

Pembuatan Prototype Transfer Station Barang Pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik

Muhammad Nurul Hilal

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: muhammadnurul.20060@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Bambang Suprianto, Farid Baskoro

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: endryansyah@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, faridbaskoro@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk logistik. Salah satu inovasi penting adalah pengenalan sistem penyortiran otomatis yang memanfaatkan mesin dan teknologi untuk mengelola distribusi barang secara otomatis, yang lebih efisien dibandingkan sistem manual. Komponen utama dalam sistem ini adalah transfer station, yang berfungsi mengalihkan barang dari satu jalur ke jalur lainnya. Teknologi elektro-pneumatik, yang menggabungkan listrik dan pneumatik, digunakan karena kecepatan, kekuatan, dan keandalannya. Dalam sistem penyortiran otomatis, sensor *photoelectric*, silinder pneumatik, dan konveyor memiliki peran vital. Sensor *photoelectric* berfungsi mendeteksi barang, silinder pneumatik menggerakkan barang, dan konveyor sebagai jalur transportasi utama. Pengujian terhadap ketiga komponen ini telah dilakukan secara menyeluruh dan hasilnya menunjukkan tidak ada kesalahan (*error*) yang ditemukan serta hasil pengujian menunjukkan keberhasilan 100%, memastikan kinerja optimal dan keandalan sistem penyortiran otomatis. Keberhasilan pengujian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi elektro-pneumatik, serta mendukung efisiensi dan efektivitas proses penyortiran dalam industri logistik. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan dalam pembuatan prototype tetapi juga mempertegas potensi teknologi elektro-pneumatik untuk diterapkan secara luas dalam sistem penyortiran otomatis.

Kata Kunci: Transfer Station, Teknologi Elektro-Pneumatik, Sensor *Photoelectric*, Silinder Pneumatik, Konveyor, Sistem Penyortiran Otomatis.

Abstract

The rapid advancement of technology has brought significant changes across various fields, including logistics. One notable innovation is the introduction of automated sorting systems, which utilize machines and technology to manage the distribution of goods more efficiently than manual systems. The main component of this system is the transfer station, which functions to divert goods from one conveyor line to another. Electro-pneumatic technology, which combines electricity and pneumatics, is used for its speed, power, and reliability. In the automated sorting system, photoelectric sensors, pneumatic cylinders, and conveyors play vital roles. Photoelectric sensors detect the goods, pneumatic cylinders move the goods, and conveyors serve as the primary transportation route. Comprehensive testing of these three components has been conducted, and the results show no errors, with a 100% success rate, ensuring optimal performance and reliability of the automated sorting system. The success of this testing significantly contributes to the development of electro-pneumatic technology and supports the efficiency and effectiveness of sorting processes in the logistics industry. Thus, this research not only demonstrates success in prototype development but also reinforces the potential of electro-pneumatic technology for widespread application in automated sorting systems.

Keywords: Transfer Station, Electro-Pneumatic Technology, Photoelectric Sensor, Pneumatic Cylinder, Conveyor, Automated Sorting System.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat telah membawa perubahan besar dalam berbagai bidang, termasuk di bidang logistik. Salah satu perubahan yang signifikan adalah munculnya sistem penyortiran otomatis. Sistem penyortiran otomatis merupakan sistem yang menggunakan mesin dan teknologi untuk memilah dan mendistribusikan barang secara otomatis (Khirunnas dan Risfendra, 2022). Sistem ini memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan sistem penyortiran manual.

Salah satu komponen penting dalam sistem penyortiran otomatis adalah transfer station. Transfer station adalah komponen yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu jalur ke jalur lainnya (Arman., 2019). Salah satu mesin transfer station yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainnya adalah konveyor yang memanfaatkan photoelectric sensor untuk mendeteksi barang. Transfer station dapat dirancang dengan berbagai jenis dan teknologi, salah satunya adalah teknologi elektropneumatik.

Teknologi elektropneumatik adalah teknologi yang menggabungkan antara Listrik dan pneumatik (Sofnivagi dkk., 2020). Teknologi ini memiliki berbagai keunggulan, antara lain kecepatan, kekuatan, dan keandalan. Oleh karena itu teknologi elektropneumatik sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem penyortiran otomatis.

Transfer Station Barang

Transfer station barang adalah lokasi atau fasilitas yang dipakai untuk mengalihkan barang dari satu jalur atau konveyor ke jalur atau konveyor lainnya (Sofnivagi., 2020). *transfer station* barang digunakan dalam sistem produksi atau logistik untuk memisahkan barang berdasarkan jenis, ukuran, atau karakteristiknya. Barang yang dipindahkan bisa berupa barang kemasan atau barang lainnya. Pada *ransfer station* barang, proses pemindahan barang umumnya dilakukan dengan menggunakan teknologi elektro-pneumatik. Sistem ini menggunakan gabungan antara energi listrik dan energi udara bertekanan untuk menggerakkan bagian-bagian yang terlibat dalam pemindahan barang.

Teknologi Elektro-pneumatik

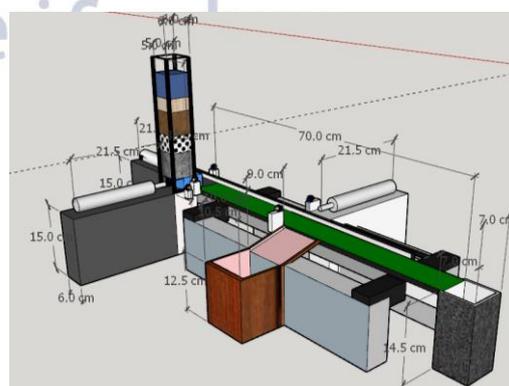
Teknologi elektro-pneumatik adalah gabungan antara sistem pneumatik dan elektronik yang digunakan untuk mengatur serta menggerakkan proses-proses dalam industri (Sofnivagi., 2020).

Teknologi ini memanfaatkan sinyal listrik bersama udara bertekanan (pneumatik) untuk mengirimkan informasi guna mengatur perangkat yang bergerak. Sinyal listrik ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti tombol, sakelar, atau PLC (Programmable Logic Controller). Dalam teknologi elektro-pneumatik, energi pneumatik berperan sebagai media kerja untuk menggerakkan perangkat yang bergerak, sedangkan energi listrik digunakan untuk mengatur perangkat tersebut. Perangkat yang bergerak ini adalah bagian yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Salah satu perangkat yang umum digunakan dalam teknologi elektro-pneumatik adalah silinder pneumatik. Komponen-komponen kunci dalam teknologi ini termasuk kompresor untuk menghasilkan udara bertekanan, katup kontrol untuk mengatur aliran udara bertekanan, perangkat yang bergerak untuk mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis, sensor untuk mendeteksi kondisi sekitar, dan pengendali untuk memproses sinyal dari sensor dan mengatur perangkat yang bergerak.

METODE

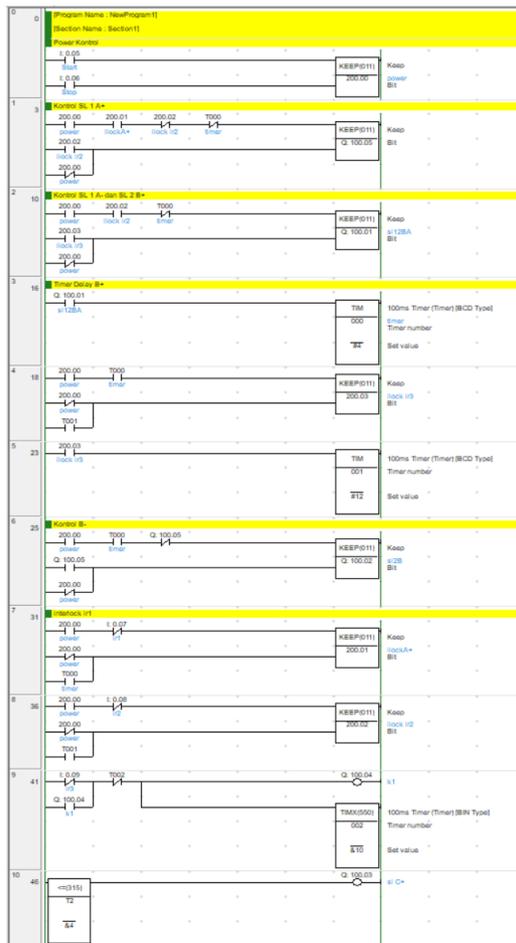
Rancangan Desain Prototype

Rancangan desain prototype dalam penelitian Pembuatan Prototype Transfer Station Barang pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik mencakup tahapan yang cermat dan terukur. Desain ini melibatkan perencanaan sistematis dari berbagai komponen yang akan digunakan dalam *transfer station*. Rancangan desain prototype *transfer station* barang ini merupakan langkah krusial untuk memastikan kesuksesan implementasi teknologi elektro-pneumatik dalam sistem penyortiran otomatis. Desain prototype secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Prototype

Pembuatan Prototype *Transfer Station* Barang Pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik



Gambar 2. Rancangan Ladder Diagram

Berdasarkan Gambar 1 merupakan desain sistem secara keseluruhan dengan keterangan komponen yang digunakan yaitu 1. Silinder *double acting* 1 untuk mendorong barang menuju silinder *double acting* 2; 2. Sensor *photoelectric* 1 untuk mendeteksi barang pada silinder *double acting* 1; 3. Silinder *double acting* 2 untuk mendorong barang menuju konveyor; 4. Sensor *photoelectric* 2 untuk mendeteksi barang yang ada silinder *double acting* 2; 5. Silinder *single acting* untuk mendorong barang menuju wadah A; 6. Sensor *photoelectric* 3 untuk mendeteksi barang yang ada silinder *single acting*; 7. Tempat untuk menampung silinder; 8. Wadah A tempat barang yang telah disortir; 9. Belt konveyor tempat area barang untuk di sortir; 10. Wadah B tempat barang yang tidak sesuai persyaratan sortir; 11. *Transfer station*.

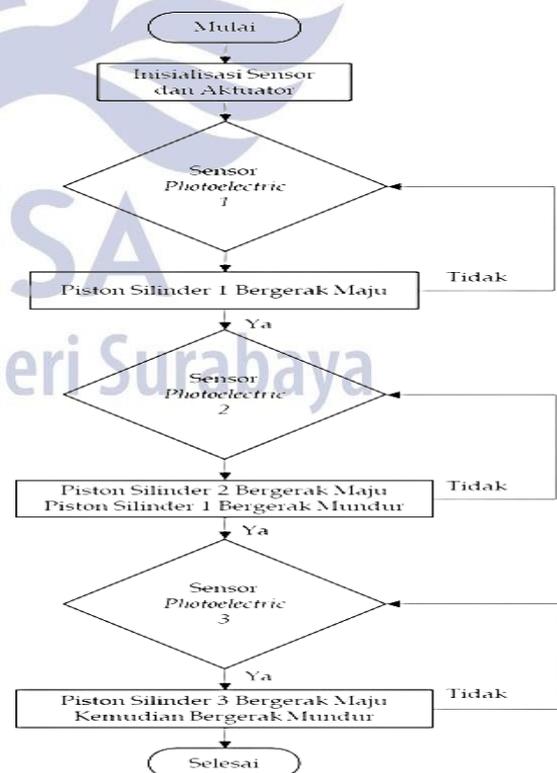
Rancangan Ladder Diagram CX-Programmer

Dalam rancangan ladder diagram CX-Programmer mencakup pengaturan logika kontrol dan interaksi antara komponen elektro-pneumatik yang digunakan dalam prototype *transfer station* barang. Rancangan ladder

diagram CX-Programmer dapat dilihat pada Gambar 2.

Bagan Sistem Kerja

Sistem dimulai dengan kondisi sensor *photoelectric*, aktuatur pneumatik silinder dan konveyor dalam keadaan *standby*, kemudian jika sensor *photoelectric* 1 yang ada di piston silinder 1 tidak mendeteksi ada barang maka kembali dalam keadaan *standby*, sedangkan apabila mendeteksi barang maka piston silinder 1 akan bergerak maju mendorong barang. Kemudian sensor *photoelectric* 2 ketika dalam keadaan tidak mendeteksi barang maka piston silinder 1 tetap dalam keadaan bergerak maju, sedangkan jika mendeteksi barang maka piston silinder 2 akan bergerak mendorong barang ke konveyor dan silinder 1 mundur ke posisi semula kemudian silinder 2 kembali ke posisi awal. Ketika barang sudah sampai ke titik sortir ketinggian dan tidak lolos melewati sortir ketinggian dan dideteksi oleh sensor *photoelectric* 3. Maka piston silinder 3 bergerak maju mendorong barang ke wadah A untuk barang tidak lolos sortir, kemudian silinder 3 kembali ke posisi semula. Jika barang tersebut lolos atau tidak terdeteksi sensor *photoelectric* 3 maka silinder 3 tidak akan bergerak maju dan barang menuju ke wadah B (tempat untuk barang yang lolos sortir ketinggian). Bagan sistem kerja dapat dilihat pada Gambar 3.



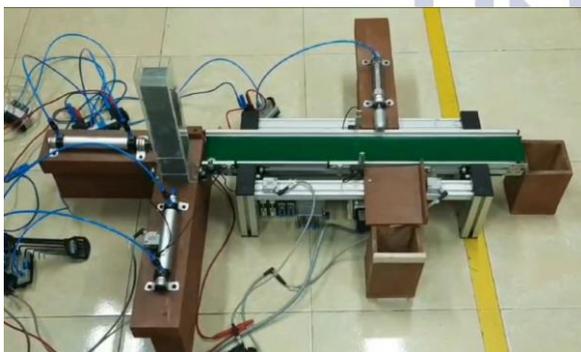
Gambar 2. Bagan Sistem Kerja

Berdasarkan Gambar 3 merupakan bagian sistem kerja yaitu Ketika sistem dimulai maka membuat sensor *proximity* dan aktuator pneumatik silinder serta konveyor dalam keadaan *standby*, kemudian jika sensor *proximity* p1 yang ada di piston silinder 1 tidak mendeteksi ada barang maka kembali dalam keadaan *standby*, sedangkan jika mendeteksi barang piston silinder 1 akan bergerak maju mendorong barang. Selanjutnya, sensor *proximity* p2 yang ada di silinder 2 apabila tidak mendeteksi barang maka piston silinder 1 tetap dalam keadaan bergerak maju, sedangkan jika mendeteksi barang piston silinder 2 akan bergerak mendorong barang ke konveyor serta membuat silinder 1 mundur ke posisi semula dan membuat konveyor bekerja. Silinder 2 juga kembali ke posisi semula. Ketika barang sudah sampai ke titik sortir ketinggian dan tidak lolos melewati sortir ketinggian dan dideteksi oleh sensor *proximity* p3. Hal itu membuat piston silinder 3 bergerak maju mendorong barang ke wadah pembuangan, kemudian silinder 3 kembali ke posisi semula. Jika barang tersebut lolos maka silinder 3 tidak akan bergerak maju dan menuju ke wadah pembuangan yang satunya. Jika sudah tidak ada barang lagi di *transfer station* akan membuat semua sistem menjadi diam tidak bergerak. Sistem kerja ini dapat bekerja secara otomatis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

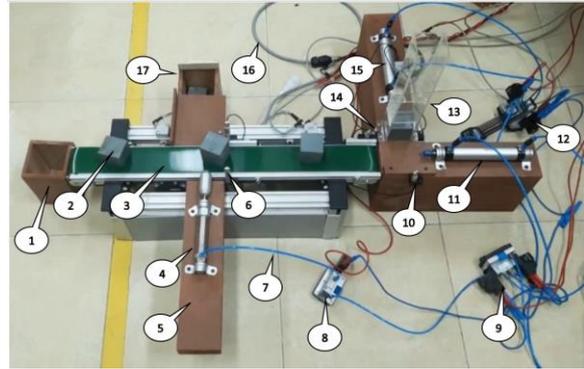
Hasil Penelitian

Hasil pembuatan prototype *transfer station* barang pada sistem penyortiran otomatis menggunakan teknologi elektro pneumatik terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Prototype *Transfer Station*

Pada Gambar 4 merupakan hasil prototype *transfer station* barang pada sistem penyortiran otomatis menggunakan teknologi elektro-pneumatik. Berikut adalah bagian-bagian pada pada *prototype transfer station* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Bagian-bagian *Prototype*

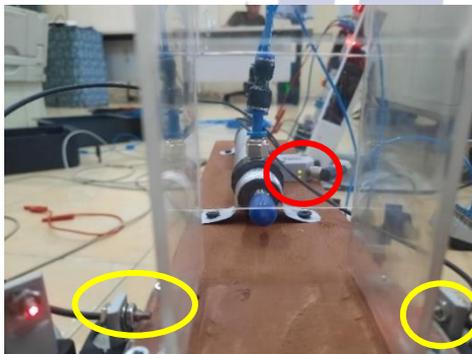
Berdasarkan Gambar 5 adalah bagian-bagian *prototype transfer station* barang pada sistem penyortiran otomatis menggunakan teknologi elektro-pneumatik, yaitu: 1. Wadah A atau tempat barang lolos sortir; 2. Barang uji coba sortir ketinggian; 3. *Belt* konveyor, berfungsi untuk memindahkan barang dari satu titik ke titik lainnya; 4. Silinder pneumatik *single acting*, berfungsi untuk mendorong benda menuju tempat atau wadah yang telah di sediakan; 5. *Bracket* penampung silinder pneumatik; 6. Sensor *photoelectric* 3, berfungsi sebagai batas sortir barang serta mendeteksi ketinggian barang untuk mengirim *signal* kepada silinder pneumatik *single acting* apabila mendeteksi barang; 7. Selang festo, berfungsi mengalirkan fluida dari katup atau *valve* menuju silinder pneumatik; 8. *Valve* 3/2 atau katup 3/2, berfungsi untuk mengendalikan aliran fluida (tempat keluarnya fluida); 9. *Valve* 5/2 atau katup 5/2, berfungsi untuk mengendalikan aliran fluida (tempat keluarnya fluida); 10. Sensor *photoelectric* 2, berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi barang yang kemudian memberikan *signal* kepada silinder pneumatik *double acting* 2; 11. Silinder pneumatik *double acting* 2, berfungsi untuk mendorong benda menuju konveyor; 12. *Valve* 5/2 atau katup 5/2, berfungsi untuk mengendalikan aliran fluida (tempat keluarnya fluida); 13. *Transfer station*; 14. Sensor *photoelectric* 1, berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi barang yang kemudian memberikan *signal* kepada silinder pneumatik *double acting* 1; 15. Silinder pneumatik *double acting* 1, berfungsi untuk mendorong benda dari *transfer station* menuju jalur ke konveyor; 16. Kabel konveyor; 17. Wadah B atau tempat barang yang tidak sesuai persyaratan sortir

Pengujian dan Hasil Pengujian Sensor *Photoelectric*

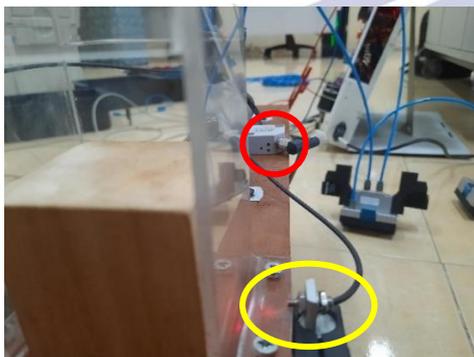
Pembuatan Prototype *Transfer Station* Barang Pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik

Pengujian sensor *photoelectric* dilakukan dengan cara *try and error* kemudian hasil pengujian sensor *photoelectric* dihitung nilai kesalahannya. Berikut adalah pengujian sensor *photoelectric* dapat dilihat pada Gambar 6.

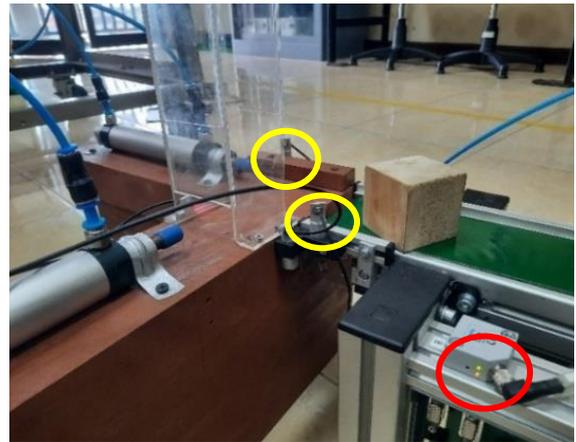
Berdasarkan Gambar 6 merupakan kondisi pengujian sensor *photoelectric* 1 ketika sensor *photoelectric* 1 tidak mendeteksi barang kemudian sensor *photoelectric* 1 ditandai dengan warna kuning melingkar dan lampu indikator pada mesin sensor *photoelectric* 1 menyala yang ditandai dengan warna merah melingkar. Namun pada Gambar 7 kondisi sensor *photoelectric* 1 mendeteksi barang yang ditandai dengan lampu indikator pada sensor tidak menyala atau mati.



Gambar 6. Kondisi Sensor *Photoelectric* 1 Ketika Tidak Mendeteksi Barang



Gambar 7. Kondisi Sensor *Photoelectric* 1 Ketika Mendeteksi Barang



Gambar 8. Kondisi Sensor *Photoelectric* 2 Ketika Mendeteksi Barang



Gambar 9. Kondisi Sensor *Photoelectric* 2 Ketika Tidak Mendeteksi Barang



Gambar 10. Kondisi Sensor *Photoelectric* 3 Ketika Mendeteksi Barang



Gambar 11. Kondisi Sensor Photoelectric 3 Ketika Tidak Mendeteksi Barang

Berdasarkan Gambar 8 merupakan Kondisi ketika sensor *photoelectric* 2 tidak mendeteksi barang kemudian sensor *photoelectric* 2 ditandai dengan warna kuning melingkar dan lampu indikator pada mesin sensor *photoelectric* 2 menyala yang ditandai dengan warna merah melingkar. Namun pada Gambar 9 sensor *photoelectric* 2 mendeteksi barang yang ditandai dengan lampu indikator pada sensor tidak menyala atau mati.

Berdasarkan Gambar 10 merupakan Kondisi ketika sensor *photoelectric* 3 tidak mendeteksi barang kemudian sensor *photoelectric* 3 ditandai dengan warna kuning melingkar dan lampu indikator pada mesin sensor *photoelectric* 3 menyala yang ditandai dengan warna merah melingkar. Namun pada Gambar 11 sensor *photoelectric* 3 mendeteksi barang yang ditandai dengan lampu indikator pada sensor tidak menyala atau mati.

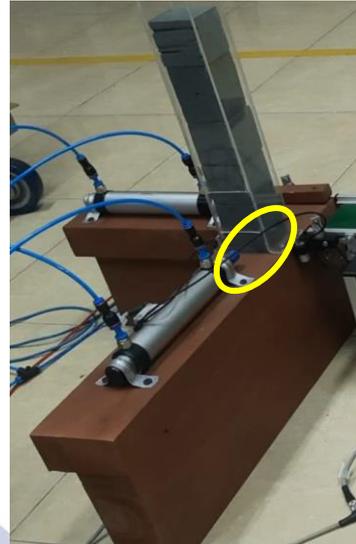
Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor *Photoelectric*

Sensor Photoelectric	Pengujian ke-					Kesalahan (%)	Hasil Pengujian
	1	2	3	4	5		
1	√	√	√	√	√	0	Berhasil
2	√	√	√	√	√	0	Berhasil
3	√	√	√	√	√	0	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa hasil pengujian sensor *photoelectric* pada *prototype transfer station* berfungsi dengan baik tanpa ada kesalahan sesuai dengan harapan peneliti.

Pengujian dan Hasil Pengujian Silinder Pneumatik

Pengujian silinder pneumatik dilakukan dengan cara *try and error* kemudian hasil pengujian silinder pneumatik dihitung nilai kesalahannya.



Gambar 12. Kondisi Silinder Pneumatik 1 Kondisi Normal

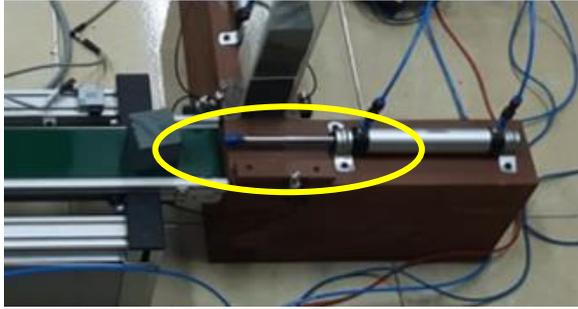


Gambar 13. Kondisi Silinder Pneumatik 1 Mendorong Barang



Gambar 14. Kondisi Silinder Pneumatik 2 Kondisi Normal

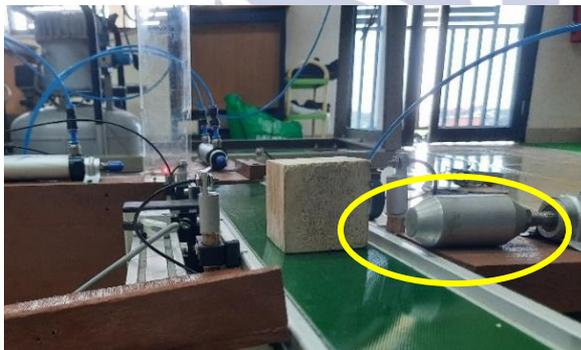
Pembuatan Prototype *Transfer Station* Barang Pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik



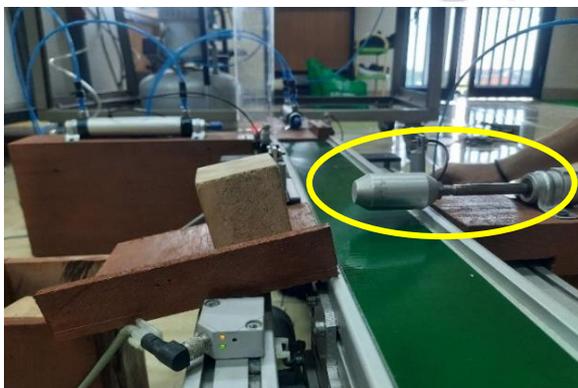
Gambar 15. Kondisi Silinder Pneumatik 2 Mendorong Barang

Berdasarkan Gambar 12 merupakan kondisi silinder pneumatik 1 ketika dalam keadaan normal yang ditandai dengan warna kuning melingkar dan kondisi silinder pneumatik 1 mendorong barang seperti pada Gambar 13 yang ditandai dengan warna kuning melingkar.

Berdasarkan Gambar 14 merupakan kondisi silinder pneumatik 2 ketika dalam keadaan normal yang ditandai dengan warna kuning melingkar dan kondisi silinder pneumatik 2 mendorong barang seperti pada Gambar 15 yang ditandai dengan warna kuning melingkar.



Gambar 16. Kondisi Silinder Pneumatik 3 dalam Kondisi Normal.



Gambar 17. Kondisi Silinder Pneumatik 3 Mendorong Barang.

Berdasarkan Gambar 16 merupakan kondisi silinder pneumatik 3 ketika dalam keadaan normal yang ditandai dengan warna kuning melingkar dan kondisi silinder pneumatik 3 mendorong barang seperti pada Gambar 17 yang ditandai dengan warna kuning melingkar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Photoelectric*

Silinder Pneumatik	Pengujian ke-					Kesalahan (%)	Hasil Pengujian
	1	2	3	4	5		
1	√	√	√	√	√	0	Berhasil
2	√	√	√	√	√	0	Berhasil
3	√	√	√	√	√	0	Berhasil

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil pengujian sensor *photoelectric* pada *prototype transfer station* berfungsi dengan baik tanpa ada kesalahan sesuai dengan harapan peneliti.

Pengujian dan Hasil Pengujian Konveyor

Pengujian konveyor dilakukan dengan cara *try and error* kemudian hasil pengujian konveyor dihitung nilai kesalahannya.



Gambar 18. Pengujian Konveyor

Berdasarkan Gambar 18 merupakan pengujian konveyor yang ditandai dengan warna kuning melingkar. Pengujian konveyor dilakukan dengan cara *try and error* kemudian hasil pengujian konveyor dihitung nilai kesalahannya.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor *Photoelectric*

Konveyor	Pengujian ke-					Kesalahan (%)	Hasil Pengujian
	1	2	3	4	5		
Konveyor	√	√	√	√	√	0	Berhasil

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa hasil pengujian konveyor pada *prototype transfer station* berfungsi dengan baik tanpa ada kesalahan sesuai dengan harapan peneliti.

Dimensi Silinder Pneumatik

Berdasarkan jenis silinder yang akan dipakai, yaitu silinder kerja ganda atau *double acting cylinder* dan silindere kerja tunggal atau *single acting cylinder* dengan tipe DSNU-20-50-P-A, berikut datasheet yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Photoelectric

No.	Data Teknis	Keterangan
1.	Panjang Stroke	0,1 m
2.	Diameter Piston	0.025 m
3.	Diameter Rod	M8 atau 0,008 m
4.	Tekanan Operasi	1 bar – 10 bar

Berdasarkan Tabel 4 maka bisa diketahui luas penampangnya menggunakan persamaan 1.

$$A = \frac{D^2 \pi}{4} \quad (1)$$

Untuk menghitung luas penampang piston, kita menggunakan rumus persamaan 1, $A = \frac{D^2 \pi}{4}$, dimana A adalah luas penampang piston (m^2) dan D adalah Diameter piston (m). Berdasarkan *datasheet* pada Tabel 4 diameter piston adalah 0,025 meter, dengan memasukkan nilai tersebut ke dalam rumus, maka diperoleh $A = \frac{0,025^2 \cdot 3,14}{4}$. Hasil perhitungannya adalah $A = 0,000491$. Jadi, luas penampang piston yang digunakan adalah $4,91 \times 10^{-4} m^2$.

Kecepatan Gerak Piston

Kecepatan pergerakan piston dihitung melalui analisis kebutuhan udara mampat di dalam setiap silinder. Faktor-faktor yang memengaruhi kebutuhan udara mampat tersebut mencakup luas penampang, panjang langkah piston, tekanan dalam silinder piston, dan tekanan udara eksternal. Persamaan matematis yang digunakan untuk menurunkan kecepatan pergerakan piston dapat dirumuskan dengan persamaan 2.

$$Q = A \cdot S \cdot n \cdot \frac{(p_e \cdot p_{atm})}{p_{atm}} \cdot 2 \quad (2)$$

Untuk menghitung kebutuhan udara mampat, kita menggunakan rumus persamaan 2, $Q = A \cdot S \cdot n \cdot \frac{(p_e \cdot p_{atm})}{p_{atm}} \cdot 2$. Dalam rumus ini, Q adalah Kebutuhan udara mampat (ltr/min), S adalah panjang langkah piston (m), n adalah kontak/menit, p_e adalah tekanan kerja pengukuran (pa) dan p_{atm} adalah tekanan udara luar atmosfer (pa). Setelah memperoleh nilai tentang parameter-parameter yang memengaruhi kebutuhan udara untuk kompresi piston dalam silinder dari persamaan 2, piston silinder dapat mengestimasi kecepatan gerakannya dengan menggunakan persamaan 3.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Untuk menghitung kecepatan gerak piston, kita menggunakan rumus persamaan 3, $V = \frac{Q}{A}$. Dalam rumus ini, V adalah kecepatan gerak piston (m/s) dan Q adalah kebutuhan udara mampat (m^2/min).

Berikut adalah perhitungan kecepatan gerak piston setiap silinder 1A, 2A dan 3A dari rumus persamaan 2 dan 3. Untuk silinder 1A dengan kecepatan tekanan angin 3 bar, dimulai dengan menghitung kebutuhan udara mampat menggunakan rumus persamaan 2. $Q = A \cdot S \cdot n \cdot \frac{(p_e \cdot p_{atm})}{p_{atm}} \cdot 2$, dimana A adalah luas penampang piston sebesar $4,91 \times 10^{-4} m^2$, S adalah panjang langkah piston sebesar 0,1 meter, n adalah kontak per menit sebesar 100, p_e adalah tekanan kerja pengukuran sebesar $3 \times 10^5 Pa$ dan p_{atm} adalah tekanan udara luar atmosfer sebesar $1 \times 10^5 Pa$. Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam rumus persamaan 2, didapatkan $Q = 0,0393 m^2/min$.

Selanjutnya menghitung kecepatan gerak piston (V) menggunakan rumus persamaan 3, $V = \frac{Q}{A}$. Dengan $Q = 0,0393 m^2/min$ dan $A = 4,91 \times 10^{-4} m^2$, diperoleh $V = 80,04 m/min$, yang dikonversi menjadi satuan meter per detik, hasilnya adalah $V = 1,33 m/s$.

Setelah memperoleh nilai hasil dari perhitungan sesuai rumus matematis, maka di lakukan uji coba secara riil pada kecepatan piston menggunakan persamaan 4.

$$V = \frac{s}{t} \quad (4)$$

Untuk menghitung kecepatan gerak piston silinder 1A dengan kecepatan tekanan angin 3 bar, kita menggunakan rumus persamaan 4, $V = s/t$, dimana V adalah kecepatan, s adalah jarak dan t adalah waktu. Dengan menggunakan nilai jarak (s) = 0,1 meter dan waktu (t) = 0,15 detik, diperoleh $V = 0,67 m/s$. Jadi, kecepatan gerak piston silinder 1A adalah 0,67 m/s.

Dari perhitungan kecepatan piston silinder secara matematis dan secara riil dapat diketahui waktu yang dibutuhkan piston silinder selama bekerja. Terlihat perbedaan kecepatan yang signifikan antara perhitungan matematis dan perhitungan secara riil pada kinerja piston silinder. Berikut adalah hasil perhitungan kecepatan gerak piston pada Tabel 5.

Pembuatan Prototype *Transfer Station* Barang Pada Sistem Penyortiran Otomatis Menggunakan Teknologi Elektro-Pneumatik

Tabel 5. Perhitungan Kecepatan Piston

Tekanan Kerja (bar)	Piston Silinder	Perhitungan Matematis		Perhitungan Riil	
		Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)
3	1A	1,33	0,08	0,67	0,15
	2A	1,33	0,08	0,71	0,14
	3A	1,33	0,08	0,67	0,15
4	1A	1,67	0,06	1,00	0,10
	2A	1,67	0,06	1,11	0,09
	3A	1,67	0,06	1,11	0,09
5	1A	2,00	0,05	1,25	0,08
	2A	2,00	0,05	1,25	0,08
	3A	2,00	0,05	1,11	0,09

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa perbedaan signifikan antara perhitungan matematis dan perhitungan riil untuk mengetahui kecepatan gerak piston dalam silinder pneumatik dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu faktor gesekan, kompresibilitas udara, kehilangan tekanan, efisiensi katup dan respon waktu sistem.

PENUTUP

Simpulan

Untuk membuat prototype transfer station barang pada sistem penyortiran otomatis dengan teknologi elektropneumatik, rancang sistem penyortiran dan pilih komponen utama: sensor photoelectric FESTO SOEG-L-Q30-P-A-S-2L untuk sensitivitas dan keandalan, serta silinder pneumatik DSNU-20-50-P-A untuk transfer barang. Pasang sensor di konveyor untuk mendeteksi barang dan sinyal ke sistem kontrol yang menggerakkan silinder pneumatik. Setelah pemasangan, lakukan pengujian dan kalibrasi sensor serta silinder untuk kinerja optimal. Dengan langkah-langkah ini, prototype transfer station barang dapat beroperasi efektif.

Prototype transfer station barang dengan teknologi elektropneumatik menunjukkan kinerja efisien dan andal. Sensor photoelectric FESTO SOEG-L-Q30-P-A-S-2L mendeteksi barang dengan akurasi tinggi, sementara silinder pneumatik DSNU-20-50-P-A responsif dan konsisten dalam memindahkan barang ke jalur yang tepat. Pengujian menunjukkan sensor bekerja optimal dalam berbagai kondisi, dengan deteksi cepat dan akurat, sedangkan silinder bergerak dengan efisiensi tinggi. Sistem ini meningkatkan presisi, mengurangi kesalahan manusia, dan mempercepat throughput penyortiran. Kecepatan dan keandalan komponen elektro-pneumatik menjamin proses transfer barang yang lancar, dengan kalibrasi sensor dan silinder untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, prototype transfer station barang dengan teknologi elektro-pneumatik dapat ditambahkan jenis sortir selain ketinggian barang. Kedua, evaluasi lebih lanjut terhadap silinder pneumatik diperlukan untuk mengevaluasi kecepatan gerakan, kekuatan dorongan, dan keandalannya dalam pengoperasian berulang. Ketiga, perlu dilakukan optimasi desain berdasarkan hasil pengujian terhadap ketiga komponen tersebut guna meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem penyortiran otomatis. Penelitian ini juga memberikan landasan bagi pengembangan teknologi elektro-pneumatik dalam penyortiran otomatis, sehingga kerja sama dan kolaborasi antara peneliti dan universitas penting untuk menerapkan temuan ini dalam skala lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

Arijaya, I., Made, Niki. 2019. *Rancang Bangun Alat Konveyor Untuk Sistem Soltir Barang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer), vol. 2, no. 2, pp. 126–135.

Arman, Utami, Dewi., Imani, Rafki., Sari, A dan Purba, W. 2019. *Implementasi Sistem Manajemen Mutu ISO 9001 : 2008 pada Pekerjaan Beton Bridge Conveyor (Bc), Transfer Station dan Hopper Proyek Indarung di Kota Padang*. Andalas Civil Engineering, 809–820.

Goeritno, Arif, dan Pratama, Surya. 2020. *Rancang-Bangun Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Programmable Logic Controller untuk Pengoperasian Miniatur Penyortiran Material*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 16(3), 198–206.

Khairunnas dan Risfendra. 2022. *Sistem Kontrol Otomatis Sorting Machine Benda Logam Berbasis Programmable Logic Controller*. J. Tek. Elektro Indones.

Kurniawan, Ari., Porawati, Hilda., Siti, Aminah. 2021. *Rancang Bangun Alat Peraga Sistem Pneumatik dan Pengujian Dua Silinder Kerja Ganda Bergerak Bersamaan secara Terus - Menerus*. Jurnal Inovator, 4(2), 1–5.

Malakauseya, Jacobis., Pattiasina, Nanse, Henny, ST., MT., dan Bonara, Josgianto,. 2023. *Kajian Most Dalam Operasional Praktikum Pneumatik Hidrolik Di Program Studi D-3 Teknik Mesin Polnam*. J. Simetrik, vol. 12, no. 2, pp. 597–605.

Mappa, Alimuddin., Rumalutur, Sonny., dan.

- Mambrisaw, Marco,. 2020. *Sistem Kontrol Konveyor Pemilah Logam Menggunakan Plc Omron Cp1E*. Electro Luceat, vol. 6, no. 2, pp. 282–289.
- Sanjaya, Nicolaus, Bayu. 2020. *Analisis Efisiensi Kompresor Sentrifugal Dengan Variasi Diameter Pipa Saluran Masuk*. Hasanuddin University.
- Saputra, Deri, Nopandri,. Evelina, evelina,. Sari, Dewi, Permata,. 2022. *Analisa Sensor Infrared pada Alat Sortir Otomatis Berdasarkan Tinggi dengan Sistem Kendali Software HMI Haiwell Scada Berbasis PLC Outseal*. Ijccs, vol. 16, no. x, pp. 31–35.
- Sofnivagi, M., Razi, M., Hasrin, H. 2020. *Rancang Bangun Sistem Elektro Pneumatik untuk Mesin Pencetak Biobriket*. Jurnal Mesin Sains Terapan, 4(1), 45.
- Tarigan, Agri, Denada, Br., dan Setiono Imam. 2018. *Rancang Bangun Sistem Kendali Alat Penyortir Barang Berwarna Merah Dan Hijau Dengan Sensor Tcs230 Berbasis Plc Schneider*. Gema Teknol., vol. 20, no. 1, p. 17.
- Ta'ali, Ta`ali,. Mawardi, Aswandi,. dan Yanto, Doni, Tri, Putra,. 2019. *Pelatihan PLC dan Elektropneumatik untuk Meningkatkan Kompetensi Profesional Guru SMK Bidang Ketenagalistrikan: Pendekatan Revolusi Industri 4.0*. JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional), vol. 5, no. 2, p. 88.

