

INSTALASI *PHOTO ELECTRIC* SENSOR SEBAGAI PENUNJANG PENGEMBANGAN SISTEM TRANSFER PNEUMATIK REAKTOR KARTINI BERBASIS PLC

Installation of Photoelectric Sensors to Support the Development of the Kartini Reactor Pneumatic Transfer System Based on PLC

Irvan Ananda Putra*, Prasetyo Haryo Sadewo, Putra Bismantolo

1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu

2) Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaga Nukliran (DPFK) BRIN, Jl. Babarsari, Sleman, Yogyakarta

*) Email : irvananandaputra976@gmail.com

Submitted: 30 Januari 2025

Revised: 25 Oktober 2025

Accepted: 27 Oktober 2025

ABSTRACT

The installation of photoelectric sensors as a supporting element for the development of a pneumatic transfer system based on Programmable Logic Controller (PLC) in the Kartini Reactor aims to enhance efficiency and accuracy in operational processes. This study integrates photoelectric sensors to detect capsules in the pneumatic transfer system, which previously required manual intervention. The sensors send signals to the PLC, which controls actuators automatically. The system was optimized through installation, calibration, and testing, involving the measurement of capsule speeds for both empty capsules and those containing 3-gram samples. Results indicate significant operational efficiency improvements, with average transfer speeds of 12.41 m/s for empty capsules and 11.76 m/s for filled ones. This integration significantly contributes to advancing reactor automation systems based on PLC technology.

Keywords: Photoelectric Sensor, Pneumatic transfer, Automation, Kartini reactor, PLC.

1. PENDAHULUAN

Reaktor Nuklir Kartini adalah salah satu fasilitas penelitian yang dimiliki oleh Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) di bawah naungan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Dibangun pada tahun 1974 dan diresmikan pada tahun 1979, reaktor ini berfungsi untuk mendukung penelitian, pendidikan, serta pengembangan teknologi dalam bidang nuklir. Sebagai reaktor jenis TRIGA (Pelatihan, Penelitian, dan Produksi Isotop oleh General Atomic), Reaktor Kartini berkapasitas 100 kW telah memainkan peran penting dalam mendorong kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir di Indonesia [1].

Salah satu fasilitas unggulan dari reaktor ini adalah sistem transfer pneumatik yang digunakan untuk memindahkan sampel dari dan ke teras reaktor secara otomatis. Sistem ini memanfaatkan tekanan udara untuk menggerakkan kapsul sampel dalam pipa polietilen, memungkinkan proses iradiasi dilakukan dengan cepat dan efisien. Namun, sistem ini mengatasi tantangan dalam hal pengendalian otomatis dan akurasi deteksi kapsul. Hal ini mendorong kebutuhan untuk mengintegrasikan teknologi sensor fotoelektrik dengan sistem kontrol berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Sensor fotoelektrik adalah perangkat yang mendeteksi adanya objek, perubahan permukaan, atau perubahan intensitas cahaya menggunakan pancaran cahaya yang biasanya berupa LED inframerah atau laser. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pemancar (*emitter*) mengirimkan cahaya, sementara penerima (*receiver*) menerima cahaya tersebut, dan ketika cahaya terhalang atau dipantulkan oleh objek, sensor menghasilkan sinyal listrik. Sinyal output ini kemudian dapat dibaca oleh PLC untuk mengendalikan sistem [2].

Penelitian ini bertujuan untuk menginstalasi sensor fotoelektrik guna meningkatkan kinerja sistem transfer pneumatik Reaktor Kartini. Sensor ini berfungsi mendeteksi keberadaan kapsul secara presisi, memadukan kecepatan pergerakan, dan memberikan data real-time kepada PLC untuk pengendalian yang lebih optimal. Dengan demikian, sistem menjadi lebih Andal, efisien, dan mampu mengurangi potensi kesalahan manual. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan teknologi

automasi dalam sistem transfer pneumatik, yang tidak hanya bermanfaat bagi Reaktor Kartini, tetapi juga sebagai model bagi implementasinya.

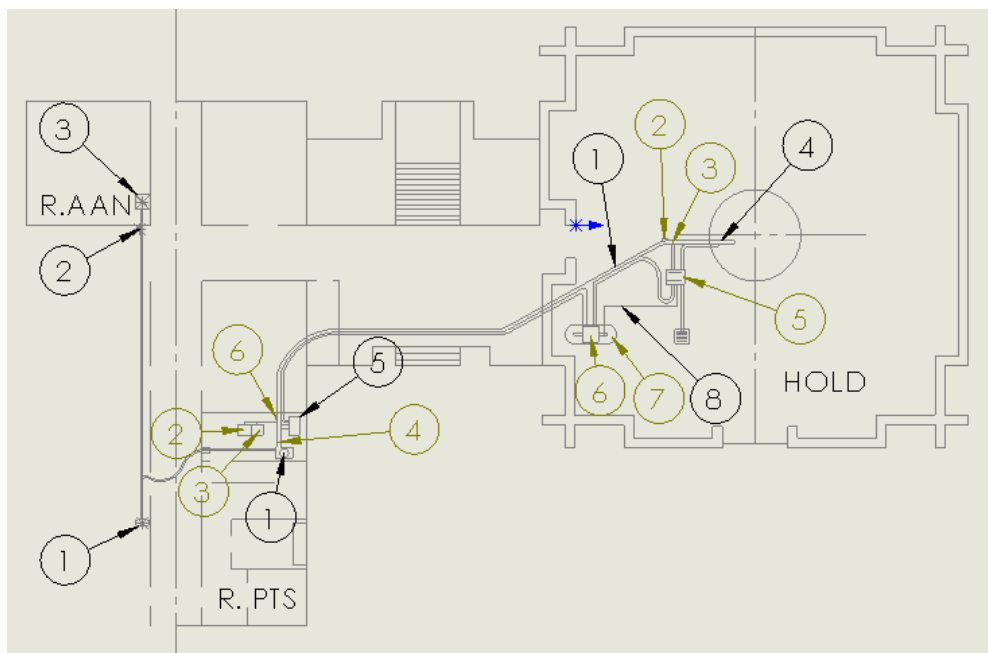
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pneumatic Transfer System (PTS)

Pneumatik adalah kata yang berasal dari bahasa Yunani “pneuma” yang artinya angin atau udara. Dalam dunia teknik pneumatik diartikan sebagai suatu sistem yang memanfaatkan tenaga dari udara terkompresi untuk menghasilkan suatu kerja. Pada reaktor kartini *pneumatic transfer system* merupakan salah satu dari 6 fasilitas di reaktor Kartini Yogyakarta pada daya 100 KW fasilitas ini memiliki fluks neutron thermal sebesar $3,53 \times 10^{12}$ neutron/cm² dan fluks neutron cepat sebesar $1,39 \times 10^{12}$ neutron/m², *pneumatic transfer system* merupakan fasilitas yang sering digunakan pada Reaktor Kartini terutama untuk iradiasi sampel dengan waktu paruh pendek untuk diiradiasi dalam teras reaktor secara cepat yang dioperasikan dengan otomatis melalui modul PLC. Iradiasi dalam sistem transfer pneumatik pada Reaktor Kartini adalah proses di mana sampel dipaparkan terhadap radiasi neutron di dalam inti reaktor menggunakan mekanisme transfer berbasis tekanan udara. Sampel dimasukkan ke dalam kapsul khusus, kemudian dikirim melalui tabung pneumatik ke posisi iradiasi dengan presisi tinggi. Di dalam inti reaktor, sampel terkena paparan neutron selama waktu tertentu untuk menghasilkan isotop radioaktif atau efek aktivasi, iradiasi yang dilakukan di fasilitas reaktor kartini, digunakan menganalisis kandungan unsur sampel menggunakan metode analisis aktifasi neutron, sampel yang telah diuji atau di iradiasi kemudian dicacah menggunakan spektrometer gamma dan detektor HPGE [4].

2.1.1 Bagian-bagian pneumatic transfer system

Sistem Transfer Pneumatik Reaktor Kartini terdiri dari beberapa bagian, yakni terdiri dari dua pompa kompresor yang berfungsi sebagai sumber udara bertekanan tinggi; dua modul diverter; satu modul auto loader; satu modul penguat tangan; satu modul counter; instalasi radiasi di teras reaktor; tempat pelimbahan; dan pipa polyethylene sebagai jalur transfer kapsul dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah lokasi komponen-komponen pneumatic transfer system

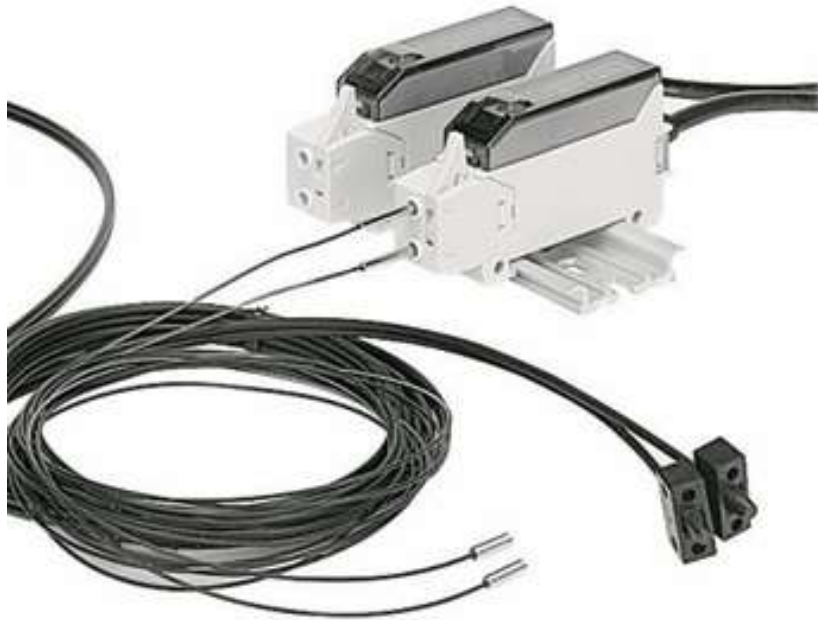
Adapun komponen yang ada pada *Pneumatic Transfer System* adalah sebagai berikut:

- Sistem pendorong
- Sistem pipe line
- Sistem kontrol
- Kapsul /Tube

Pada sistem transfer pneumatik yang ada di reaktor Kartini, kompresor bertindak sebagai komponen utama penghasil tekanan dengan mengubah tekanan rendah menjadi tekanan tinggi. Saat pengujian sampel dilakukan pada sistem transfer pneumatik, sampel dikirim ke teras reaktor untuk diiradiasi, dan kemudian dikembalikan ke laboratorium aktivasi neutron.

2.2 Photo Electric Sensor

Photo electric sensor adalah alat yang dapat mendeteksi objek atau perubahan dalam lingkungan sekitar dengan menggunakan cahaya. Cara penerapannya didasarkan pada penerimaan atau pemutusan sinar cahaya. Ketika objek memasuki jangkauan sensor, objek tersebut mengubah kondisi sinar cahaya yang kemudian terdeteksi sensor sebagai perubahan [5]. *Photo Electric Sensor* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Photo Electric Sensor

2.3 PLC (Programmable Loggic Controller)

PLC pada dasarnya adalah bentuk khusus perangkat kontroler digital berbasis mikroprosesor yang menggunakan memori programmable untuk menyimpan instruksi sekaligus digunakan untuk mengimplementasikan berbagai fungsi logika, aritmatika, *sequeunce, counting, timing* (6). Berbeda dengan personal computer (PC), PLC tidak berjalan di atas sistem operasi yang rumit, serta difasilitasi bahasa pemrograman yang memudahkan engineer dengan pemahaman pemrograman terbatas untuk membuat program, seperti bahasa pemrograman logika *ladder, sequential function chart, structured text, instruction list* atau *function block diagram* [7].

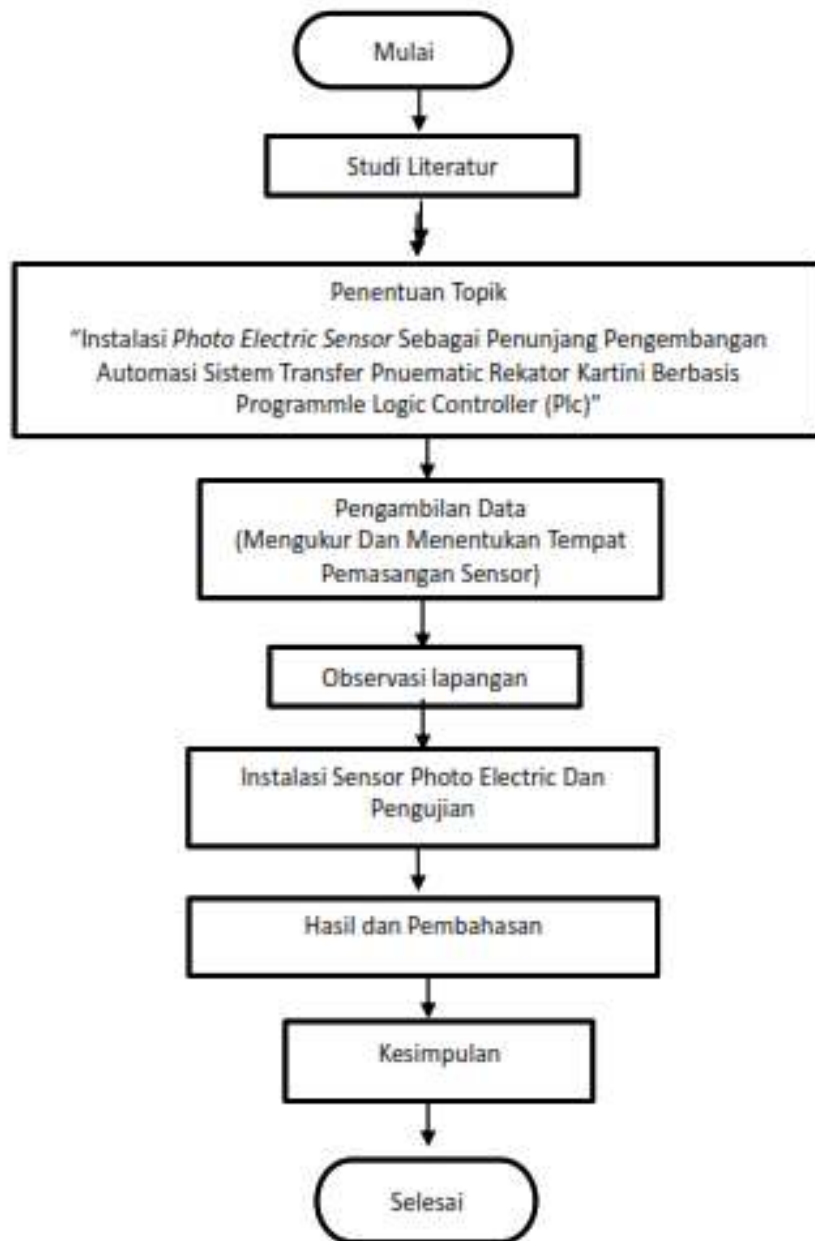
3. METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Dalam proses kerja praktek ini dilakukan beberapa langkah-langkah untuk melaporkan apa yang didapatkan saat melakukan kerja praktek melalui diagram alir di bawah ini. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.

3.2 Proses Instalasi dan pengujian

metode yang digunakan dalam instalasi dan pengujian sensor foto listrik sebagai bagian dari pengembangan sistem transfer pneumatik berbasis PLC di Reaktor Kartini. Proses dimulai dengan observasi lapangan untuk menilai kondisi lokasi pemasangan, diikuti oleh perancangan jalur sistem transfer pneumatik dan desain letak pemasangan sensor. Setelah itu dilakukan komponen instalasi utama, termasuk pipa polyethilen, sensor Autonics FD-620-10R, amplifiier, dan hubungannya dengan PLC. Pengujian sistem dilakukan dalam dua kondisi: kapsul kosong dan kapsul berisi berat tambahan 3 gram, untuk mengukur waktu perjalanan dan kecepatan menggunakan stopwatch serta sinyal dari sensor. Data yang dianalisis untuk menghitung tingkat akurasi dan efektivitas sistem. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik, mendeteksi kapsul dengan akurat, dan mendukung sistem automasi.

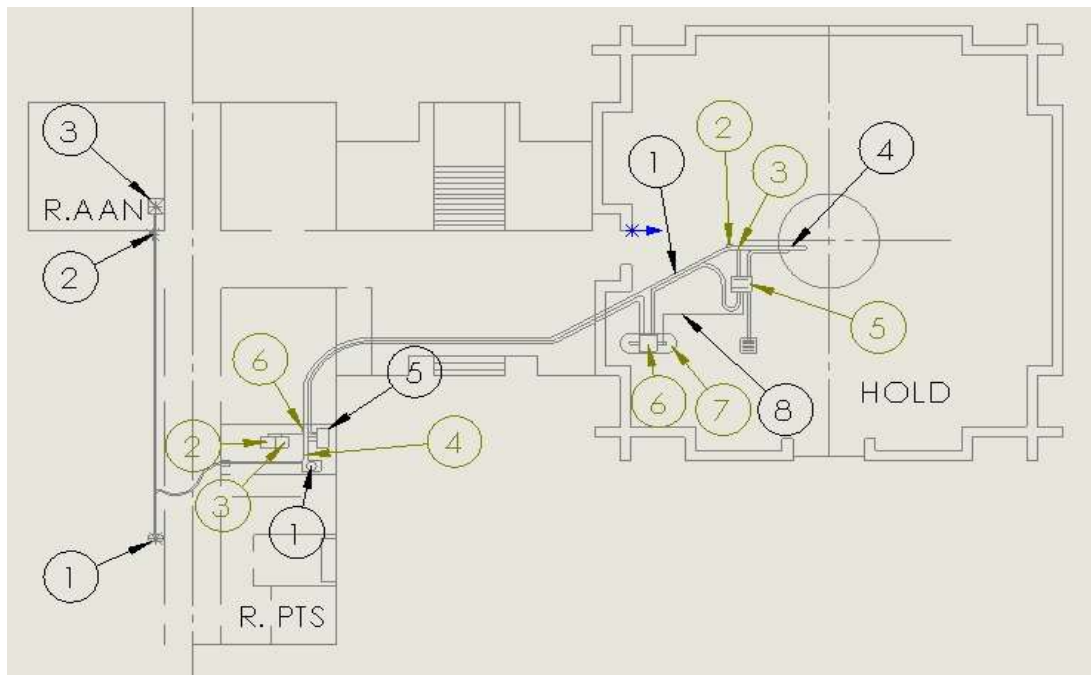


Gambar 3. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain letak pemasangan sensor photo electric dapat dilihat pada Gambar 4. Sementara hasil jadi pemasangan rangkaian sensor photo electric pada instalasi dapat dilihat pada Gambar 5. Pemasangan rangkaian sensor photo electric pada instalasi sekarang dilakukan pengujian untuk memastikan sensor aktif atau tidaknya dengan melihat lampu di amplifier menyala atau tidak dan melihat di serial monitor apakah gelombang pada serial bergerak atau tidak, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil pengujian sensor photo electric menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi kapsul dengan akurasi yang memadai dalam sistem transfer pneumatic. Pengujian pada kapsul kosong menunjukkan waktu tempuh rata-rata 2,82 detik dengan kecepatan 12,41 m/s, sementara kapsul berisi menunjukkan waktu tempuh rata-rata 3 detik dengan kecepatan 11,67 m/s. Meskipun terdapat sedikit kesalahan relatif antara pengukuran manual dan sensor (sekitar 75,83% untuk kapsul kosong dan 75,32% untuk kapsul berisi), hasil ini menunjukkan bahwa sensor cukup sensitif untuk mendeteksi perbedaan kecepatan dan mendukung sistem transfer dengan baik, meskipun memerlukan penyesuaian kecil dalam lingkungan, dilakukan pengujian kecepatan kapsul kosong dan kapsul dengan tambahan berat 3 gram pada *pneumatic transfer system*, didapatkan data diantaranya yaitu:

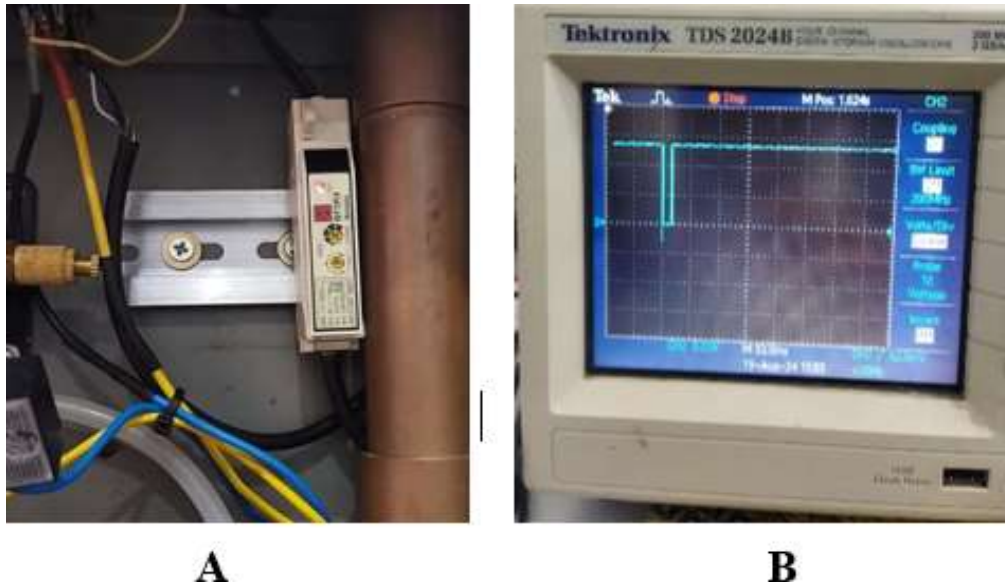


Keterangan gambar instalasi		
Ruang AAN	Ruang PTS	Ruang HALL
1. <i>Compressor</i>	1. <i>Hand loader transit</i>	1. <i>Saluran PTS</i>
2. <i>Photo Electric Sensor</i>	2. <i>Sistem kendali PLC</i>	2. <i>Photo Electric Sensor</i>
3. <i>Hand Loader Output</i>	3. <i>Papan Kendali PLC</i>	3. <i>Diverter</i>
	4. <i>Photo Electric Sensor</i>	4. <i>Irradiation Tube</i>
	5. <i>Air Cushion</i>	5. <i>Air Cushion</i>
	6. <i>Hand loader input</i>	6. <i>Ballast tank for gas suply</i>
		7. <i>Air pressure regulator</i>
		8. <i>Hard wired controler</i>

Gambar 4. Desain letak pemasangan sensor photo electric



Gambar 5. Hasil jadi pemasangan sensor



Gambar 6 A. Sensor menyala
B. Serial monitor mengeluarkan gelombang

4.3.1 Data hasil pengujian kecepatan kapsul kosong dengan berat 9,43 gram

Adapun data hasil percobaan kapsul kosong dengan berat 9,43 gram yang didapatkan hasil hitung manual dan hasil hitung sensor saat pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian kapsul kosong dengan beratv 9,43 gram

No	Data	Hasil Perhitungan Manual		Hasil Perhitungan Sensor		Error Kecepatan
		Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu Tempuh p(s)	Kecepatan (m/s)	
1	Kapsul 1	2,8	12,5	2,8	3	76%
2	Kapsul 2	2,76	12,68	2,76	3	76,35%
3	Kapsul 3	2,9	12,06	2,9	3	75,13%
4	Rata-rata	2,82	12,41	2,82	3	75,83%

4.3.2 Data hasil pengujian kapsul kosong dengan tambahan berat 3 gram

Adapun data hasil percobaan kapsul kosong dengan tambahan berat 3 gram yang didapatkan saat pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian kapsul kosong dengan tambahan berat 3 gram

No	Data	Hasil Perhitungan Manual		Hasil Perhitungan Sensor		Error kecepatan
		Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	
1	Kapsul 1	3,1	11,29	3,1	3	76,74%
2	Kapsul 2	2,9	12,06	2,9	3	75,12%
3	Kapsul 3	3,0	11,66	3,0	3	74,12%
4	Rata-rata	3	11,67	3	3	75,32%

Instalasi sensor fotoelektrik dalam sistem transfer pneumatik reaktor Kartini berbasis PLC merupakan langkah krusial untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses otomatisasi. Sensor *photo elektrik*, yang bekerja dengan memanfaatkan cahaya untuk mendeteksi objek atau mengukur jarak, memiliki peran penting dalam sistem ini. Sensor ini umumnya terdiri dari pemancar dan penerima cahaya yang memantau kehadiran atau posisi objek dalam jalur transfer pneumatik. Dalam konteks sistem transfer pneumatik, sensor *photo elektrik* berfungsi untuk memastikan bahwa berada pada posisi yang benar sebelum melanjutkan proses

berikutnya, serta untuk mendeteksi dan mengukur jarak antar objek dengan akurat.

Untuk mengintegrasikan sensor fotoelektrik dengan PLC, pertama-tama perlu dipilih sensor yang sesuai dengan spesifikasi sistem pneumatik dan lingkungan operasionalnya. Sensor ini dapat berupa sensor refleksif, transmisi, atau difusi, tergantung pada kebutuhan deteksi dan pengukuran. Setelah memilih sensor yang tepat, langkah berikutnya adalah menghubungkannya ke PLC. Sensor fotoelektrik umumnya memiliki output berupa sinyal digital yang dapat dikirim ke PLC. PLC akan menerima sinyal ini dan memprosesnya untuk mengontrol aksi dalam sistem pneumatik, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan aktuatur atau mengatur waktu operasional.

Instalasi sensor fotoelektrik melibatkan pemasangan fisik sensor pada posisi strategis di sepanjang jalur transfer pneumatik. Posisi sensor harus dipilih dengan hati-hati untuk memastikan deteksi yang tepat dan konsisten. Kabel dari sensor kemudian dihubungkan ke input PLC, dan konfigurasi perangkat lunak PLC dilakukan untuk memprogram respon yang diinginkan berdasarkan sinyal dari sensor. Program PLC akan mengatur logika kontrol dan proses otomatisasi sesuai dengan data yang diterima dari sensor fotoelektrik, setelah dilakukan proses instalasi dan dilakukan pengambilan data dengan kapsul kosong sebanyak 3 kali dan kapsul dengan tambahan berat 3 gram sebanyak 3 kali dan didapatkan kecepatan rata-rata kapsul kosong 12,41m/s dan didapatkan juga rata rata error dari hasil hitung manual dengan hasil perhitungan sensor dengan rata-rata 75,83% selanjutnya di dapatkan kecepatan kapsul berisi tambahan berat 3 gram dengan kecepatan 11,67 m/s dan didapatkan juga rata rata error dari hasil hitung manual dengan hasil perhitungan sensor dengan rata-rata 75,32%

Dengan integrasi ini, sistem transfer pneumatik reaktor Kartini dapat beroperasi dengan lebih efisien dan akurat, mengurangi risiko kesalahan manual, dan meningkatkan keseluruhan produktivitas. Melalui integrasi ini, seluruh proses transfer sampel berjalan otomatis, terukur, dan lebih aman, karena PLC mampu menghilangkan ketergantungan terhadap operasi manual yang berpotensi menimbulkan kesalahan manusia (human error). Sistem juga dapat mengimplementasikan logika interlock, alarm, serta monitoring kondisi komponen secara berkelanjutan untuk memastikan sampel mencapai target iradiasi atau stasiun pemeriksaan dengan tepat waktu [8].

Secara keseluruhan, kolaborasi sensor fotoelektrik dan PLC ini menghasilkan peningkatan signifikan pada keandalan sistem, akurasi deteksi, dan kecepatan proses, sehingga meningkatkan produktivitas serta mendukung operasi Reaktor Kartini yang lebih modern dan terotomasi dengan baik.

5. KESIMPULAN

Pemasangan sensor photo electric pada sistem transfer pneumatic berbasis PLC di Reaktor Kartini telah berhasil meningkatkan perolehan dan efisiensi transfer kapsul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi kapsul dengan memadai, meskipun terdapat sedikit kesalahan relatif antara hasil pengukuran manual dan sensor (sekitar 75,83% untuk kapsul kosong dan 75,32% untuk kapsul berisi). Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perbedaan kecepatan kapsul dengan baik, mendukung sistem dalam mengontrol aliran udara dan mengoptimalkan proses transfer material. Hal ini menunjukkan potensi sensor dalam meningkatkan otomatisasi dan presisi sistem transfer pneumatik di lingkungan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BRIN, 2023. 44 Tahun Reaktor Nuklir Kartini Mengabdikan, Badan Riset Dan Inovasi Nasional. [Online]. Available: <https://www.brin.go.id/news/111586/44-tahun-reaktor-nuklir-kartini-mengabdikan>. [Accessed 15 July 2024].
- [2] B. A. Karmanto Edi Eko, 2012. Kajian Waktu Pemindahan Sampel Pada Sistem Transfer Pneumatik, *Prosiding Seminar*, Yogyakarta.
- [3] R. N. Kartini, 3 March 2007. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Reaktor_Nuklir_Kartini. [Accessed 3 August 2024].
- [4] B. Syaiful, 2014. Pengembangan PLC Trainer Serbaguna Untuk Simulator, Banten: Jurnal Pengembangan Energi Nuklir.
- [5] [Online]. Available: <https://brin.go.id/press-release>. [Accessed 2 July 2024].

- [6] K. W and S. R, 2020. Reinstalasi Fasilitas Pneumatic Transfer System Reaktor Kartini Pasca Renovasi, *International Conference On Nuclear Science, Technology, And Application (ICONSTA 2020)*, Jakarta.
- [7] L. F. Frenly, 2019. Optimalisasi Desain PSP-MAP (Pipa Surface Penyalur Mata Air Panas) Menggunakan Software POD 1.0 (Phyton Optimization Desingn) Sebagai Salah Satu Upaya Mewujudkan Infrastruktur Berkelanjutan Di Kawasan Cisolok, *Jurnal Geosaintek*, Vol. 5 No. 3, 127-134.
- [8] A. Yueprayuga, A. Puspawan, A. Nuramal, TNH. Susanto. 2025. Desain dan Pembuatan Hand Loader Output Dengan Menggunakan Software Solidworks. *Jurnal Rekayasa Mekanika*, Vol. 9. No. 1, 25-32.