Procedia of Engineering and Life Science Vol. 4 June 2023
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Implementation of Star-Delta Panel by PT. XYZ in Improving Water Pump Efficiency in Shrimp Farms

Implementasi Panel Star-Delta oleh PT. XYZ dalam Meningkatkan Efisiensi Pompa Air di Tambak Udang

Mochammad Mirza Afila Akbar[1], Arief Wisaksono[2]
*Email corresponding author: ariefwisaksono@umsida.ac.id

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *The electrical system plays an essential role in maintaining shrimp farm operations, particularly for managing water circulation and quality. General Background Shrimp aquaculture relies heavily on continuous water pump operation, which demands reliable power distribution and strict energy management. Specific Background High starting currents in three-phase induction motors frequently cause voltage drops, power losses, and accelerated wear on electrical equipment. Knowledge Gap Existing studies require deeper technical insights into the practical wiring configuration and operational performance of star-delta starting panels in aquaculture settings. Aims This study aims to analyze the implementation of a star-delta panel by PT. XYZ to improve water pump efficiency and reliability in shrimp farms. Results Findings indicate that the star-delta configuration effectively reduces motor starting current, minimizes energy waste, and extends the operational lifespan of electrical equipment. Novelty This work provides a comprehensive evaluation of integrated power and control wiring structures for industrial star-delta starters applied directly in aquaculture systems. Implications Implementing this method enhances electrical stability, lowers operational risks, and supports sustainable aquaculture management.*
Keywords *Star-Delta Panel, Induction Motor, Water Pump, Shrimp Pond, Energy Efficiency.*

Abstrak. *Sistem listrik memainkan peran penting dalam menjaga operasi peternakan udang, terutama dalam mengelola sirkulasi dan kualitas air. Latar Belakang Umum Budidaya udang sangat bergantung pada operasi pompa air kontinu, yang membutuhkan distribusi daya yang andal dan manajemen energi yang ketat. Latar Belakang Spesifik Arus awal yang tinggi pada motor induksi tiga fasa sering menyebabkan penurunan tegangan, kehilangan daya, dan keausan peralatan listrik yang dipercepat. Kesenjangan Pengetahuan Studi yang ada memerlukan wawasan teknis yang lebih mendalam tentang konfigurasi wiring praktis dan kinerja operasional panel starter star-delta di lingkungan akuakultur. Tujuan Studi ini bertujuan menganalisis implementasi panel star-delta oleh PT. XYZ untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pompa air di peternakan udang. Hasil Temuan menunjukkan bahwa konfigurasi star-delta secara efektif mengurangi arus start motor, meminimalkan pemborosan energi, dan memperpanjang masa pakai peralatan listrik. Keterbaruan Pekerjaan ini memberikan evaluasi komprehensif terhadap struktur kabel listrik dan kontrol terintegrasi untuk starter star-delta industri yang diterapkan langsung pada sistem akuakultur. Implikasi Penerapan metode ini meningkatkan stabilitas listrik, menurunkan risiko operasional, dan mendukung pengelolaan akuakultur yang berkelanjutan.*
Kata Kunci *Panel Star-Delta, Motor Induksi, Pompa Air, Kolam Udang, Efisiensi Energi..*

I. PENDAHULUAN

Budidaya udang merupakan salah satu sektor perikanan yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Keberhasilan dalam budidaya udang sangat tergantung pada kondisi lingkungan di tambak, terutama pada parameter kualitas air seperti kadar oksigen terlarut, salinitas, dan suhu. Untuk menjaga kondisi tersebut, pompa air digunakan secara kontinu sebagai sarana sirkulasi dan penggantian air tambak. Pengoperasian pompa air dalam waktu lama berakibat pada penggunaan listrik yang cukup tinggi, sehingga dibutuhkan sistem kelistrikan yang efisien dan handal. [1]

Pada sistem pompa air tambak udang, motor induksi tiga fasa banyak digunakan sebagai penggerak utama karena memiliki konstruksi yang sederhana, daya tahan yang baik, serta mampu beroperasi secara kontinu dengan beban yang relatif stabil. Motor jenis ini dipilih karena karakteristiknya yang sesuai untuk aplikasi industri dan lingkungan kerja dengan durasi operasi yang panjang. Namun demikian Motor induksi tiga fasa yang digunakan pada pompa air umumnya memiliki arus awal yang tinggi saat proses starting. Arus awal yang tinggi dapat menyebabkan penurunan tegangan, peningkatan kerugian daya, serta berisiko merusak motor dan peralatan pendukung lainnya. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem pengoperasian star-delta, serta berpotensi mempercepat kerusakan pada motor dan peralatan kelistrikan pendukung apabila tidak dikendalikan dengan baik. Penelitian terkini menunjukkan bahwa metode star-delta terbukti berhasil dalam mengurangi arus awal motor antara 30–40% dibandingkan dengan metode pengoperasian langsung. [2]

PT. XYZ, sebagai perusahaan yang berfokus pada perakitan dan pemasangan panel listrik industri, menerapkan panel star-delta dalam pembuatan sistem pompa air untuk budidaya udang. mplementasi ini diharapkan dapat

meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik serta menjaga keandalan operasional pompa air. Oleh karena itu, artikel ini disusun untuk menganalisis penerapan panel star-delta dan dampaknya terhadap performa pompa air di tambak udang. [3]

I. METODE

Metode penelitian merupakan bagian penting dalam menyusun tahapan artikel ini karena menggambarkan langkah-langkah ilmiah yang digunakan menilai penerapan panel star-delta pada sistem pompa air untuk tambak udang. Pendekatan yang dipilih bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh valid, relevan, dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan kesimpulan. Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif dengan beberapa tahap sebagai berikut:

a. Studi Literatur dan Referensi Akademik

Tahap awal penelitian dimulai dengan mengumpulkan data primer dan sekunder dari jurnal ilmiah nasional dan internasional yang berkaitan dengan sistem star-delta, pengoperasian motor tiga fasa, serta efisiensi energi dalam motor pompa di industri. Pemanfaatan artikel ilmiah seperti membahas tentang desain panel star-delta dan pengaruhnya terhadap motor pompa memperkuat kerangka teori penelitian ini. [4]

b. Metode Perakitan (Merangkai) Panel Star-Delta

Tahap perakitan panel star-delta dilakukan secara sistematis sesuai dengan standar instalasi panel listrik di sektor industri. Proses perakitan ini dimulai dengan pemasangan komponen utama di dalam box panel, meliputi MCCB sebagai pengaman utama, kontaktor utama, kontaktor star, kontaktor delta, overload relay, timer delay relay, serta terminal block dan lampu indikator.

Selanjutnya dilakukan proses pengkabelan *(wiring)* yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu *wiring* daya dan *wiring* kontrol. Wiring daya dilakukan dengan menghubungkan sumber listrik tiga fasa ke MCCB, dengan menghubungkannya ke kontaktor utama yang kemudian diteruskan ke motor melalui kontaktor star dan delta sesuai konfigurasi pengoperasian. Wiring kontrol dirangkai menggunakan sumber tegangan kontrol yang terhubung ke push button start–stop, timer, serta kontak bantu kontaktor untuk membentuk sistem interlock.

Proses perakitan diakhiri dengan pemeriksaan kontinuitas kabel, pengencangan terminal, serta pengujian fungsi rangkaian tanpa beban untuk memastikan panel bekerja sesuai dengan prinsip kerja star-delta dan aman saat dioperasikan.

c. Observasi Lapangan pada Panel Star-Delta

Observasi dilakukan langsung terhadap panel star-delta yang dirakit dan diinstal oleh PT. XYZ pada lokasi tambak udang. Observasi ini meliputi pengenalan bagian-bagian panel, skema pengkabelan, serta prosedur perpindahan dari konfigurasi bintang ke delta. Data teknis yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan prinsip kerja yang dijelaskan dalam sumber-sumber ilmiah. [5]

d. Wawancara dengan Tim Teknis

Pendekatan berbasis kualitatif melalui wawancara singkat dilakukan kepada teknisi PT. XYZ untuk mendapatkan penjelasan mengenai tentang prosedur pemilihan komponen panel serta pengalaman operasional di lapangan. Metode ini membantu melengkapi data teknis yang bersifat empiris dan relevan dengan konteks. [6]

II. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Panel Star-Delta

A. Prinsip Kerja Panel

Panel star-delta merupakan suatu metode motor induksi tiga fasa yang bekerja dengan menghubungkan belitan stator motor dalam konfigurasi bintang *(star)* pada saat proses awal, kemudian berpindah ke konfigurasi segitiga *(delta)* setelah motor mencapai kecepatan tertentu. Pada kondisi *star*, tegangan yang diterima oleh setiap

belitan motor menjadi lebih rendah dibandingkan tegangan dari sumber, sehingga arus awal motor dapat ditekan. Setelah motor mencapai kondisi kecapatan stabil, sistem secara otomatis mengalihkan sambungan ke *delta* untuk memperoleh daya dan torsi motor secara penuh. [9]
Secara matematis, hubungan tegangan pada sistem star dan delta dapat dijelaskan sebagai berikut:
Hubungan Star (Y):

$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

di mana Vph adalah tegangan fasa dan VL adalah tegangan saluran
Hubungan Delta (Δ):

$$V_{ph} = V_L$$

Dengan demikian, pada kondisi star, tegangan fasa motor hanya sekitar 58% dari tegangan saluran. Penurunan tegangan ini secara langsung menyebabkan penurunan arus start dan torsi awal motor. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode star-delta mampu menurunkan arus start motor induksi tiga fasa hingga 30–40% dibandingkan metode *Direct On Line (DOL).* [3]

B. Komponen Utama Panel Star-Delta

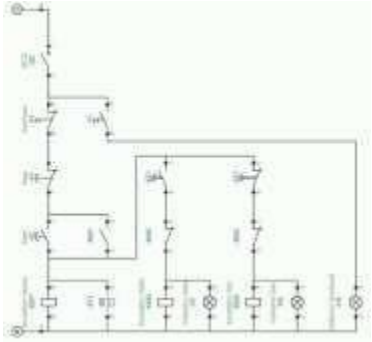


Gambar 2. Komponen pada Panel Star-Delta

Panel star-delta yang diimplementasikan oleh PT. XYZ terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain *Molded Case Circuit Breaker (MCCB)* sebagai pengaman utama, kontaktor utama, kontaktor star, kontaktor delta, timer delay relay, overload relay, serta lampu indikator. *MCCB* berfungsi melindungi sistem dari arus lebih dan hubung singkat, sedangkan kontaktor berperan sebagai saklar elektromagnetik yang mengatur perpindahan konfigurasi star ke delta.

Timer delay relay berfungsi memberikan jeda waktu saat perpindahan dari star ke delta agar motor telah mencapai kecepatan yang mendekati nominal, sehingga perpindahan berlangsung aman dan tidak menimbulkan lonjakan arus. Overload relay berfungsi melindungi motor dari beban berlebih yang dapat menyebabkan panas berlebih dan kerusakan motor. Penelitian ini menyatakan bahwa koordinasi proteksi yang tepat antara *MCCB*, kontaktor, dan overload relay sangat berpengaruh terhadap keandalan dan keselamatan sistem pengasutan motor induksi.

C. *Wiring* Sistem Daya *(Power Wiring)*



Gambar 3. *Wiring* Sistem Daya

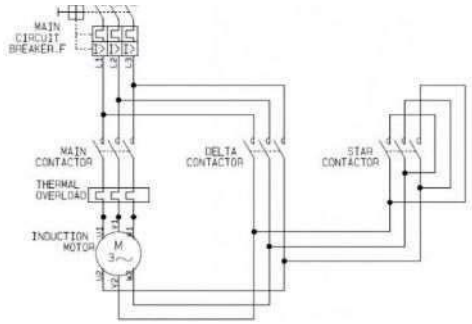
Berdasarkan gambar rangkaian daya panel star-delta, sistem wiring daya dimulai dari sumber listrik tiga fasa (L1, L2, L3) yang masuk ke main circuit breaker *(MCB/MCCB)* sebagai pengaman utama. Dari *MCB*, tegangan kemudian dialirkan menuju kontaktor utama *(Main Contactor)* sebelum diteruskan ke motor induksi tiga fasa. Pada jalur ini juga dipasang thermal overload relay yang berfungsi melindungi motor dari arus lebih akibat beban berlebih.

Selanjutnya, dari kontaktor utama, rangkaian bercabang menuju kontaktor star dan kontaktor *delta.* Pada saat motor pertama kali dihidupkan, kontaktor star akan aktif sehingga belitan stator motor terhubung dalam konfigurasi bintang *(star).* Pada kondisi ini, masing-masing belitan motor menerima tegangan fasa sebesar:

Dengan tegangan fasa yang lebih rendah, arus *start* motor dapat ditekan sehingga tidak menimbulkan lonjakan arus yang besar pada jaringan listrik. Setelah motor mencapai kecepatan tertentu, kontaktor *star* akan dilepas dan kontaktor delta akan aktif, mengubah konfigurasi belitan motor menjadi segitiga *(delta).* Pada kondisi *delta,* tegangan fasa motor menjadi:

Perubahan konfigurasi ini memungkinkan motor bekerja pada daya dan torsi nominalnya. Penelitian ini menjelaskan bahwa pengaturan wiring daya seperti ini efektif dalam menurunkan arus start motor induksi tiga fasa hingga 30–40% dibandingkan metode *Direct On Line (DOL).*

D. Wiring Sistem Kontrol *(Control Wiring)*



Gambar 4. Wiring Sistem Kontrol

Wiring sistem kontrol pada panel star-delta berfungsi mengatur urutan kerja kontaktor secara otomatis dan aman. Berdasarkan gambar rangkaian kontrol, sumber tegangan kontrol (L–N) dialirkan melalui MCB kontrol, kemudian melewati push button STOP (NC) dan push button START (NO). Push button STOP berfungsi memutus rangkaian kontrol saat terjadi kondisi darurat, sedangkan push button START digunakan untuk mengaktifkan sistem.

Setelah tombol START ditekan, arus kontrol akan mengaktifkan kontaktor utama (KM1) dan timer delay relay (KT) secara bersamaan. Kontak bantu dari KM1 berfungsi sebagai self-holding agar rangkaian tetap aktif meskipun tombol START dilepas. Pada tahap awal, timer mengaktifkan kontaktor star (KM3) sehingga motor beroperasi dalam kondisi star. Lampu indikator star menyala sebagai penanda bahwa motor masih berada pada tahap starting.

Setelah waktu tunda yang ditentukan, timer akan memutus rangkaian kontaktor star dan mengaktifkan kontaktor delta (KM2). Lampu indikator delta menyala sebagai tanda bahwa motor telah beroperasi dalam kondisi normal. Selain itu, rangkaian interlock antar kontaktor star dan delta diterapkan untuk mencegah kedua kontaktor aktif secara bersamaan, yang dapat menyebabkan hubung singkat.

Menurut Patabo (2024), sistem wiring kontrol dengan timer dan interlock seperti ini sangat penting untuk menjamin keamanan operasi motor serta mencegah kegagalan sistem akibat kesalahan switching.

E. Implementasi Panel Star-Delta pada Pompa Air Tambak Udang

Berdasarkan hasil observasi, panel star-delta yang digunakan pada sistem pompa air tambak udang dirancang untuk motor induksi tiga fasa dengan tegangan kerja 380/400 V dan frekuensi 50 Hz. Proses wiring dilakukan dengan pemisahan jalur daya dan jalur kontrol guna meningkatkan keamanan instalasi serta mempermudah proses perawatan. Pada saat pompa dioperasikan, motor akan start dalam kondisi star sehingga arus awal yang mengalir menjadi lebih kecil. Setelah waktu yang ditentukan oleh timer delay relay, sistem berpindah ke konfigurasi delta dan motor beroperasi pada kondisi normal.

Implementasi ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang menyatakan bahwa penggunaan star-delta starter pada pompa air mampu mengurangi drop tegangan jaringan serta meningkatkan kestabilan sistem kelistrikan, khususnya pada lingkungan dengan beban motor besar seperti tambak udang dan industri pengolahan.

F. Dampak Terhadap Efisiensi dan Keandalan Sistem

Penggunaan panel star-delta memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan keandalan sistem pompa air. Arus start yang lebih rendah mampu mengurangi rugi-rugi daya *(losses)* serta meminimalkan gangguan tegangan pada jaringan listrik tambak. Selain itu, penurunan torsi awal pada saat start mengurangi beban mekanis motor, sehingga umur pakai motor dan komponen kelistrikan lainnya menjadi lebih panjang.

Sistem star-delta tidak hanya menurunkan konsumsi energi pada saat starting, tetapi juga mampu mengurangi frekuensi gangguan dan kegagalan motor induksi yang dioperasikan secara kontinu. Dengan demikian, penerapan panel star-delta oleh PT. XYZ dapat dikatakan efektif dalam mendukung operasional pompa air tambak udang yang efisien, stabil, dan berkelanjutan.

III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan panel star-delta pada sistem pompa air tambak udang oleh PT. XYZ merupakan solusi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan. Sistem pengoperasian star-delta mampu menurunkan arus awal motor induksi tiga fasa secara signifikan dibandingkan dengan metode pengoperasian langsung *(Direct On Line)*, sehingga dapat mengurangi penurunan tegangan serta gangguan pada jaringan listrik tambak.

Selain itu, penggunaan konfigurasi star pada saat starting dan perpindahan ke konfigurasi delta setelah motor mencapai kecepatan tertentu terbukti mampu mengurangi beban mekanis dan termal pada motor. Hal ini berdampak pada meningkatnya umur pakai motor serta menurunnya risiko kerusakan pada komponen kelistrikan pendukung. Penerapan wiring sistem daya dan kontrol yang terpisah, dilengkapi dengan perangkat proteksi seperti *MCCB, overload relay, kontaktor, dan timer delay relay,* juga berkontribusi terhadap keamanan dan kestabilan operasional pompa air.

Dengan demikian, implementasi panel star-delta tidak hanya memberikan manfaat dari sisi efisiensi energi, tetapi juga mendukung keberlangsungan operasional budidaya udang secara berkelanjutan melalui sistem pompa air yang lebih stabil, aman, dan andal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. XYZ atas kesempatan, bimbingan, serta dukungan yang telah diberikan dalam proses perancangan dan implementasi panel star-delta pada sistem pompa air tambak udang. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para teknisi dan pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan teknis serta berbagi pengalaman praktis di bidang instalasi panel listrik industri.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak institusi pendidikan dan dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan akademik dan arahan selama penyusunan artikel ini. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pengembangan sistem kelistrikan yang lebih efisien, khususnya pada sektor perikanan dan budidaya udang.

REFERENSI

[1] A. Wafi, “Estimasi Daya Listrik untuk Produksi Oksigen oleh Kincir Air Selama Periode ‘Blind Feeding’ Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus vannamei),” Saintek: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology, vol. 18, no. 1, pp. 19–35, 2025. doi: 10.14710/ijfst.18.1.19-35.

[2] M. A. A. Putra and D. Irawan, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Air pada Tambak Budidaya Udang Berbasis ESP32,” Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 13, no. 1, 2025. doi: 10.23960/jitet.v13i1.5588.

[3] D. Sartika, H. Prasetia, and M. Akbar, “Analisis Perbandingan Arus Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode DOL, Wye Delta, VSD, dan Tahanan Dalam,” ELTEK: Jurnal Teknik Elektro, vol. 23, no. 1, pp. 15–22, 2025.

[4] R. Hardine, T. Santoso, and R. Hadikusuma, “Analisis Pengaruh Sistem Star-Delta untuk Mengurangi Lonjakan Arus Listrik pada Motor Induksi Tiga Fasa,” Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, vol. 16, no. 2, pp. 105–112, 2022.

[5] A. Kristianto and S. Fat, “Analisis Perancangan Panel Star-Delta untuk Motor Induksi Pompa Tiga Fasa,” INTRO: Journal Informatika dan Teknik Elektro, vol. 2, no. 1, pp. 45–52, 2023.

[6] D. Sartika, H. Prasetia, and M. Akbar, “Analisis Perbandingan Arus Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode DOL dan Star-Delta,” ELTEK: Jurnal Teknik Elektro, vol. 23, no. 1, pp. 15–22, 2025.

[7] A. Sarjono, R. Putra, and A. Hidayat, “Evaluasi Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Panel Star-Delta pada Sistem Pompa Air,” J3EIT: Journal of Electrical Engineering and Information Technology, vol. 4, no. 2, pp. 89–96, 2023.

[8] S. S. Ghorpade, R. R. Patil, and P. S. Kulkarni, “Design and Working of Star-Delta Starter for Three Phase Induction Motor,” Journal of Control System and Its Recent Developments, 2021.

[9] A. Putra and R. Hidayat, “Analisis Metode Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Star-Delta Starter,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 2, pp. 85–92, 2021.

[10] J. M. Smith and R. K. Johnson, “Energy Efficiency Optimization in Three-Phase Induction Motors for Industrial Applications,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 58, no. 3, pp. 2410–2418, 2022. doi: 10.1109/TIA.2022.3154881.

[11] H. Wijaya and M. Santoso, “Performance Evaluation of Star-Delta Starting Methods in Agricultural and Aquaculture Water Pumps,” Journal of Electrical Systems and Information Technology, vol. 9, no. 2, pp. 112–120, 2022. doi: 10.1186/s43067-022-00054-y.

[12] K. L. Tan, “Protection Coordination and Control Wiring Strategies for Industrial Induction Motor Starters,” International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 135, p. 107540, 2022. doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107540.

[13] R. Gunawan and D. Prasetyo, “Power Quality Improvement and Voltage Drop Reduction in Shrimp Farm Electrical Systems,” Journal of Physics: Conference Series, vol. 2312, no. 1, p. 012025, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2312/1/012025.

[14] S. Arifin, B. Hartono, and E. Setiawan, “Reliability and Maintenance Analysis of Electrical Control Panels in Aquaculture Infrastructure,” Heliyon, vol. 9, no. 4, p. e15022, 2023. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15022.

[15] M. R. Al-Aubaidi and T. H. Al-Noor, “Design and Implementation of Automated Star-Delta Starting Systems for Heavy-Duty Pumps,”

Renewable Energy and Power Quality Journal, vol. 21, pp. 405–411, 2023. doi: 10.24084/repqj21.315.