

STUDY OF OPERATIONAL LOADS OF PRESS MACHINES WITH STAR-DELTA CONFIGURATION IN THE PALM OIL INDUSTRY

STUDI BEBAN OPERASIONAL MESIN PRESS DENGAN KONFIGURASI STAR-DELTA DI INDUSTRI KELAPA SAWIT

Charlie William¹, Joni Fat², Hugeng³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Indonesia
Email: charlie.525210007@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Indonesia
Email: jonif@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Indonesia
Email: hugeng@ft.untar.ac.id

Received: June 25, 2024 Revised: November 27, 2024 Published: January 30, 2024

DOI: <https://doi.org/10.24912/tesla.v26i1.30782>.

Abstract

This study aims to observe and analyze the load of the press machine using a star-delta configuration in a palm oil mill. The press machine is a key component in the palm oil extraction process, and its efficiency is significantly influenced by the motor control system used. The efficiency of the extraction process is crucial as it directly affects production output and operational costs. The star-delta configuration was chosen for its ability to reduce the initial current when the motor starts, thereby increasing motor lifespan and reducing maintenance and operational costs. In this study, the load of the press machine was measured during operational stages to comprehensively assess the performance of the star-delta configuration. Data collected included motor current and voltage during start-up and normal operation. This analysis aimed to determine the extent of initial current surge reduction achieved and load stability during operation. Observations showed that using the star-delta configuration significantly reduces initial current surges, which are often the main cause of motor damage and wear. Additionally, this configuration provides a more stable load during press machine operation, positively impacting overall energy efficiency. Therefore, this study provides valuable insights into the importance of using the star-delta configuration in the palm oil industry and its potential to enhance the performance and operational sustainability of the mill.

Keywords: analyze, press machine, performance, load

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan menganalisis beban mesin *press* yang menggunakan rangkaian *star-delta* di pabrik kelapa sawit. Mesin *press* merupakan salah satu kunci utama dalam proses ekstraksi minyak kelapa sawit, dan efisiensinya sangat dipengaruhi oleh sistem pengendalian motor yang digunakan. Efisiensi proses ekstraksi sangat penting karena berkaitan langsung dengan *output* produksi dan biaya operasional pabrik. Rangkaian *star-delta* dipilih sebagai solusi karena kemampuannya untuk mengurangi arus awal saat motor dinyalakan, sehingga dapat meningkatkan umur motor dan mengurangi biaya perawatan serta operasional. Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran beban mesin *press* pada tahap operasional untuk menilai kinerja rangkaian *star-delta* secara komprehensif. Data yang dikumpulkan mencakup arus dan tegangan motor selama proses *start-up* dan operasi normal. Analisis ini bertujuan untuk menentukan seberapa besar pengurangan lonjakan arus awal yang dicapai dan stabilitas beban selama operasi berlangsung. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan rangkaian *star-delta* secara signifikan mengurangi lonjakan arus awal, yang sering menjadi penyebab utama kerusakan dan keausan motor. Selain itu, rangkaian ini memberikan beban yang lebih stabil selama operasi mesin *press*, yang berdampak positif pada keseluruhan efisiensi energi. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang pentingnya penggunaan rangkaian *star-delta* dalam industri kelapa sawit dan potensinya untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan operasional pabrik.

Kata Kunci: Analisis, Mesin *press*, Kinerja, Beban

PENDAHULUAN

Panel box adalah salah satu komponen utama dalam instalasi listrik pada sebuah bangunan. Panel box ini biasanya diletakan di tempat yang mudah diakses, seperti di ruang kontrol atau di luar bangunan tersebut. Fungsi dari panel box ini sebagai pusat distribusi listrik, di mana listrik dari sumber utama (misalnya, listrik dari PLN) didistribusikan ke berbagai sirkuit di dalam bangunan tersebut. Fungsi lain dari panel box ini juga sebagai proteksi pada jaringan listrik di bangunan tersebut karena panel box harus dilengkapi dengan sekering, pemutus sirkuit (MCB), atau perangkat proteksi lainnya [1]. Tujuan dilengkapi dengan perangkat pemutus sirkuit itu untuk melindungi sirkuit-sirkuit dari arus lebih (overcurrent), lonjakan tegangan (surge), atau kondisi berbahaya yang lain [2].

Di dalam panel box, terdapat pemutus sirkuit yang berfungsi untuk melindungi jaringan listrik dari arus lebih, seperti arus overcurrent atau surge. MCB, yang berfungsi dalam pengoperasian manual untuk menghidupkan atau mematikan daya listrik ke peralatan atau jaringan tertentu. Selain itu, terdapat ground bar, yaitu tempat di mana semua kabel (grounding) dari berbagai jaringan dan peralatan yang dihubungkan. Kabel grounding ini berfungsi untuk menyediakan jalur yang aman bagi arus listrik ke bumi saat terjadi gangguan. Neutral bar, yang di mana semua kabel netral dari jaringan-jaringan yang berbeda dihubungkan. Ada juga transformator yang berfungsi untuk mengubah tegangan. Transformator ini sebagai bagian dari sistem distribusi listrik pada sebuah panel box. Peralatan pengukuran, seperti pengukur listrik, biasanya dipasang di panel box untuk memantau konsumsi listrik pada sebuah bangunan. Selain itu, lampu indikator, alarm, relay, perangkat pengontrol, serta label dan diagram yang jelas juga merupakan bagian dari isi utama panel box.

Panel box juga dilengkapi dengan berbagai fitur safety, seperti pengunci pintu panel, label peringatan, dan tanda peringatan untuk memastikan keamanan saat melakukan pekerjaan pada panel box. Panel box memiliki beberapa jenis rangkaian tergantung pada kebutuhan dan aplikasi spesifik dari instalasi listrik. Diantaranya adalah rangkaian DOL (Direct-On-Line) starter, yang merupakan metode yang paling sederhana dan umum. DOL Starter ini biasanya digunakan untuk memulai motor listrik tiga fasa, cara kerja DOL Starter ini menghubungkan motor langsung ke listrik pada saat start-up [3]. Rangkaian star-delta biasanya digunakan untuk memulai motor listrik tiga fasa dengan torsi awal yang lebih rendah. Motor dimulai dengan tegangan yang lebih rendah pada fase star, kemudian beralih ke tegangan penuh setelah mencapai kecepatan operasionalnya pada fase delta [4]. Rangkaian forward reverse kegunaanya untuk mengontrol arah putaran motor listrik tiga fasa, di mana operator dapat mengubah arah putaran dari maju (forward) ke mundur (reverse) dan sebaliknya [5].

Penelitian ini dilakukan untuk mengamati dan menganalisis beban mesin press yang menggunakan rangkaian star-delta di pabrik kelapa sawit. Berikut adalah rumusan masalah yang diangkat. Sejauh mana penggunaan rangkaian star-delta dapat meningkatkan stabilitas beban selama operasi mesin press. Artikel ini dibuat bertujuan untuk mengenal dan mengamati sebuah panel box Listrik pengontrol motor 3 Phase untuk mesin press di pabrik kelapa sawit. Panel *Box* yang sering ditemui dipabrik kelapa sawit yaitu *main* panel, *sub* panel, dan panel listrik pintar. Panel *Box* di pabrik kelapa sawit memiliki tegangan yang sampai sebesar 380 volt. *Main* panel pada pabrik kelapa sawit biasanya terletak di *engine room* atau kamar mesin. Fungsi dari *main* panel ini sebagai pengirim daya listrik yang diterima dari sumber seperti PLN, dan dibagi ke *main* panel berbagai stasiun yang terdapat di pabrik [1]. Panel ini biasanya digunakan untuk memutus

STUDI BEBAN OPERASIONAL MESIN PRESS DENGAN KONFIGURASI STAR-DELTA DI INDUSTRI KELAPA SAWIT

arus listrik di area yang terjadi kerusakan pada panel di stasiun yang terjadi kerusakan. Biasanya isi dari *main panel* di *engine room* hanya sebuah *Molded Case Circuit Breaker (MCCB)* atau *Air Circuit Breaker (ACB)*. Ada juga *Main Panel* di setiap stasiun contohnya seperti *Main Panel* stasiun *Pressing*. Untuk gambar *Main panel* di *Engine room* dapat dilihat pada gambar 1 dan *Main panel* Stasiun *Pressing* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. *Main Panel* di *Engine room* (Dokumen Pribadi)



Gambar 2. *Main Panel* Stasiun *Pressing* (Dokumen Pribadi)

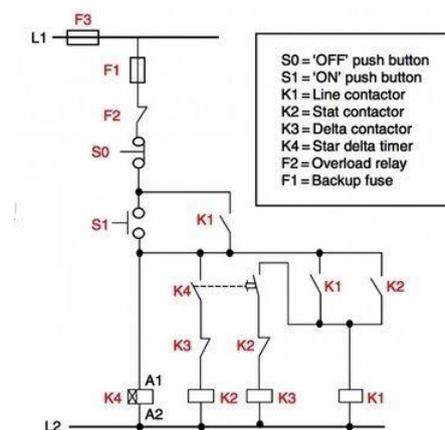
Sub Panel pada pabrik kelapa sawit itu terletak di setiap stasiun yang ada di pabrik tersebut. Fungsi dari *sub panel* ini adalah untuk menghidupkan alat mesin seperti press hidrolik, motor listrik, pompa air, dan lainnya. Contoh dari fungsi tersebut adalah jika pada sebuah stasiun *pressing* terdiri dari 6 mesin hidrolik maka pada *main panel*, pengguna dapat menghidupkan *sub panel* dan mengendalikan hidrolik No. 1 dan 2, atau 1 dan 3 atau yang lain. Yang kedua jika sebagai penerangan di pabrik maka *sub panel* ini dapat digunakan untuk menghidupkan lampu yang ada di area tertentu. Untuk gambar *sub panel* yang berfungsi untuk menyalakan mesin *pressing* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Panel Pressing* No. 3 (Dokumen Pribadi)

Panel-panel listrik di pabrik kelapa sawit saling terkait dalam mendukung operasi pabrik secara keseluruhan, dengan alur distribusi dan pengendalian daya yang terstruktur. *Main* panel berfungsi sebagai pusat distribusi utama yang menerima daya listrik dari sumber eksternal, seperti PLN, dan mendistribusikannya ke berbagai area di pabrik. Panel ini dilengkapi dengan perangkat seperti *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB) atau *Air Circuit Breaker* (ACB) untuk memutus daya jika terjadi kerusakan di salah satu bagian jaringan listrik, sehingga memastikan keamanan dan stabilitas sistem. Sementara itu, *sub* panel terhubung langsung dengan main panel dan berfungsi sebagai distribusi sekunder. Panel ini digunakan untuk menghidupkan mesin-mesin tertentu di stasiun produksi, seperti mesin *press hidrolik* atau lampu penerangan di area tertentu.

Rangkaian yang paling sering ditemui di pabrik untuk penggerak motor pada stasiun *kernel*, *thresher*, *pressing* adalah rangkaian *star delta starter* motor 3 fase. *Star-delta starter* adalah metode yang umum digunakan untuk memulai motor listrik tiga fasa dengan torsi awal yang rendah. Metode ini sering digunakan dalam aplikasi di mana motor perlu dimulai dengan torsi awal yang lebih rendah untuk mengurangi lonjakan arus *start-up* dan mencegah kerusakan pada peralatan. Cara kerjanya antara lain: Saat motor pertama kali dihidupkan, kumparan motor terhubung dalam konfigurasi bintang (*star*). Pada konfigurasi ini, tegangan yang diterima oleh setiap gulungan motor lebih rendah dibandingkan dengan konfigurasi *delta* (hubungan langsung antara gulungan). Ini menghasilkan torsi awal yang rendah. Setelah motor mencapai kecepatan operasionalnya, kumparan diubah menjadi konfigurasi *delta* untuk mengaktifkan operasi normal motor dengan torsi penuh. Hal ini dilakukan dengan mengubah konfigurasi sambungan kumparan melalui pengoperasian kontaktor[6]. Berikut ini pada gambar 4 merupakan gambar rangkaian *star-delta*.



Gambar 4. Rangkaian *Star Delta* [7]

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah jenis pemutus sirkuit yang digunakan dalam instalasi listrik untuk melindungi sirkuit dari arus lebih atau gangguan arus hubung singkat. MCB dirancang untuk memutus aliran listrik secara otomatis ketika terjadi kelebihan arus atau gangguan arus singkat yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan [9]. Saat terjadi gangguan, MCB akan secara cepat membuka sirkuit dengan memutuskan kontakannya. Fitur-fitur keselamatan seperti ini membuat MCB menjadi komponen penting dalam instalasi listrik, karena membantu melindungi peralatan listrik,

STUDI BEBAN OPERASIONAL MESIN PRESS DENGAN KONFIGURASI STAR-DELTA DI INDUSTRI KELAPA SAWIT

kabel, dan sirkuit dari kerusakan akibat arus berlebih atau kejadian arus singkat. Gambar *MCB* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Miniature Circuit Breaker (Dokumen Pribadi)

Molded Case Circuit Breaker (MCCB) adalah jenis pemutus sirkuit yang digunakan dalam sistem listrik untuk melindungi sirkuit dari arus lebih atau gangguan arus hubung singkat. MCCB dirancang untuk memutus aliran listrik secara otomatis saat terjadi gangguan yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Perbedaan utama antara MCCB dan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah dalam kapasitas pemutusannya; MCCB memiliki kapasitas pemutusan yang lebih besar dan cocok untuk penggunaan pada sirkuit dengan beban yang lebih besar [10]. Gambar *MCCB* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Molded Case Circuit Breaker (Dokumen Pribadi)

Contactors adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mengontrol aliran arus listrik dalam rangkaian listrik. *Contactors* mirip dengan relay dalam prinsip kerjanya, tetapi dirancang untuk mengendalikan arus yang lebih besar dan digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya lebih besar. *Contactors* terdiri dari beberapa kontak elektrik yang terbuat dari bahan yang tahan terhadap panas dan arus listrik yang tinggi. Kontak-kontak ini dapat membuka atau menutup aliran arus listrik dalam rangkaian dengan cara yang serupa dengan sakelar. *Contactors* dilengkapi dengan koil yang digunakan untuk menggerakkan kontak-kontaknya. Ketika koil diaktifkan oleh sinyal listrik atau magnetik, *contactors* menghasilkan medan magnet yang menarik atau mendorong kontak-kontak tersebut, sehingga membuka atau menutup aliran arus listrik dalam rangkaian[8]. *Contactors* biasanya digunakan dalam aplikasi industri untuk mengontrol motor listrik, pemanas, lampu, atau peralatan lain yang membutuhkan arus listrik yang besar. Gambar *Contactors* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. *Contactor* pada panel *press* (Dokumen Pribadi)

Overload relay adalah perangkat proteksi yang digunakan dalam sistem listrik untuk mendeteksi dan melindungi motor atau peralatan lainnya dari kondisi *overload*. Perangkat ini bekerja dengan memonitor arus listrik yang mengalir melalui motor atau peralatan dan memutuskan aliran listrik jika arus melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Ketika beban pada motor melebihi kapasitas nominalnya, arus yang mengalir melalui motor akan meningkat [11]. *Overload relay* akan mendeteksi peningkatan arus ini dan menghasilkan sinyal atau trip untuk memutuskan aliran listrik ke motor, menghentikan operasinya dan mencegah kerusakan lebih lanjut akibat panas berlebih. Gambar *Overload relay* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. *Overload Relay* pada panel *press* (Dokumen Pribadi)

Timer dalam rangkaian *star-delta* digunakan untuk mengatur urutan waktu beralih antara konfigurasi bintang dan *delta* pada motor tiga fasa. *Timer* ini memastikan bahwa motor memulai operasinya dalam konfigurasi bintang untuk memperoleh torsi awal yang rendah, dan kemudian beralih ke konfigurasi delta setelah periode waktu tertentu. Penggunaan *timer* dalam rangkaian *star-delta* membantu mengoptimalkan proses *start-up* motor dengan memungkinkan motor memperoleh torsi awal yang rendah untuk menghindari lonjakan arus *start-up* yang berlebihan. *Timer* ini juga memastikan bahwa beralih antara konfigurasi bintang dan delta terjadi pada waktu yang tepat, sesuai dengan kebutuhan operasional motor dan aplikasi sistem Listrik [12].

Dengan menggunakan *timer* dalam rangkaian *star-delta*, pengguna dapat mengatur waktu beralih antara konfigurasi bintang dan delta sesuai dengan karakteristik motor dan beban yang terhubung. Gambar *Timer* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. *Timer* pada panel *press* (Dokumen Pribadi)

STUDI BEBAN OPERASIONAL MESIN PRESS DENGAN KONFIGURASI STAR-DELTA DI INDUSTRI KELAPA SAWIT

Tombol *On/Off* pada panel *box* adalah perangkat yang digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aliran listrik ke seluruh sistem atau beberapa bagian dari sistem listrik yang terhubung dengan panel tersebut [13]. Biasanya, tombol *on/Off* ini berfungsi sebagai sakelar utama yang mengendalikan pasokan daya keseluruhan dari panel listrik ke peralatan atau sirkuit yang terhubung. Gambar *on & off button* yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. *ON & OFF Button* pada panel *press* (Dokumen Pribadi)

Lampu indikator pada panel *box* adalah lampu yang dipasang di panel listrik untuk memberikan informasi *visual* tentang status atau kondisi tertentu dalam sistem listrik. Lampu indikator ini biasanya dirancang untuk menyala atau mati sesuai dengan kondisi operasional atau kesalahan yang terjadi dalam sistem. Beberapa contoh lampu indikator yang umum digunakan meliputi lampu *power*, yang menunjukkan apakah pasokan listrik ke panel *box* sedang aktif atau tidak. Lampu *overload* akan menyala jika terjadi kondisi *overload* pada sirkuit atau peralatan tertentu yang terhubung dengan panel *box*, memberi tahu pengguna bahwa ada beban listrik yang melebihi kapasitas normal. Selain itu, lampu *short circuit* menandakan adanya gangguan arus yang signifikan dalam sirkuit, yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan atau risiko kebakaran [14]. Gambar Lampu indikator yang digunakan di panel dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Lampu Indikator pada panel *press* (Dokumen Pribadi)

METODE PENELITIAN

Studi lapangan ini dilaksanakan di pabrik kelapa sawit PT. Berlian Inti Mekar pada periode 6 Mei hingga 7 Juni 2024. Penelitian ini dilaksanakan untuk memperoleh data operasional mesin press secara langsung, Selama periode tersebut, data diperoleh melalui pengamatan langsung dan pencatatan aktivitas operasi mesin press. Beban motor diukur pada berbagai tahap jam kerja untuk mendapatkan hasil yang representatif. Data dikumpulkan melalui serangkaian teknik, termasuk pengamatan langsung terhadap aktivitas operasional mesin press dan pencatatan rinci setiap parameter teknis yang relevan. Selama pengamatan, beban motor diukur pada berbagai tahap jam kerja pagi, siang, dan malam untuk memastikan hasil yang representatif dari seluruh siklus operasional. Proses ini bertujuan untuk mencerminkan variasi beban yang terjadi dalam kondisi nyata di lapangan. Instrumen seperti multimeter, clampmeter, dan logbook digunakan untuk mendukung pengumpulan data yang akurat dan terorganisir. Setelah data dikumpulkan, analisis dilakukan menggunakan metode statistik deskriptif. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menghitung nilai rata-rata beban mesin press selama periode

penelitian. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk mengevaluasi kemampuan rangkaian star-delta dalam mengurangi lonjakan arus awal dan mempertahankan stabilitas beban selama operasi.

HASIL DAN DISKUSI

Pada sebuah stasiun *press* terdiri dari beberapa mesin *press*, sebuah mesin *press* terdiri dari sebuah *box* panel, hidrolis, motor listrik, dan pengontrol hidrolis. Pada pengamatan ini spesifikasi untuk motor listrik yang digunakan pada mesin *press* antara lain; 30kW, 50Hz, 40HP, 1475RPM, dan IP 55 dengan merek WESTIN. Gambar spesifikasi motor Listrik untuk mesin *press* dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Spesifikasi untuk motor listrik pada mesin *press* (Dokumen Pribadi)

Tabel Pengamatan Beban Motor pada Mesin *Pressing*

Tanggal	Jam				
	08.00	10.00	12.00	14.00	16.00
6 Mei	20,2A	36,7A	42,8A	41,7A	42,1A
10 Mei	19,8A	39,1A	43,2A	42,3A	40,7A
13 Mei	20,6A	38,9A	40,8A	42,5A	41,8A
17 Mei	19,9A	39,8A	41,4A	42,6A	39,9A
20 Mei	20,4A	40,3A	39,8A	40,1A	41,3A
24 Mei	21,3A	38,1A	40,3A	42,6A	42,1A
27 Mei	19,6A	41,4A	40,5A	42,3A	38,9A
31 Mei	20,1A	40,5A	40,1A	41,7A	40,9A
3 Juni	20,3A	39,8A	40,2A	41,5A	41,3A
7 Juni	19,5A	41,2A	42,3A	42,2A	41,9A
Rata-rata	20,15A	39,58A	41,14A	41,95A	41,09A

Untuk menghitung rata-rata beban motor pada tabel pengamatan, digunakan rumus rata-rata aritmatika berikut:

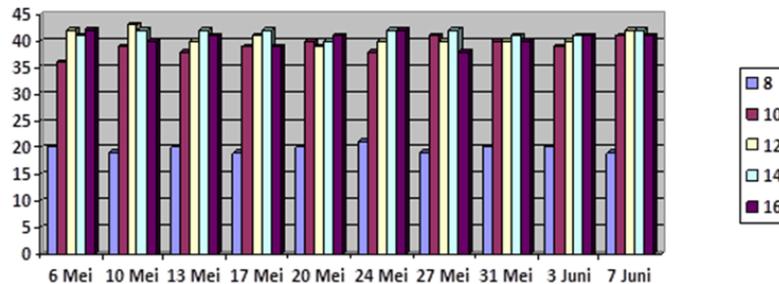
$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Penjumlahan Beban pada jam yang ingin dihitung}}{\text{total hari pengamatan}}$$

Setiap nilai beban pada jam yang ingin dihitung dijumlahkan terlebih dahulu, kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah pada jam yang ingin dihitung sesuai pengamatan yang tercatat. Misalnya, rata-rata beban pada pukul 08.00 dihitung dengan menjumlahkan semua nilai beban pada pukul tersebut dan membaginya dengan total hari pengamatan. Berikut ini merupakan langkah untuk menghitung rata-rata jam 08.00:

$$\text{Rata-rata jam 08.00} = \frac{20,2 + 19,8 + 20,6 + 19,9 + 20,4 + 21,3 + 19,6 + 20,1 + 20,3 + 19,5}{10} =$$

STUDI BEBAN OPERASIONAL MESIN PRESS DENGAN KONFIGURASI STAR-DELTA DI INDUSTRI KELAPA SAWIT

$$\text{Rata-rata jam 08.00} = \frac{201,5}{10} = 20,15 \text{ A}$$



Gambar 13. Grafik Pengamatan Beban Motor pada Mesin Pressing

Pada saat pengamatan untuk kondisi yang diamati adalah rangkaian *delta*. Dikarenakan untuk rangkaian *star* hanya 5 detik diawal saat mesin *distart* setelah itu rangkaian berubah dari rangkaian *star* menjadi rangkaian *delta*. Setelah berubah menjadi rangkaian *delta*. Dan untuk pengamatan ini diambil setelah rangkaian telah berubah menjadi rangkaian *delta*. Pada jam 08.00 kondisi mesin *press* sedang tanpa beban dikarenakan tandan buah segar masih berada didalam *sterilizer*. Setelah 30 menit mesin di *start fibre* dan *nut* sampai di stasiun *pressing* untuk mulai di *press*. Setelah itu pengamatan berikutnya diambil pada pukul 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 adalah kondisi mesin *press* dengan beban yaitu kondisi dimana mesin *press* tidak berhenti melakukan proses *press fibre* dan *nut* dari pukul 08.00 sampai tandan buah segar habis. Hasil dari analisis nya adalah dengan menggunakan rangkaian ini kondisi mesin dengan beban lebih stabil karena dapat dilihat dari rata-rata pengamatan diatas dari jam 12.00 hingga 16.00 beban stabil di 41A

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi manfaat signifikan dari penggunaan rangkaian *star-delta* pada mesin *press* di pabrik kelapa sawit. Rangkaian ini mampu mengurangi lonjakan arus awal, yang sering menjadi penyebab utama kerusakan motor listrik. Selain itu, konfigurasi ini juga membantu menjaga stabilitas beban selama operasi, dengan rata-rata beban stabil pada 41A. Stabilitas ini berdampak positif pada operasional pabrik dan memperpanjang umur motor listrik, sekaligus mengurangi biaya perawatan dan operasional. Hasil ini menegaskan pentingnya implementasi panel listrik dengan kontrol motor tiga fasa berbasis *star-delta* dalam mendukung keberlanjutan operasional pabrik kelapa sawit. Panel-panel listrik, seperti *main panel* dan *sub panel*, memainkan peran krusial dalam mendistribusikan daya dan mengontrol mesin, yang memungkinkan pengoperasian yang lebih aman. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi optimalisasi sistem kelistrikan di industri kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tarumangara dan tempat magang pabrik kelapa sawit PT. Berlian Inti Mekar atas kontribusi serta dukungan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PRIMA TEKINDO TIRTA SEJAHTERA. (2019). Electrical Panel Box Manufacturing. <https://www.ptts.co.id/panel-box-manufacturing.html>
- [2] Iqbal, A. (2021). Pemahaman Dasar Instalasi Listrik di Bangunan. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 45-58.
- [3] Brown, R. (2020). Direct-On-Line (DOL) Starters: A Comprehensive Review. *Journal of Electrical Engineering*, 30(1).
- [4] Smith, J. (2019). Understanding the Basics of Star-Delta (Δ) Starters. *International Journal of Power Systems*, 25(2).
- [5] Johnson, A. (2018). Forward Reverse Motor Control Circuits: Design and Applications. *IEEE International Conference on Industrial Electronics*.
- [6] Singh, R. (2018). Performance Evaluation of Star-Delta Starter for Industrial Motors. *Journal of Power Electronics and Power Systems*, 28(4), 789-798.
- [7] Kumar, S. (2019). Analysis of Star-Delta Starting Method for Three-Phase Induction Motors. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 10(2), 345-354.
- [8] Gupta, S., & Kumar, N. (2020). Performance Evaluation of Electromagnetic Contactors under Various Operating Conditions. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 12(2), 345-354.
- [9] Patel, N., & Gupta, R. (2020). Reliability Assessment of Miniature Circuit Breakers: A Case Study. *IEEE Transactions on Reliability*, 45(3), 567-578.
- [10] Chen, H., & Singh, R. (2020). Performance Evaluation of Molded Case Circuit Breakers for Industrial Applications. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 11(4), 789-798.
- [11] Gupta, S., & Patel, N. (2020). Design and Implementation of Overload Relays for Motor Protection. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(3), 449-453
- [12] Kim, J., & Patel, N. (2019). Performance Evaluation of Timer Circuits in Star Delta Motor Starters. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 13(1), 213-225.
- [13] Patel, A. (2020). Fundamentals of Control Mechanisms: On/Off Switches in Electrical Systems. *Journal of Electrical Engineering and Automation*, 12(3), 345-353.
- [14] Brown, R., & Gupta, S. (2019). Design Considerations for Indicator Lights in Electrical Control Panels. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 10(2), 213-225.