

Improvement of proximity sensor-based interlock system on butterfly valve and danfoss vlt vfd inverter to prevent screw pump from operating with the valve closed

Improvement sistem interlock berbasis sensor proximity pada valve butterfly dan inverter vfd danfoss vlt untuk mencegah screw pump beroperasi pada kondisi valve tertutup

Septian Putra Arifin¹, Syamsuduhha Syahririni²

[{syahririni@umsida.ac.id}](mailto:syahririni@umsida.ac.id)

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. Operating a screw pump with the discharge valve closed risks creating a dead head condition, which is when the fluid cannot flow, causing the motor's energy to convert into excessive heat in the pump casing and potentially leading to overheating, seal damage, or even permanent pump failure. This study developed an interlock system based on an inductive proximity sensor installed on the butterfly valve handle to read the valve position (open/closed), which is then connected via a 24vdc relay to the push button line of a danfoss vlt vfd as a blocking signal to prevent the 3-phase motor from running. The implementation method included needs analysis, mechanical installation of the sensor and metal target, sensor function testing, wiring the interlock to the vfd, as well as system commissioning in three valve position scenarios (closed, half-open, fully open). Test results showed the interlock system successfully prevented the pump motor from running when valves that are closed or half-open, and allow normal operation only when the valve is fully open. This improvement has proven effective as a simple and low-cost preventive maintenance measure to reduce the risk of dead head conditions and downtime caused by operator human error.

Keywords: interlock, proximity sensor, butterfly valve, danfoss vlt vfd, dead head, preventive maintenance

Abstrak. Pengoperasian screw pump dengan valve discharge dalam kondisi tertutup berisiko menimbulkan *dead head condition*, yaitu kondisi di mana fluida tidak dapat mengalir sehingga energi motor terkonversi menjadi panas berlebih pada casing pompa dan berpotensi menyebabkan overheating, kerusakan seal, hingga kegagalan pompa secara permanen. Penelitian ini mengembangkan sistem interlock berbasis sensor proximity inductive yang dipasang pada handle valve butterfly untuk membaca status posisi valve (terbuka/tertutup), yang kemudian dihubungkan melalui relay 24vdc ke jalur push button inverter vfd danfoss vlt sebagai sinyal penahan (blocking) run motor 3 fasa. Metode pelaksanaan meliputi analisis kebutuhan, pemasangan mekanik sensor dan target logam, pengujian fungsi sensor, wiring interlock ke vfd, serta commissioning sistem pada tiga skenario posisi valve (tertutup, setengah terbuka, terbuka penuh). Hasil pengujian menunjukkan sistem interlock berhasil mencegah motor pompa running saat valve tertutup maupun setengah terbuka, dan mengizinkan operasi normal hanya ketika valve terbuka penuh. Improvement ini terbukti efektif sebagai langkah *preventive maintenance* sederhana dan berbiaya rendah untuk mengurangi risiko dead head condition serta downtime akibat human error operator.

Kata kunci: interlock, sensor proximity, valve butterfly, vfd danfoss vlt, dead head, preventive maintenance

I. PENDAHULUAN

Pompa jenis screw pump banyak digunakan dalam sistem perpipaan industri untuk memindahkan fluida secara kontinu dengan bantuan motor listrik 3 fasa sebagai penggerak utama. (borisova et al., 2017) pada instalasi tersebut, valve butterfly umumnya dipasang di sisi discharge pompa, berfungsi sebagai media pengatur aliran fluida sekaligus sebagai sarana isolasi saat kegiatan maintenance dilakukan. Konstruksi valve butterfly yang menggunakan piringan berputar 90° pada sumbunya memungkinkan posisi terbuka penuh dan tertutup penuh diidentifikasi secara mekanis melalui posisi sudut handle-nya, namun pada praktiknya indikator posisi ini seringkali tidak terpantau secara jelas oleh operator di lapangan. (fitriani & faizal, n.d.) kondisi tersebut membuka celah terjadinya human error, di mana operator menjalankan pompa sementara valve butterfly pada sisi discharge masih dalam posisi tertutup, baik karena kelalaian maupun karena tidak adanya indikator visual maupun sistem pengaman otomatis yang memadai. (arman et al., 2019) ketika screw pump dioperasikan dalam kondisi valve tertutup, aliran fluida tidak dapat keluar dari pompa sehingga terjadi dead head condition, yaitu kondisi di mana energi dari motor terus dikonversi menjadi panas pada fluida di dalam casing pompa. (Marsanti et al., 2025) Apabila kondisi ini berlangsung dalam beberapa waktu, risiko yang timbul cukup signifikan, mulai dari kerusakan seal dan bearing, kavitasi, hingga kerusakan pada stator screw pump dan overheating motor. Kondisi ini pada akhirnya berdampak langsung terhadap peningkatan biaya perawatan (maintenance cost) dan downtime produksi yang dapat mengganggu kelancaran proses. Untuk mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa pada screw pump, sistem ini menggunakan inverter vfd danfoss vlt, yang menyediakan beberapa terminal digital input yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan aplikasi. Salah satu digital input pada vfd ini dapat difungsikan sebagai sinyal start/run enable, yaitu sinyal yang harus berada pada kondisi aktif (valid) agar drive dapat menjalankan perintah start motor. Fitur inilah yang menjadi peluang untuk diintegrasikan dengan sistem pengaman tambahan berbasis posisi valve, sehingga motor tidak dapat dijalankan apabila prasyarat posisi valve belum terpenuhi. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan improvement dengan menambahkan sensor proximity inductive pada handle valve butterfly. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana keberadaan target logam yang dipasang pada handle valve akan mengubah sinyal output sensor sesuai posisi terbuka atau tertutupnya valve. Sinyal dari sensor proximity tersebut kemudian diintegrasikan melalui relay 24vdc ke jalur push button inverter vfd danfoss vlt, sehingga terbentuk suatu sistem interlock yang bersifat hardwired. Interlock ini berfungsi sebagai mekanisme pencegah (blocking) yang tidak mengizinkan motor pompa untuk running apabila valve butterfly belum berada pada posisi terbuka penuh, tanpa bergantung pada logika terprogram plc maupun kedisiplinan manual operator. (jamil et al., 1999) improvement ini bertujuan untuk: (1) mencegah motor pompa dapat berputar apabila valve butterfly pada sisi discharge masih dalam posisi tertutup maupun setengah terbuka; (2) mengurangi risiko kerusakan pompa akibat dead head condition; (3) mengurangi ketergantungan pada kedisiplinan manual operator dengan menghadirkan safety interlock otomatis berbasis sensor; serta (4) meningkatkan keandalan (reliability) sistem perpipaan dan pompa secara keseluruhan. Dengan pendekatan yang sederhana dan berbiaya rendah, sistem interlock berbasis sensor proximity dan vfd danfoss vlt ini diharapkan dapat menjadi solusi preventive maintenance yang efektif untuk mengurangi potensi kerugian akibat human error pada operasional screw pump

II. TINJAUAN PUSTAKA

a. Sensor proximity inductive

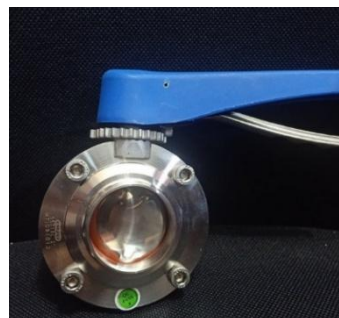
Sensor proximity inductive adalah sensor non-kontak yang mendeteksi keberadaan objek logam dalam jarak sensing tertentu melalui prinsip induksi elektromagnetik. (Sistem & Tgd, 2023) Sensor ini terdiri dari coil (kumparan) yang menghasilkan medan elektromagnetik osilasi pada bagian ujung sensor (sensing face). Ketika benda logam mendekati medan tersebut, akan timbul arus eddy pada permukaan logam yang menyebabkan redaman (damping) pada osilasi sensor. Redaman ini dideteksi oleh rangkaian internal sensor dan diubah menjadi sinyal output digital (on/off). Pada aplikasi ini, target logam (bracket/plat) dipasang pada handle valve butterfly sehingga posisi handle (terbuka/tertutup) dapat terbaca oleh sensor proximity. (Iudovic Mbengué Matanga, 2021)



Gambar. 2.A sensor inductive proximity

b. Valve butterfly

Valve butterfly adalah jenis valve yang menggunakan piringan (disc) berputar 90° pada sumbunya untuk membuka atau menutup aliran fluida. Pergerakan handle valve butterfly bersifat rotari, sehingga posisi terbuka penuh dan tertutup penuh dapat diidentifikasi secara mekanis melalui posisi sudut handle. Hal ini menjadi dasar penempatan target sensor proximity pada improvement ini. (nguyen et al., 2023)



Gambar. 2.B valve butterfly

c. Inverter vfd danfoss vlt

Danfoss VLT merupakan compact drive yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa. Drive ini menyediakan beberapa terminal digital input (DI1 hingga DI5) yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan aplikasi melalui parameter macro, serta mendukung pengawatan digital input dalam konfigurasi PNP maupun NPN. Salah satu digital input dapat difungsikan sebagai sinyal start/run enable, yaitu sinyal yang harus dalam kondisi aktif (valid) agar drive dapat menjalankan perintah start motor.



Gambar. 2.C inverter vfd danfoss vlt

d. Fungsi relay

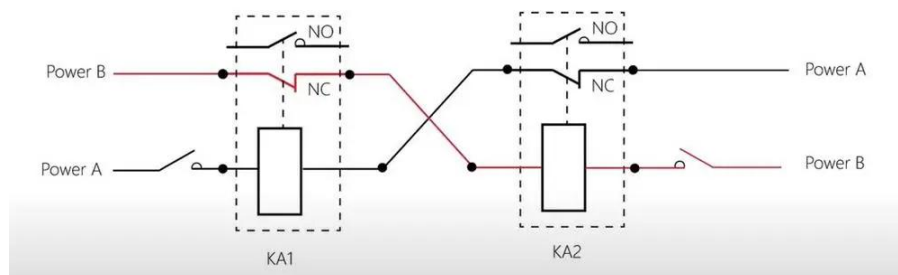
relay berfungsi sebagai auto witch pada system interlock dimana daya relay berasal dari output sensor proximity inductive, ketika sensor membaca object maka relay akan bekerja dan kontak pada relay akan kontak-kontak pada relay akan membuka dan menutup secara otomatis mengikuti pembacaan sensor proximity inductive otomatis mengikuti pembacaan sensor proximity inductive.



Gambar. 2.D relay 24vdc

e. konsep interlock

Interlock adalah suatu mekanisme yang mencegah suatu peralatan beroperasi apabila kondisi prasyarat tertentu belum terpenuhi, dengan tujuan utama keselamatan (safety) dan pencegahan kerusakan peralatan (equipment protection). (Ardin & Maulana Islami, 2023) Interlock dapat diimplementasikan secara hardwired (langsung pada rangkaian kontrol) maupun melalui logika terprogram pada plc/drive. Pada improvement ini, interlock diterapkan secara hardwired dengan menyisipkan output sensor proximity pada jalur kontrol vfd. (irawan, 2023)



Gambar. 2.E konsep interlock

f. Tahapan pengerjaan

1. Analisis kebutuhan

Identifikasi titik pemasangan sensor pada handle valve butterfly yang dapat merepresentasikan posisi tertutup penuh secara akurat dan tidak mengganggu pekerjaan operator maupun cara kerja valve itu sendiri

2. Pemasangan mekanik

Pemasangan bracket target logam pada handle valve dan mounting sensor proximity pada posisi tetap (fixed bracket) di badan valve, dengan pengaturan jarak sensing sesuai spesifikasi sensor, dengan memperhatikan ergonomi posisi sensor dimana bracket tidak boleh mengganggu valve tersebut maupun valve yang lain. (Hadist et al., 2026)



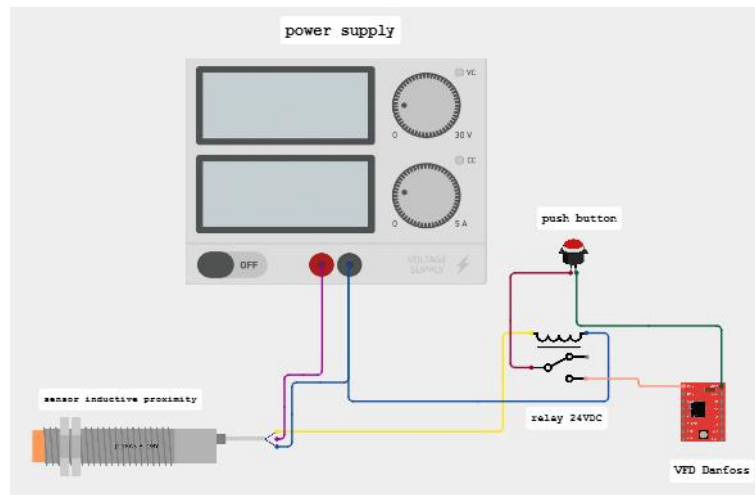
Gambar F.2 posisi pemasangan sensor proximity inductive

3. Pengujian fungsi sensor

Pengujian mandiri sensor proximity untuk memastikan sensor membaca dengan tepat saat valve pada posisi tertutup dan tidak membaca saat valve terbuka, pengujian dilakukan dengan cara mendekatkan sensor pada logam ketika sensor membaca lalu output sensor mengeluarkan positif 24vdc maka sensor bekerja dengan baik.

4. Wiring interlock ke vfd

Output sensor proximity dihubungkan pada input power relay dan output dari push button inverter dihubungkan pada kontak no relay sehingga ketika sensor tidak mendeteksi logam pada handle valve maka inverter tidak akan bisa di running karena push button dan inverter terputus oleh relay dan ketika sensor membaca logam pada handle valve maka kontak no pada relay akan berubah menjadi close sehingga push button dan inverter terhubung. (Khusnul Munfiqoh & Aribowo, 2022)

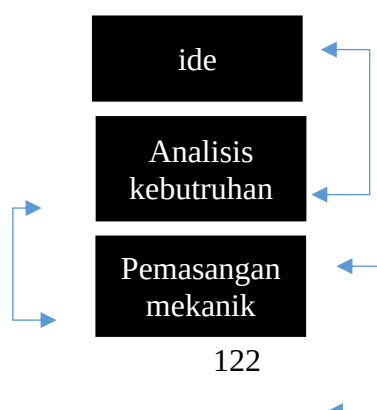


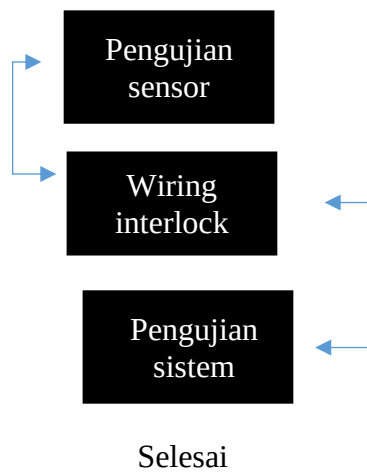
Gambar. F.4 wiring sistem proximity

III. METODE PENELITIAN

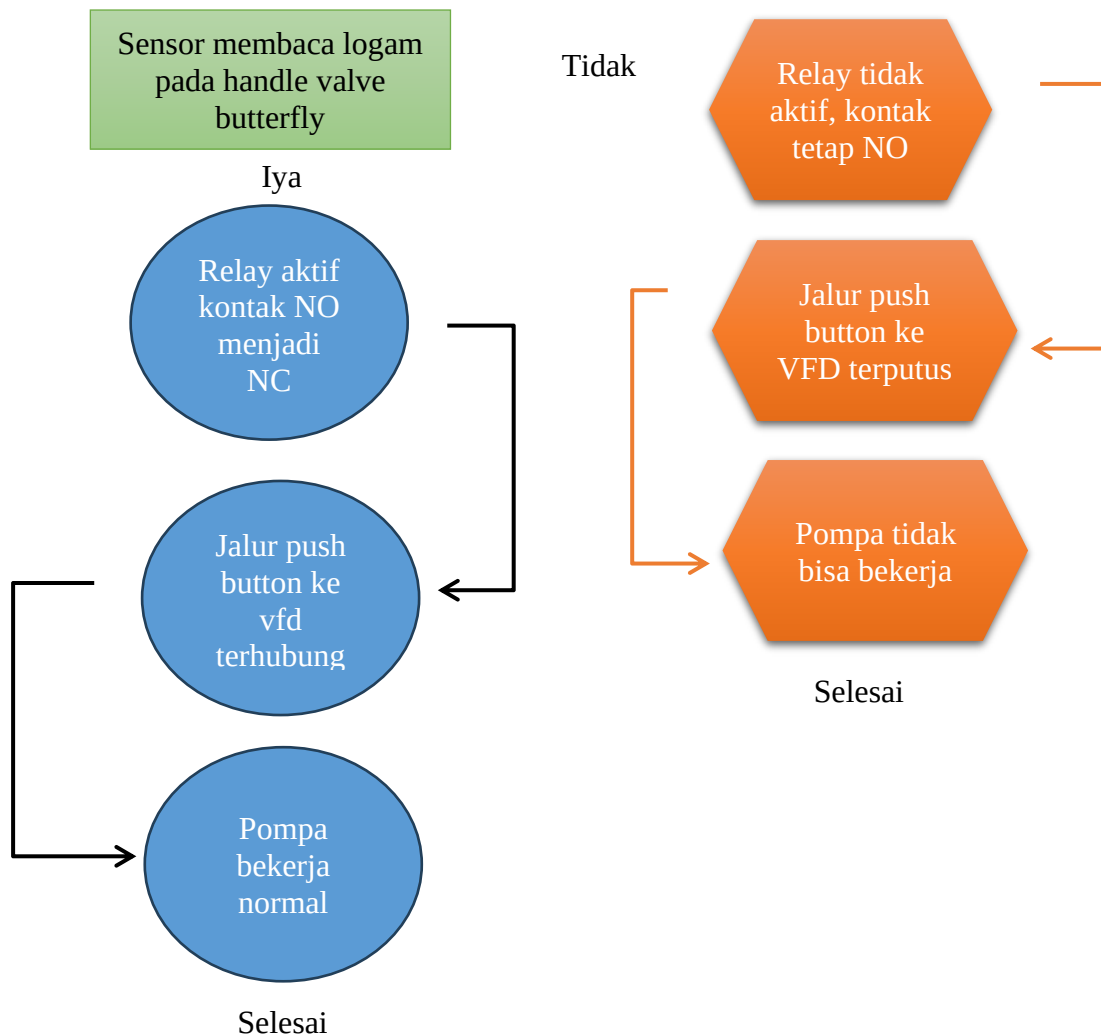
Metode pelaksanaan improvement ini diawali dengan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi titik pemasangan sensor proximity pada handle valve butterfly yang dapat merepresentasikan posisi tertutup penuh secara akurat tanpa mengganggu operator maupun cara kerja valve itu sendiri. Tahap berikutnya adalah pemasangan mekanik, yaitu memasang bracket target logam pada handle valve dan mounting sensor proximity pada posisi tetap (fixed bracket) di badan valve, dengan pengaturan jarak sensing sesuai spesifikasi sensor serta memperhatikan ergonomi agar bracket tidak mengganggu valve tersebut maupun valve lain di sekitarnya. Selanjutnya dilakukan pengujian fungsi sensor secara mandiri untuk memastikan sensor membaca dengan tepat saat valve pada posisi tertutup dan tidak membaca saat valve terbuka, yaitu dengan mendekatkan sensor pada target logam dan memverifikasi output sensor mengeluarkan sinyal positif 24vdc. Tahap keempat adalah wiring interlock ke vfd, di mana output sensor proximity dihubungkan ke input power relay, sedangkan output push button inverter dihubungkan ke kontak no relay, sehingga ketika sensor tidak mendeteksi logam pada handle valve maka jalur antara push button dan inverter terputus (inverter tidak dapat di-running), dan ketika sensor membaca logam maka kontak no relay berubah menjadi close sehingga push button dan inverter kembali terhubung. Tahap terakhir adalah pengujian sistem (commissioning) secara menyeluruh untuk memverifikasi bahwa rangkaian interlock bekerja dengan baik, yaitu memastikan screw pump tidak dapat beroperasi ketika valve butterfly dalam posisi tertutup maupun setengah terbuka, dan dapat kembali beroperasi normal hanya ketika valve dalam posisi terbuka penuh. Alat dan bahan yang digunakan dalam implementasi ini meliputi sensor proximity inductive, relay 24vdc, valve butterfly, inverter vfd danfoss vlt, motor induksi 3 fasa, serta kabel kontrol dan terminal.

Mulai





Gambar 1. Diagram blok alur pelaksanaan operator menekan push button



Gambar 2. Diagram blok sistem kerja rangkaian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. pengujian sistem interlock

Pengujian sistem kerja interlock secara menyeluruh untuk memverifikasi bahwa rangkaian bekerja dengan baik, Pengujian dilakukan secara mandiri sebelum sensor dihubungkan ke rangkaian kontrol. Ketika target logam didekatkan ke sensing face, sensor mengeluarkan output +24 VDC. Ketika target dijauhkan, output kembali nonaktif. Hasil ini menunjukkan sensor mendeteksi target secara konsisten sebagai sinyal digital on/off. screw pump tidak bisa bekerja apabila valve butterfly tertutup maupun terbuka setengah, namun pompa dapat kembali bekerja apabila valve terbuka penuh. Ini menandakan bahwa rangkaian interlock telah bekerja secara sempurna sesuai rancangan dan tidak ada kesalahan dalam pemasangan sistem interlock tersebut.



Gambar. 4.A hasil pengujian system valve terbuka, setengah terbuka dan tertutup

B. Hasil pengujian sistem interlock

Setelah instalasi dan konfigurasi sistem kerja interlock menggunakan sensor peoximity inductive maka dilakukan pengujian dengan tiga skenario:

Tabel 3. Tabel pengujian sistem

Skenario	Posisi valve butterfly	Sinyal sensor proximity	Status motor
1	Tertutup	Tidak aktif (tidak mendeteksi target)	Tidak dapat running / start ditahan
2	Terbuka	Aktif (mendeteksi target)	Dapat running normal
3	Setengah terbuka	Tidak aktif (tidak mendeteksi target)	Tidak dapat running / start ditahan

Dari ketiga skenario, sistem menghasilkan respons yang sesuai rancangan. Motor hanya dapat dijalankan pada satu kondisi, yaitu valve terbuka penuh. Pada dua kondisi lainnya, perintah start dari operator diblokir di level rangkaian kontrol dan tidak pernah sampai ke inverter. Tidak ditemukan kesalahan pemasangan maupun respons yang menyimpang selama pengujian, Hasil pengujian sistem kerja interlock menggunakan sensor proximity inductive menunjukkan bahwa sistem interlock bekerja sesuai dengan rancangan: motor pompa tidak dapat dijalankan selama valve butterfly masih dalam posisi tertutup, dan dapat berjalan normal setelah valve dibuka

sepenuhnya. (Ardiansyah et al., 2026) Dengan demikian, potensi terjadinya dead head condition akibat kelalaian operator dapat diminimalkan tanpa mengandalkan langkah pengecekan manual. Improvement ini juga memiliki beberapa keunggulan yaitu berkurangnya resiko breakdown maintenance berupa motor terbakar dan meminimalisir valve butterfly mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh tekanan terlalu besar. (Nurcahyo et al., 2023)

V. KESIMPULAN

Penambahan sensor proximity pada handle valve butterfly yang diintegrasikan sebagai interlock pada push button inverter vfd danfoss vlt berhasil mencegah motor pompa berputar (running) selama valve butterfly berada dalam kondisi tertutup maupun setengah terbuka, dan hanya mengizinkan pompa beroperasi normal ketika valve dalam posisi terbuka penuh. Karena motor tidak pernah berputar saat jalur discharge belum terbuka penuh, energi motor tidak sempat berubah menjadi panas berlebih di dalam casing pompa. Dengan demikian, potensi overheating, kerusakan seal dan bearing, kerusakan coupling pompa, kerusakan stator screw pump, serta motor terbakar dapat dikurangi. Hasil pengujian pada ketiga skenario posisi valve menunjukkan bahwa sistem interlock bekerja secara konsisten sesuai dengan rancangan, sehingga potensi terjadinya dead head condition akibat kelalaian atau human error operator dapat dicegah tanpa mengandalkan pengecekan manual. Improvement ini terbukti efektif sebagai langkah preventive maintenance yang sederhana, mudah diimplementasikan, dan berbiaya rendah, karena hanya memanfaatkan komponen sensor proximity inductive dan relay 24vdc sebagai bagian utama sistem interlock. Selain mencegah kerusakan pompa akibat dead head condition, sistem ini juga memberikan manfaat tambahan berupa berkurangnya risiko downtime produksi, peningkatan aspek keselamatan operasional, serta peningkatan keandalan (reliability) sistem perpipaan dan pompa secara keseluruhan, sehingga dapat dipertimbangkan untuk diterapkan pada unit-unit pompa lain dengan konfigurasi valve yang sejenis.

REFERENSI

- [1] Borisova, k. E., ivanova, t. N., & latypov, r. G. (2017). Study of screw pump stator and rotor working capacity to increase the output. *Procedia engineering*, 206, 688-691.
- [2] Mbengue matanga, l. (2021). *Performance evaluation and comparison of different inductive sensor based position sensing approaches* (doctoral dissertation, politecnico di torino).
- [3] Nguyen, q. K., jung, k. H., lee, g. N., park, s. B., kim, j. M., suh, s. B., & lee, j. (2023). Experimental study on pressure characteristics and flow coefficient of butterfly valve. *International journal of naval architecture and ocean engineering*, 15, 100495
- [4] Irawan, r. (2023). Analisis sistem kerja interlock pada relay dengan menggunakan tegangan direct current (dc) sebagai pengaman rumah tinggal. *Ismetek*, 16(1).
- [5] Fitriani, lisa yulian; faizal, ruly. Analisa aliran fluida pengaruh elbow, fitting, valve dan perubahan luas permukaan dalam sistem perpipaan.
- [6] Arman, rizky, et al. Studi aliran air pada ball valve dan butterfly valve menggunakan metode simulasi computational fluid dynamics. *Jurnal kajian teknik mesin*, 2019, 4.1: 38-49.
- [7] Jamil, s., floyd, h. L., & pace, d. A. (1999). Implementing electrical safety regulations and standards. *Ieee industry applications magazine*, 5(1), 16-21.
- [8] Danfoss vlt manual operation
- [9] Datasheet relay omron my2n
- [10] Datasheet proximity sensor omron
- [11] Marsanti, A. A., Istiningrum, A. A., & Alrasyid, D. (2025, December). OPTIMASI KINERJA DAN KELAYAKAN EKONOMI PENAMBAHAN POMPA SCREW PUMP MENGGUNAKAN METODE ARIMA DI STASIUN D SHIPPING PUMP. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral* (Vol. 5, No. 1, pp. 162-173).

- [12] Fadli, M., Suherdi, D., & Taufik, F. (2023). Implementasi Sensor Proximity Induktif Pada Sistem Pemilah Sampah Logam Menggunakan Metode Counter Berbasis Arduino. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 2(4), 229-235.
- [13] Ardin, M. B., & Islami, A. M. (2023). Interlock Rancangan Bangun Pintu Otomatis Dengan Menggunakan Sistem Interlock. *Medika TradA*, 4(1), 15-19.
- [14] Nurcahyo, F., Uloli, H., & Arafat, M. Y. (2023). MENGIDENTIFIKASI KERUSAKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALISYS. *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 3(1), 38-46.
- [15] Munfiqoh, M. K., & Aribowo, D. (2022). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Frequency-Drive (VFD) Untuk Mendeteksi Aliran dan Tekanan Air Pada Modul Pumps Training System PT. Festo Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(2), 24-34.
- [16] Seno, T. T., Sau, M., Patoding, H. E., & Songli, Y. (2026). Evaluasi Efektivitas Sistem Safety Interlock pada Rangkaian Conveyor–Crusher dalam Mencegah Kegagalan Operasional di PT Freeport Indonesia. *Paulus Chem Engineering Journal*, 6(1), 7-16.
- [17] Hadist, M. M., Sulistiyowati, I., Syahririni, S., & Falah, A. H. (2026). SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN OTOMATIS BERBASIS FUZZY UNTUK KELAYAKAN REUSE AIR DRAIN MESIN RETORT. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 14(1), 38-52.