

Proteksi *Overload* Motor Universal pada Alat Pengayakan Ulat Hongkong Menggunakan *Thermal Overload Relay*

Sofiah¹, Fadilah^{2*}, M. Arafat³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia
*E-Mail: sofikeran12@gmail.com¹, diilaahfaa@gmail.com², muhhammadarafat2@gmail.com³

ABSTRAK

Perkembangan pesat dalam budidaya hewan peliharaan seperti burung, hamster, dan ikan hias mendorong kebutuhan akan pakan berkualitas tinggi untuk menunjang produktivitas. Salah satu pakan yang umum digunakan adalah ulat hongkong, yang proses pengayakannya masih dilakukan secara manual. Untuk meningkatkan efisiensi, diperlukan alat pengayakan otomatis yang menggunakan motor universal. Namun, penggunaan motor secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan akibat beban lebih (*overload*), yang memicu kenaikan arus (*over current*) dan peningkatan suhu pada motor. Penelitian ini bertujuan untuk melindungi motor universal pada alat pengayakan ulat hongkong dari beban lebih dan kenaikan suhu. Uji coba dilakukan sebanyak tiga kali, masing-masing dengan lima kali percobaan. Uji coba pertama dilakukan tanpa beban, uji coba kedua dengan beban ulat hongkong sebanyak 4000 gram secara konstan, dan uji coba ketiga dengan beban 6500 gram secara konstan. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar beban yang ditanggung motor, semakin tinggi arus dan daya yang dibutuhkan. Arus maksimal yang direkomendasikan agar motor tetap beroperasi optimal adalah 2,2 A, dengan beban maksimal 4000-5000 gram. Proteksi beban lebih menjadi penting untuk mencegah kerusakan motor dan memastikan alat pengayakan bekerja secara efisien serta memiliki umur pakai yang lebih lama.

Kata kunci: Motor Universal, *Thermal Overload Relay*, Ulat Hongkong, Proteksi *Overload*

ABSTRACT

The rapid growth of pet breeding, such as birds, hamsters, and ornamental fish, has driven the demand for high-quality feed to support productivity. One commonly used feed is mealworms, whose screening process is still performed manually. To improve efficiency, an automatic screening tool utilizing a universal motor is required. However, continuous use of the motor can lead to damage due to overload, triggering an increase in current (overcurrent) and a rise in motor temperature. This study aims to protect the universal motor in the mealworm screening machine from overload and excessive temperature increases. The trials were conducted three times, each with five repetitions. The first trial was performed without a load, the second with a constant mealworm load of 4000 grams, and the third with a constant load of 6500 grams. The analysis results indicate that the greater the load borne by the motor, the higher the current and power required. The recommended maximum current for optimal motor operation is 2.2 A, with a maximum load of 4000-5000 grams. Overload protection is essential to prevent motor damage and ensure the screening machine operates efficiently and has a longer service life.

Keywords: Universal Motor, *Thermal Overload Relay*, Mealworms, *Overload Protection*

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam budidaya hewan peliharaan, seperti burung, hamster, ikan hias, serta ikan konsumsi, meningkatkan kebutuhan akan pakan berkualitas. Salah satu pakan yang sering digunakan adalah ulat hongkong. Namun, dalam memperoleh ulat hongkong yang layak untuk pakan, terdapat kendala dalam proses pemisahan dan penyortiran. Penyortiran ini bertujuan untuk menghasilkan ulat yang bersih dari kotoran, seperti sisa pakan maupun kulit keringnya. Saat ini, proses pengayakan dan penyortiran ulat hongkong masih dilakukan secara manual,

sehingga menghambat efisiensi produksi. Untuk meningkatkan efektivitas dalam proses produksi, diperlukan alat otomatis yang mampu menyortir dan mengayak ulat hongkong secara lebih cepat dan efisien, seperti yang menggunakan motor listrik jenis universal.

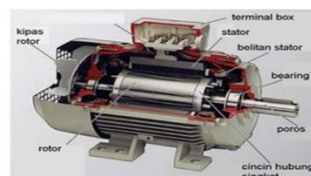
Motor universal memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari, namun penggunaan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan pada motor tersebut. [1]. Dalam penggunaannya, motor universal memerlukan alat pengaman atau sistem proteksi yang berfungsi untuk menjaga kinerja motor tetap efisien serta mencegah kerusakan dan gangguan. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada motor universal adalah beban lebih (*overload*). Beban berlebih ini dapat menyebabkan peningkatan arus (*over current*), yang berujung pada arus berlebih dalam motor. Akibatnya, suhu motor akan meningkat, menyebabkan motor menjadi panas dan berisiko mengalami kerusakan.

Gangguan arus lebih dapat menyebabkan kumparan motor mengalami peningkatan suhu, yang jika dibiarkan dalam waktu lama dapat menurunkan kualitas isolasi motor. Penurunan kualitas isolasi ini meningkatkan risiko gangguan dan berpotensi menyebabkan motor terbakar. Untuk mencegah dampak dari beban lebih (*overload*) pada motor universal, diperlukan *relay overload* dengan karakteristik termal yang mampu melindungi motor dari kenaikan suhu dan panas berlebih. Agar proteksi *overload* motor dapat bekerja secara efisien maka diperlukan beberapa alat pendukung proteksi diantaranya yaitu *Miniature Circuit Breaker* (MCB), kontaktor magnet dan *thermal overload relay*.



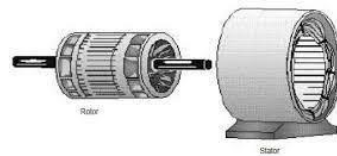
Gambar 1. Ulat Hongkong

Beternak ulat hongkong merupakan salah satu usaha yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai peternakan rakyat. Selain memiliki metode budidaya yang relatif sederhana, usaha ini juga menawarkan peluang bisnis yang menjanjikan karena permintaan pasar yang stabil di Indonesia. Di Indonesia, ulat hongkong banyak dimanfaatkan sebagai pakan untuk berbagai jenis hewan peliharaan, seperti burung, ikan, landak mini, semut rangrang, dan reptil. [2].



Gambar 2. Motor Universal

Motor universal adalah motor yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Motor ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu rotor dan stator. Stator merupakan bagian yang tetap diam, sementara rotor adalah bagian yang bergerak. Pada motor AC, prinsip kerjanya mirip dengan transformator, di mana kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung. Secara prinsip, medan magnet pada motor universal bekerja serupa dengan kumparan pada transformator. Inilah yang menjadi alasan mengapa motor AC sering disebut sebagai motor universal [3].



Gambar 2. Konstruksi Motor Universal

Motor universal adalah sebuah mesin listrik yang menggunakan prinsip universal elektromagnetik untuk menghasilkan putaran. Konstruksi motor universal terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor [4], motor universal di rancang untuk berjalan pada DC atau fase tunggal AC, karakteristik kecepatan atau beban motor Universal mirip dengan motor seri DC. Kecepatan pada motor universal rendah pada beban penuh dan sangat tinggi pada kondisi tanpa beban. Biasanya, kereta roda gear digunakan untuk mendapatkan kecepatan yang diperlukan pada beban tertentu.



Gambar 3. *Miniature Circuit Breaker*

Miniature circuit breaker (MCB) atau pemutus tenaga merupakan alat yang memiliki karakteristik *thermal* yang berguna untuk melindungi peralatan dari gangguan akibat beban lebih dan karakteristik magnetis yang berguna untuk melindungi motor dari terjadinya hubungan singkat atau short circuit [5]. Pada motor universal, MCB berfungsi untuk melindungi motor dari kelebihan beban yang melebihi toleransi dari motor universal serta melindungi motor dari gangguan akibat hubungan singkat.



Gambar 4. Kontaktor Magnet

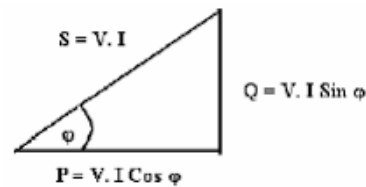
Kontaktor magnet (*Magnetic Contactor*) adalah perangkat listrik yang beroperasi berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Di dalamnya terdapat sebuah kumparan yang, ketika dialiri arus listrik, menghasilkan medan magnet pada inti besi. Medan magnet ini menyebabkan kontak tertarik dan berpindah posisi. Kontak bantu NO (*Normally Open*) akan menutup, sedangkan kontak bantu NC (*Normally Close*) akan terbuka. Kontaktor terdiri dari dua jenis kontak, yaitu

kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama berfungsi dalam rangkaian daya, sementara kontak bantu digunakan dalam rangkaian kontrol. [6].



Gambar 5. *Thermal Overload Relay*

Thermal Overload Relay (TOR) adalah perangkat proteksi yang beroperasi berdasarkan perubahan suhu. Arus listrik yang mengalir akan dikonversi menjadi panas, yang kemudian mempengaruhi bimetal. Bimetal ini akan bergerak dan mengaktifkan tuas pemutus arus saat terjadi *over current*, sehingga mencegah kerusakan pada sistem listrik [7].



Gambar 6. Segitiga Daya

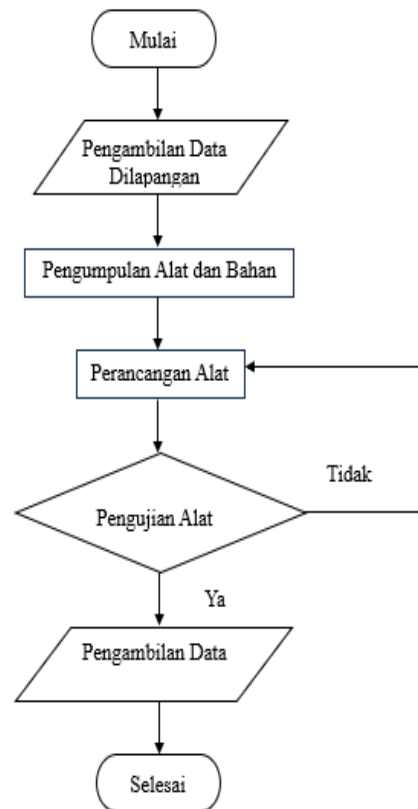
Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC), terdapat tiga jenis daya, yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Konsumsi daya listrik dipengaruhi oleh karakteristik beban listrik yang terpasang. Beban listrik sendiri dikategorikan menjadi beban aktif, beban pasif, dan beban campuran. Beban aktif mengandung material semikonduktor, sedangkan beban pasif terdiri dari tiga jenis sifat beban, yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Daya aktif diperlukan oleh beban resistif untuk dikonversi menjadi energi lain, seperti panas dan cahaya. Sementara itu, daya reaktif dibutuhkan oleh beban induktif untuk menghasilkan medan elektromagnet. Pada sistem tiga fasa yang seimbang, daya listrik dapat dinyatakan sebagai tiga kali daya satu fasa. Untuk memahami hubungan antara ketiga jenis daya ini, digunakan konsep segitiga daya. Segitiga daya merupakan representasi hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif dalam bentuk vektor segitiga [8].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian bertujuan sebagai langkah awal dari penelitian sebelum nantinya akan didapatkan hasil berupa data dan analisis penelitian. Sehingga penelitian yang dilakukan dapat terarah dan sesuai dengan yang diinginkan.

A. Diagram Flowchart Penelitian

Penelitian yang terarah dan sistematis membutuhkan pembuatan *flowchart* penelitian. *Flowchart* ini berisi langkah-langkah penelitian, mulai dari Langkah awal penelitian hingga Langkah akhir penelitian. Secara garis besar penyusunan penelitian ini digambarkan melalui diagram alir pada gambar 7 sebagai berikut.

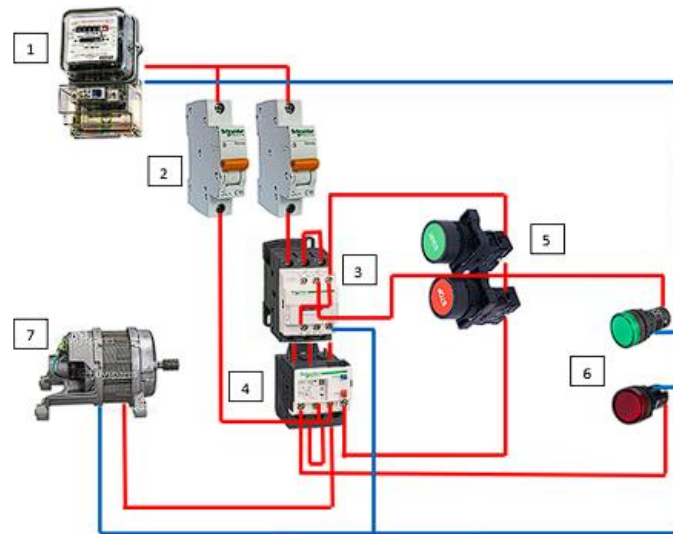


Gambar 7. Diagram *Flowchart*

Diagram alir penelitian diatas diawali dengan pengumpulan data-data dari buku-buku, internet dan referensi lainnya guna mendapatkan teori yang diperlukan dalam penelitian. Dilanjutkan dengan pengambilan data dilapangan, pengumpulan alat dan bahan dan perancangan alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian alat, dan langkah terakhir adalah kesimpulan dari analisis data yang dilakukan.

B. Skema Alat

Skema alat memuat gambaran mengenai sistem proteksi beban lebih pada pengayakan ulat hongkong. Berikut adalah skema alat yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 8. Skema Alat

Penjelasan dari diagram skema pada gambar 2 diatas akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Sumber PLN merupakan sumber utama yang digunakan dalam sistem proteksi beban lebih yang akan diteliti, sumber ini digunakan sebagai sumber alat pengayakan ulat hongkong maupun sistem proteksi beban lebih yang akan dibuat. Dari sumber PLN kemudian diteruskan ke *Miniature Circuit Breaker* (MCB) sebagai saklar utama sekaligus alat proteksi.
2. MCB berfungsi sebagai pengaman utama untuk membatasi arus listrik yang masuk ke rangkaian agar tidak melebihi abtas aman. kemudian dihubungkan ke kontaktor magnet sebagai saklar yang memutuskan dan menyambungkan secara otomatis dengan menggunakan prinsip kerja *elektromagnetik*.
3. Kontaktor magnet bertindak sebagai sakelar elektromagnetik yang mengontrol aliran listrik ke motor berdasarkan sinyal dari tombol kontrol. Setelah melalui kontaktor magnet, kemudian dihubungkan ke *thermal overload*.
4. *Thermal Overload Relay* (TOR) yang berfungsi sebagai proteksi terhadap beban lebih, ketika arus motor yang mengalir melalui kontaktor magnet melebihi pengaturan arus di *thermal overload relay*, maka *thermal overload relay* akan bekerja memproteksi rangkaian. Pin 98 pada *thermal overload relay* kemudian dihubungkan dengan tombol *off* (tombol berwarna merah) sehingga apabila ingin mematikan motor universal secara manual bisa menekan tombol *off* tersebut lalu tombol *on* disambungkan ke pin A1 pada kontaktor magnet sehingga motor bisa dihidupkan dengan menekan tombol *on* (tombol berwarna hijau).
5. Lampu indikator berfungsi sebagai penanda apabila motor sedang berjalan ataupun sedang mengalami gangguan, apabila motor sedang dijalankan maka lampu indikator hijau akan menyala sedangkan apabila motor sedang mengalami gangguan maka yang menyala yaitu lampu indicator merah.
6. Motor universal disini dijadikan sebagai beban yang akan diproteksi pada percobaan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan arus yang digunakan sudah sesuai dengan arus nominal yang terdapat pada motor universal satu fasa. Adapun perhitungannya dibagi menjadi perhitungan arus MCB, Kontaktor magnet yang digunakan dan perhitungan arus *Thermal Overload Relay*.

Perhitungan Arus Pada Sistem Proteksi Beban Lebih

Untuk perhitungannya dibagi menjadi perhitungan arus MCB, Kontaktor magnet yang digunakan dan perhitungan arus *Thermal Overload Relay*. Berdasarkan spesifikasi motor universal yang dapat dilakukan perhitungan arus nominal pada motor universal dengan merujuk pada rumusan sebagai berikut.:

$$I(n) = \frac{480}{220}$$
$$I(n) = 2,18 \text{ Ampere}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka arus nominal pada motor universal 1 fasa yang digunakan yaitu 2,18 Ampere.

Perhitungan Arus Pada MCB (*miniature circuit breaker*)

Pemilihan besaran MCB (*miniature circuit breaker*) yang digunakan dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan nilai minimum dan nilai maksimum arus pada MCB (*miniature circuit breaker*). Adapun besaran arus yang akan digunakan sebesar

$$\begin{aligned} \text{Nilai minimum} &= 1,25 \times 2,18 \\ &= 2,7 \text{ Ampere (minimal 2 Ampere)} \\ \text{Nilai maksimum} &= 2,5 \times 2,18 \\ &= 5,45 \text{ Ampere (Minimal 6 Ampere)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut MCB (*miniature circuit breaker*) yang akan digunakan memiliki besaran arus 4 Ampere yang merupakan arus MCB (*miniature circuit breaker*) rata-rata dari nilai minimal dan nilai maksimal yang telah

B. *Thermal Overload Relay* (TOR)

Untuk menentukan besaran TOR yang akan dipasang, maka harus diset besarnya sesuai dengan arus nominal motor ($I_{tor} = I_n$) atau bisa juga menggunakan $I_n + 10\%$. Adapun besaran *thermal overload relay* yang akan digunakan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{TOR} &= 2.18 \times 0.1 \\ &= 0.218 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Sehingga untuk TOR yang ditambah 10% dari batas maksimum arus motor diperoleh sebesar 2,4 Ampere.

$$\begin{aligned} \text{TOR} &= 2.18 + 0.218 \\ &= 2.4 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Namun dalam penelitian ini, digunakan pengaturan arus TOR yang memiliki besaran yang sama dengan arus nominal pada motor universal satu fasa, yaitu 2.18 Ampere.

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran alat pengayakan ulat hongkong tanpa beban dalam waktu lebih kurang 2 jam 5 menit, pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu 1 kali percobaan selama kurang lebih 25 menit. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Pengukuran Tanpa Beban

TANGGAL	JADWAL		BEBAN (Gram)	MOTOR				COSPHI
	JAM	WAKTU (menit)		KECEPATAN (RPM)	SUHU (°C)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	
RABU, 7 JUNI 2023	10.22-10.47	25	TANP A BEBAN	522	39	2,08	230,2	0,9
	10.47-11.12	25		539	46,8	2,07	230,4	0,9
	11.12-11.37	25		548	51,8	2,04	230,1	0,9
	11.37-12.02	25		554	52,3	2,04	231,3	0,9
	12.02-12.27	25		564	54,4	2,02	229,9	0,9

Dari Tabel 1 data hasil pengukuran tanpa beban diatas, yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu 1 kali percobaan selama 25 menit. Dari percobaan tersebut dapat dilihat terjadi penurunan arus motor pada percobaan pertama hingga percobaan terakhir di percobaan kelima dimana arus pada saat percobaan pertama 2.08 A dan pada saat percobaan terakhir menjadi 2.02 A, disini dapat diambil kesimpulan bahwa kenaikan suhu yang terjadi pada motor induksi berpengaruh terhadap terjadinya penurunan arus motor tersebut, ketika suhu motor mengalami kenaikan maka arus motor akan mengalami penurunan dikarenakan hambatan motor induksi yang meningkat [9].

Selanjutnya dilakukan pengukuran alat pengayakan ulat hongkong dengan beban 4000 Gram konstan dalam waktu lebih kurang 22 menit, pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali percobaan berkisar antara 68 – 118 detik. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data Pengujian Dengan Beban 4000 Gram Konstan

TANGGAL	JADWAL		BEBAN (Gram)	MOTOR				COSPHI
	JAM	WAKTU (Second)		KECEPATAN (RPM)	SUHU (°C)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	
RABU, 31 MEI 2023	11.55-11.57	118	4000 Gram	505	39,6	2,09	230,5	0,9
	12.01-12.03	68		572	40,7	2,11	230,5	0,9
	12.06-12.07	72		535	41,8	2,08	230,9	0,9
	12.11-12.13	105		530	42,8	2,10	231,1	0,9
	12.17-12.19	100		543	43,9	2,13	230,4	0,9

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa arus tertinggi terjadi pada percobaan kelima awal pengayakan dengan besar arus 2,13 A sedangkan arus terendah terjadi pada percobaan ketiga dengan besarnya arus 2,08 A. Adapun tegangan tertinggi terjadi pada percobaan ke empat dengan besar tegangan 231,3 V sedangkan tegangan terendah terjadi pada percobaan ke lima dengan besar tegangan 230,4 V.

Setelah melakukan pengujian dengan beban 4000 gram, selanjutnya dilakukan pengukuran alat pengayakan ulat hongkong dengan beban 6500 Gram konstan dalam waktu lebih kurang 13 menit, pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan 1 kali percobaan waktu yang dibutuhkan berkisar antara 60 – 109 detik. Adapun data hasil dari pengujian alat pengayakan ulat hongkong dengan beban 6500 Gram konstan pada saat awal pengujian dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Data Pengujian Dengan Beban 6500 Gram Konstan

TANGGAL	JADWAL		BEBAN (Gram)	MOTOR				COSPHI
	JAM	WAKTU (Second)		KECEPATAN (RPM)	SUHU (°C)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	
SABTU, 3 JUNI 2023	11.14 –11.15	74	6500	561	32,2	2,13	230,3	0,9
	11.17-11.19	109		561	34,2	2,17	230,9	0,9
	11.22-11.24	90		643	35,3	2,24	230,9	0,9
	11.27-11.28	60		630	38	2,25	230,7	0,9

Dari Tabel 3 diatas, pada saat pengujian alat pengayakan ulat hongkong dengan beban 6500 Gram konstan, arus yang mengalir pada rangkaian motor universal satu fasa mengalami kenaikan yang sangat signifikan. Pada awal pengayakan percobaan pertama arus yang mengalir sebesar 2,13 A sedangkan pada percobaan ke empat arus meningkat drastis menjadi 2,2 A atau sudah mencapai batas maksimum pengaturan *thermal overload relay* yakni sebesar 2,2 A. Hal ini, disebabkan karena motor bekerja melebihi kapasitas motor itu sendiri sehingga ketika beban yang ditanggung motor melebihi kapasitasnya maka torsi motor akan meningkat dan menarik lebih banyak arus agar motor dapat bekerja secara kontinyu.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan hasil analisis perhitungan, dapat disimpulkan bahwa pengaturan arus pada Miniature Circuit Breaker (MCB) ditetapkan sebesar 4 A, sedangkan pada Thermal Overload Relay (TOR) sebesar 2,2 A. Analisis menunjukkan bahwa beban yang ditanggung oleh motor universal berpengaruh signifikan terhadap peningkatan arus dan daya yang dikonsumsi motor. Untuk memastikan motor bekerja secara optimal, arus maksimum yang disarankan adalah 2,2 A. Hal ini dibuktikan dengan penurunan tegangan yang terjadi pada pengujian dengan beban sebesar 6500 gram pada percobaan keempat. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem proteksi berbasis thermal overload relay efektif dalam mencegah kerusakan motor akibat beban berlebih, dengan kapasitas optimal motor berada pada kisaran beban 4000–5000 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Daud, J. Teknik, and K. Energi, “Rancang Bangun Modul Proteksi Arus Beban Lebih dan Hubung Singkat,” 2019.
- [2] D. G. P. L. Hapsari, A. M. Fuah, and Y. C. Endrawati, “Produktivitas Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) pada Media Pakan yang Berbeda Productivities of *Tenebrio larva* (*Tenebrio molitor*) in Different Feeding Media,” 2018.
- [3] Mk. Amri Rosa and I. Novia Anggraini, “Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Berbagai Gangguan Menggunakan Mikrokontroler,” *Jurnal Amplifier Mei*, vol. 10, no. 1, 2020.
- [4] M. Sarifatullah, D. Notosudjono, and D. Suhendi, “Perancangan Sistem Proteksi Thermal pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Kontrol Arduino Menggunakan Jaringan IoT,” 2020.
- [5] T. Tiyono, “PERANCANGAN SETTING RELE PROTEKSI ARUS LEBIH PADA MOTOR LISTRIK INDUSTRI,” *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 40-46, Jun. 2013. <https://doi.org/10.12777/transmisi.15.1.40-46>
- [6] N. Indrihastuti, A. Prayoga, and M. A. Musyaffa, “Perancangan Kendali 2 Kontaktor Bekerja Berurutan Secara Otomatis Berbasis PLC CPM1A 40CDR_A.” [Online]. Available: https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/, 2021.



- [7] T. Puspita and I. Akbar Darmawan, “Thermal *Overload Relay* (TOR) Sebagai Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Molding Biofuel Pelletizer Di PT. Sejin Lestari Furniture,” *JTMEI*, vol. 2, no. 2, pp. 168–181, 2023, doi: 10.55606/jtmei.v2i2.1773.
- [8] akhwan, A. Pradipta, and B. Gunari, “Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa dengan Sistem Kendali Otomatis,” *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, vol 8, no 3, 2022, doi: 10.19184/jaei.v8i3.34494.
- [9] R. Yusuf Lubis, L. Husna Lubis, dan Miftahul Husnah, and P. Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan, “Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Nilai Hambatan pada Rangkaian Listrik,” 2020.