengujian terhadap hasil kinerja sistem dalam masa penelitian ini menggunakan beban resistif, beban resistif yang di gunakan adalah dua sistem yaitu dengan menggunakan 1 buah lampu pijar dengan daya 40 watt. penggunaan beban resistif yang di gunakan selanjutnya adalah seterika listrik yang memiliki daya 300 watt, untuk seterika listrik ini di gunakan 2 buah yang jika di hitung secara seri maka daya total dua buah seterika listrik berada 300x2 adalah 600 watt. Sebelum melakukan uji coba terhadap rangkaian melakukan pengukuran akan di ukur terhadap beberapa besaran yang di tampilkan pada alat ukur dengan data seperti psda table 3.

Tabel 3. Instalasi Beban Kombinasi Sterika dan Lampu

No	Besaran	Nilai
		Pengukuran
1	Tegangan	232 (Volt)
2	Daya	761 (Watt)
3	Frekuensi	50 (Hz)
4	Arus	3.276 (Ampere)
5	Daya Per Jam	0.66 (Wh)
6	Kapasitansi	1.00 (Pf)

Dari data hasil pengukuran yang tercantum dalam tabel di atas, diperoleh hasil pengukuran pada beban resistif. Jenis beban yang digunakan terdiri dari dua mekanisme beban, yaitu satu lampu pijar yang dikombinasikan dengan dua seterika listrik yang dihubungkan secara seri. Tegangan operasional pada rangkaian tersebut, berdasarkan hasil pengukuran, mencapai 232 volt AC, dengan daya terukur pada beban lampu pijar

sebesar 761 Watt. Frekuensi tetap stabil pada 50 Hz, sedangkan arus operasional pada rangkaian beban mencapai 3.276 Ampere, 0,66 Wh, dan memiliki nilai faktor daya (Power Factor) sebesar 1,00.

4. KESIMPULAN

Trainer sistem distribusi, yang dirancang dengan fokus pada variasi beban induktif, memanfaatkan dua jenis motor dengan dua mode operasi yang berbeda. Hasil eksperimen terhadap perubahan frekuensi input pada motor menunjukkan bahwa peningkatan nilai frekuensi sejalan dengan peningkatan kecepatan operasional motor. Rangkaian instalasi menggunakan dua motor listrik satu fasa yang dipasang secara paralel menunjukkan hasil pengukuran konsumsi daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan satu motor listrik. Dalam kondisi beban yang lebih tinggi, perbandingan dilakukan antara penggunaan satu motor listrik dengan arus listrik sebesar 1,2 Ampere, sementara penggunaan dua motor menunjukkan peningkatan konsumsi arus, tercatat pada angka 2,6 Ampere berdasarkan hasil pengukuran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terimakasih kepada Jurusan Teknik Rekayasa Elektro Dan Mekatronika Politeknik Negeri Cilacap yang memberikan dukungan dan fasilitas yang diperlukan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Rakhman, "Sistem Tenaga Listrik di Indonesia." Diakses: 14 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://rakhman.net/electrical-id/sistem-tenaga-listrik/>
- [2] Syufrijal dan R. Monantun, *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. 2014.
- [3] R. Febriana, "Pembagian Sistem Penyaluran Tenaga Listrik." Diakses: 2 Agustus 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.warriornux.com/pembagian-sistem-penyaluran-tenaga-listrik/>
- [4] J. Pendidikan, T. Elektro, I. Uyun, dan D. E. Myori, "Efektivitas Penerapan Trainer sebagai Media Pembelajaran Dasar Listrik Elektronika," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 02, no. 01, hlm. 47–51, 2021, Diakses: 30 Agustus 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://jpte.ppj.unp.ac.id>
- [5] R. Mukhaiyar, "Pengembangan Trainer Programable Logic Gontroller Sebagai Media Pembelajaran Di SMK Negeri Kota Payakumbuh," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. V, no. 1, hlm. 51–56, Feb 2019.
- [6] S. Prastika Sari, "Pengembangan Trainer-Kit Transmission Line Model Tm 199 Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta," 2019.
- [7] D. Supriadi, "Efektivitas Implementasi Model Pembelajaran SMK dalam Memenuhi Tantangan Revolusi Industri 4.0," *Jurnal Taman Vokasi*, vol. 7, no. 2, hlm. 2579–4159, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/tamanvokasi>
- [8] U. Muhammad dan F. Azis, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Cos Phi Meter Dan Wattmeter Berbasis Arduino."
- [9] Z. R. Pratama, "Monitoring & Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Suhu, Kecepatan, Dan Gangguan Tegangan Menggunakan Arduino," Cilacap, Agu 2022.
- [10] R. I. Taufik dan B. Setiadi, "Rancang Bangun Modul Simulasi Line Fault Detector pada Jaringan Distribusi Berbasis Mikrokontroler," Bandung, Agu 2021, hlm. 4–5.
- [11] "Apa Itu Variable Speed Drive Serta Kelebihan & Kekurangannya." Diakses: 19 Juli 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://laskarotomasi.com/apa-itu-variable-speed-drive/>
- [12] A. Khaffi, A. Rosyid Idris, J. Teknik Elektro, dan P. Negeri Ujung Pandang, "Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," 2020.
- [13] C. Dewi dkk., *Perancangan Trainer Proteksi Over Current untuk Media Pembelajaran Mata Kuliah Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. 2018.
- [14] D. Tri Putra Yanto, P. Ani, dan N. Jalinus, "Training Kit Kendali Motor Induksi berbasis Inverter Tiga Fasa: Analisis Uji Kelayakan," vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.345.
- [15] E. Zondra dan H. Yuwendius, "Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Satu Fasa Akibat Perubahan Besaran Kapasitor," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 4, no. 2, hlm. 40–47, 2020.
- [16] m budiyanto, "Mengenal Tegangan Listrik." Diakses: 17 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://listrik.sv.ugm.ac.id/2018/06/25/mengenal-tegangan-listrik/>