



**PERANCANGAN DAN SIMULASI ELEKTRO PNEUMATIK
HOLDER MECHANISM PADA SHEET METAL SHEARING MACHINE**

**DESIGN AND SIMULATION OF ELECTRO PNEUMATIC
HOLDER MECHANISM ON SHEET METAL SHEARING MACHINE**

Ferdinand Indra Anditha¹, Tonaas Kabul Wangkok YM²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Universal
Kompleks Maha Vihara Duta Maitreya, Sungai Panas, Batam 29456

Email: ferdinand.indra@uvers.ac.id, tonaasmarentek@uvers.ac.id

ABSTRAK

Pada Industri Manufaktur proses pemotongan *Sheet Metal* sering digunakan *Shearing Machine*. Mesin tersebut melakukan pemotongan Sheet Metal sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya. Pada penelitian ini dilakukan di PT. Hastalima yang memproduksi Pintu Besi, dimana pada proses tersebut sering kali terjadi kegagalan atau cacat kualitas ukuran yang tidak sesuai dan *visual sheet metal* yang rusak karena benturan. Cacat kualitas ini diprediksi muncul karena *sheet metal* tidak terpegang dengan baik saat proses pemotongan dan setelah proses tersebut langsung jatuh ke bak penampung. Hal tersebut juga menimbulkan suara yang keras. Perancangan *Holder Mechanism* pada *Shearing Machine* yang dapat menahan *sheet metal* saat proses pemotongan dan setelah proses pemotongan sangat diperlukan untuk menjaga kualitas ukuran dan *visual sheet metal* serta menghilangkan suara yang keras karena material tidak langsung jatuh ke bak penampung. Proses awal adalah melakukan perancangan *Mechanical Design*, dimana dilakukan pemilihan material dan *part-part* yang akan digunakan yang sesuai dengan kebutuhan. Proses selanjutnya adalah simulasi hasil rancangan dengan Elektro Pneumatik menggunakan *Software* Simulasi untuk menentukan mekanisme gerakan hasil rancangan. Dari proses verifikasi maka hasil rancangan dan simulasi yang didapatkan dari penelitian ini bahwa mekanisme tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan.

Kata kunci : *Sheet Metal, Shearing Machine, Holder Mechanism, Elektro Pneumatik.*

ABSTRACT

In Manufacturing Industry Sheet Metal cutting process often used Shearing Machine. The machine cuts the Sheet Metal according to the size required for the next process. Observations made at PT. Hastalima that produces Steel Doors, where in the process there is often a failure or defect of inappropriate size and visual sheet metal damaged by impact. This quality defect predicted to appear because the sheet metal is not properly held during the cutting process and after the process has fallen directly into the container tub. It also makes a loud noise. Holder Mechanism Design on Shearing Machine that can withstand sheet metal during cutting process and after cutting process is necessary to maintain the size and visual quality of sheet metal and eliminate the loud noise because the material does not directly fall into the container. The initial process is to design the Mechanical Design, where the selection of materials and parts that will be used in accordance with the needs. The next process is to simulate the design with Electro Pneumatic using Simulation Software to determine the mechanism of motion of the design. From the verification process, the design and simulation results obtained from this research that the mechanism is in accordance with the needs.

Keywords: *Sheet Metal, Shearing Machine, Holder Mechanism, Electro Pneumatic.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hasil produksi yang memiliki kualitas baik sudah menjadi keharusan pada industri manufaktur. Setiap proses pada rangkaian proses pembuatan suatu produk dituntut untuk menghasilkan material *work in process* yang mempunyai kualitas baik.

Pada Industri *Sheet Metal Forming*, dimana material yang diproses adalah plat-plat dari logam, contohnya adalah material untuk pembuatan Pintu Besi sesuai standard JIS G3131 adalah SPCC untuk Daun Pintu dan SPHC untuk *Frame*. Ketebalan material plat tersebut yang digunakan antara 1.2 mm sampai dengan 1.6 mm.

Proses awal pada pembuatan Pintu Besi adalah proses pemotongan material. Pada proses ini material dipotong sesuai dengan ukuran yang ditentukan menggunakan *Shearing Machine*. Hasil pemotongan ini akan diteruskan untuk proses-proses selanjutnya. Kualitas hasil pemotongan akan sangat berpengaruh pada proses selanjutnya, karena pada proses selanjutnya seringkali digunakan *jig* atau *fixture* yang sudah disesuaikan dengan ukuran material yang akan diproses. Jika ukuran material tidak sesuai maka proses selanjutnya tidak dapat dilakukan dengan baik. Selain ukuran material, secara *visual* plat hasil dari proses pemotongan juga tidak boleh terdapat rusak karena benturan yang akan menjadi hambatan pada proses selanjutnya dan secara estetika juga kurang baik di hasil akhir.

Beberapa penelitian terdahulu tentang perancangan simulasi yang pernah dilakukan dijadikan referensi pada penelitian ini antara lain “Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis” (Antoni & St, 2009) dan “*FluidSim Programmable Logic Controller Modulle* untuk Rancangan Mesin Pres Hidraulik Botol Plastik” (Jonoadji, Siahaan, Siwalankerto, & Indonesia, 2013).

Berdasarkan uraian singkat diatas, maka penulis melakukan penelitian ini dengan judul “Perancangan dan Simulasi Elektro Pneumatik *Holder Mechanism* pada *Sheet Metal Shearing Machine*.”

Perumusan Masalah

Pada pembahasan penelitian ini, penulis merumuskan beberapa masalah sebagai acuan proses penelitian. Adapun beberapa masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana menentukan bentuk dan mekanisme hasil rancangan.
2. Material dan komponen apa saja yang diperlukan untuk hasil rancangan.
3. Bagaimana pembuatan diagram rangkaian Elektro Pneumatik untuk mekanisme hasil rancangan.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian “Perancangan dan Simulasi Elektro Pneumatik *Holder Mechanism* pada *Sheet Metal Shearing Machine*” ini adalah sebagai acuan dalam *process improvement* pada proses pemotongan sehingga memiliki manfaat dapat menjaga kualitas ukuran dan *visual* material *sheet metal*.

LANDASAN TEORI

Sheet Metal Shearing Machine

Proses pemotongan sheet metal menggunakan *Shearing Machine*. Prinsip kerja dari mesin ini adalah memotong material dengan menggunakan pisau potong yang digerakkan secara mekanik baik secara manual ataupun menggunakan tenaga hidraulik.

Proses pemotongan dengan *Shearing Machine* adalah material plat diletakkan di atas meja, kemudian ukuran plat yang akan dipotong diatur dengan memperhatikan ukuran yang ada pada meja. Plat diletakkan di antara pisau bawah yang tetap dan pisau atas yang bergerak

turun. Sebelum pisau atas turun menggantung plat, maka *stopper* penahan terlebih dahulu turun untuk menahan plat yang akan dipotong. *Stopper* ini berfungsi untuk menahan plat agar tidak terjadi gaya balik saat proses pemotongan.



Gambar 1. *Shearing Machine Amerfab.*

Pada penelitian ini *Shearing Machine* yang diamati adalah merk *Amerfab* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tenaga Hidraulik
- *Max material length*: 3050 mm
- *Max material thickness*: 2 mm
- *Min Clearance*: 0.08 mm

Teknik Otomatisasi

Otomatisasi suatu alat atau mesin diperoleh oleh suatu masukan (*input*) kemudian melalui suatu proses didapat keluaran (*output*). Otomatisasi adalah perubahan pergerakan atau pelayanan dengan tangan menjadi pelayanan otomatis pada penggerakan. Gerakan tersebut dilakukan berturut-turut oleh tenaga asing tanpa perantaraan tenaga manusia (Antoni & St, 2009).

Pada penelitian ini penanganan material setelah proses pemotongan dengan tenaga manusia akan dirubah tanpa perlunya tenaga manusia.

Sistem Pneumatik

Sistem Pneumatik adalah suatu sistem yang menggunakan media udara bertekanan untuk melakukan fungsi-fungsi gerakan. Udara yang

dimampatkan memiliki tekanan sehingga dapat menghasilkan gaya dengan asumsi aliran fluida *laminar* dapat dinyatakan pada persamaan berikut (Antoni & St, 2009):

$$F = P \times A \quad (01)$$

Dimana,

F = Gaya (N)

P = Tekanan (N/m²)

A = Luas penampang (m²)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (02)$$

Untuk silinder pneumatic langkah ganda, dari substitusi kedua persamaan di atas :

Langkah maju :

$$F = D^2 \frac{\pi}{4} P \quad (03)$$

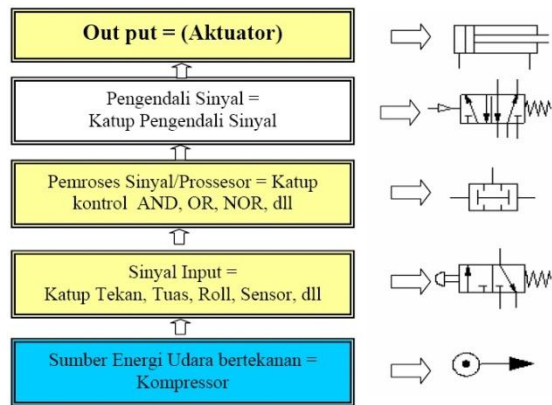
Langkah mundur :

$$F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} P \quad (04)$$

Diagram aliran harus digambar dengan tata cara yang benar karena hal ini akan memudahkan seseorang untuk membaca rangkaian dan merangkai sistem tersebut. Pada Pneumatik terdapat simbol-simbol untuk memudahkan dalam identifikasi komponen-komponen yang diperlukan. Setiap komponen mempunyai simbol yang berbeda (Croser et al., n.d.).

Secara umum sistem Pneumatik dapat diklasifikasikan sesuai dengan fungsinya (Gambar 2). Dapat dilihat bahwa klasifikasi terbagi menjadi 5 bagian, yaitu sumber energi udara bertekanan, sinyal *input*, sinyal *processor*, pengontrol sinyal, dan *output* (aktuator).

Sumber energi udara bertekanan adalah kompresor udara, dimana udara dimampatkan dan disimpan pada tabung penampung atau *pressure tank*.



Gambar 2. Klasifikasi Pneumatik (Croser et al., n.d.).

Sinyal input adalah dapat berupa katup tekan (*push button*), atau katup tuas dan *roll*. Sensor juga dapat merupakan sinyal *input*. Sinyal input ini yang akan memberikan data kepada pemroses sinyal.

Pemroses sinyal dapat merupakan katup kontrol yang berupa katup logika. Logika tersebut antara lain AND, OR, NOR, dan seterusnya. Pengendali sinyal berupa katup pengendalian akhir yang akan mengendalikan gerakan dari Aktuator pada *output*. Aktuator adalah *output* yang ingin dihasilkan, *output* ini bisa berupa gerakan. Contoh aktuator adalah silinder Pneumatik.

Sistem Elektro Pneumatik

Sistem Elektro Pneumatik adalah sistem yang menggunakan gabungan komponen pneumatik dan elektrik. Penggunaan ini didasarkan pada kebutuhan atau bertujuan untuk optimalisasi sistem.

Perbedaan dengan sistem pneumatik adalah pada sistem elektro pneumatik pada bagian sinyal *input*, pemroses sinyal dan pengendali sinyal digunakan komponen elektronika atau komponen kombinasi antara pneumatik dan elektronik. Sebagai contoh adalah katup dengan aktuasi *solenoid (solenoid valve)*.

Penggunaan *relay* akan terlihat jelas pada sistem ini. Sekaligus sistem elektro pneumatik ini dapat langsung di koneksi dengan sistem

yang sudah ada pada mesin atau alat yang akan dimodifikasi.

Software Simulasi

Simulasi rangkaian otomatis sangat dibutuhkan pada tahap perancangan sistem. Hasil dari rangkaian komponen yang akan digunakan akan terlihat dari hasil simulasi ini. Apakah rangkaian sudah sesuai dengan yang diharapkan atau masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki.

Perangkat lunak (*software*) sering digunakan untuk simulasi sistem otomatis, dimana sistem ini memiliki antar muka yang sangat memadai untuk digunakan oleh penggunanya.

Setelah rangkaian sistem selesai digambar, kemudian dapat dilakukan proses simulasi. Pengguna dapat melihat kinerja rangkaian sistem yang telah dibuat secara *real time* dan dapat di *set* secara *step by step*. Bila terdapat kekurangan, maka rangkaian dapat segera diperbaiki kembali.

METODOLOGI PENELITIAN

Definisi dan Batasan Masalah

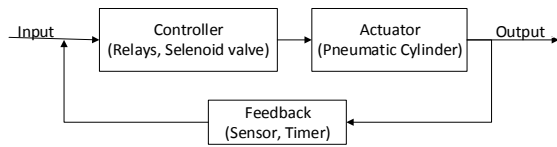
Untuk mengatasi permasalahan kualitas pada *Shearing Machine* maka perlu dilakukan perancangan suatu *Holder Mechanism* yang dikontrol dengan menggunakan elektro pneumatik. Dengan adanya *Holder Mechanism* ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang sering terjadi pada proses pemotongan.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah hasil rancangan hanya dapat di aplikasikan pada satu jenis *Shearing Machine* saja yang sesuai spesifikasi di atas, karena ukuran dimensi setiap mesin berbeda.

Pemodelan Sistem

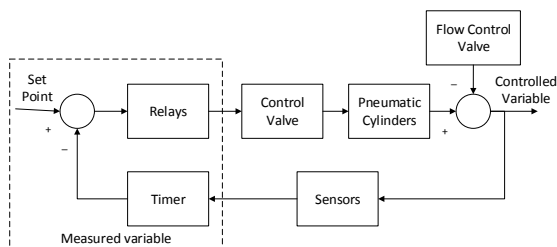
Pemodelan sistem rangkaian akan dibangun dengan menggunakan komponen elektro pneumatik. Penggunaan diagram blok pada pemodelan sistem untuk memudahkan dalam perancangan (B. M. Wilamowski). Secara

umum diagram blok perancangan sistem ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Blok *Closed Loop*.

Sistem yang dibangun adalah sistem *closed loop* dimana terdapat *feedback* berupa sinyal dari *sensor* dan *timer*. Kecepatan pergerakan silinder pneumatik juga dapat diatur oleh *flow control valve*.



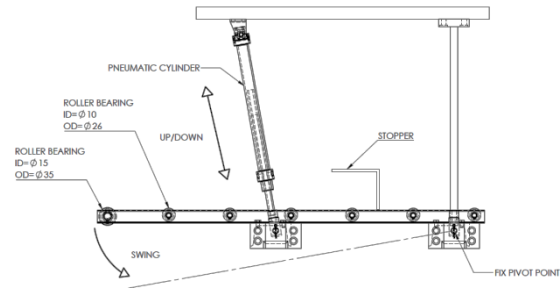
Gambar 4. Diagram Kontrol Sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Hasil Rancangan

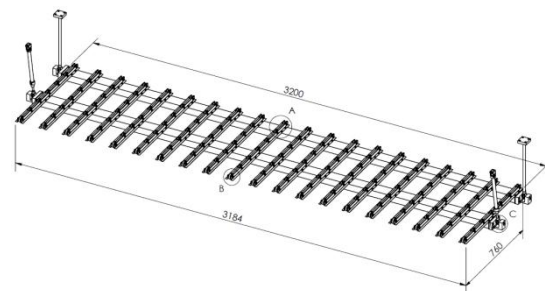
Hasil rancangan berbentuk meja yang dapat bergerak secara otomatis naik dan turun serta dapat bergerak *pivot* pada salah satu titik penguncinya mengikuti urutan (*sequence*) dari proses pemotongan.

Meja terdiri dari barisan *bearing* sebagai landasan bantalan agar material proses dapat meluncur dengan baik menuju bak penampung. Silinder Pneumatik digunakan sebagai penggerak *pivot* meja tersebut untuk menurunkan material hasil pemotongan ke bak penampung dengan baik.



Gambar 5. Pandangan Samping Hasil Rancangan.

Gerakan *sequence* meja diawali dari mengikuti gerakan pisau turun memotong material plat, kemudian meja akan bergerak *pivot* yang digerakkan oleh silinder pneumatik di kedua sisi meja untuk menjatuhkan secara meluncur (*sliding*) material ke bak penampung.



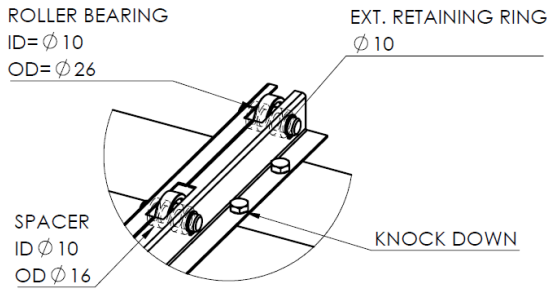
Gambar 6. *Isometric* Hasil Rancangan.

Penggunaan *bearing* sebagai landasan luncur agar material plat dapat diarahkan dengan baik menuju bak penampung. *Bearing* yang digunakan adalah tipe *Roller Bearing* dengan ukuran dimensi ID 10 mm dan OD 26 mm (Gambar 8) disusun hampir pada seluruh permukaan meja sebanyak 120 buah. Sedangkan untuk bagian ujung digunakan tipe *Roller Bearing* dengan ID 15 mm dan OD 35 mm (Gambar 9) sebanyak 20 buah.

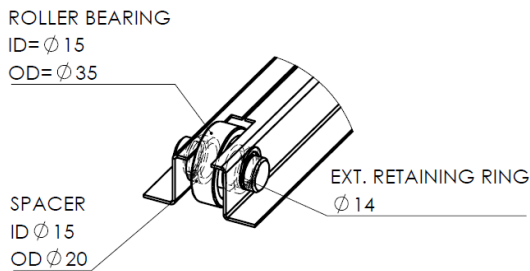
Silinder pneumatik sebagai Aktuator digunakan tipe *Double Acting Silinder* dengan diameter 25 mm dan panjang langkah (*stroke*) adalah 150 mm.



Gambar 7. Silinder Pneumatik (Festo).



Gambar 8. Rancangan Posisi Bearing A.



Gambar 9. Rancangan Posisi Bearing B.

Pada sistem kontrol digunakan katup kontrol arah dengan spesifikasi jenis *5/2-way solenoid actuated with spring return*.



Gambar 10. *Solenoid Valve* (Festo).

Pengatur kecepatan pergerakan silinder penumatik digunakan katup pengatur aliran udara tekan yaitu *one-way flow control valve*.

Posisi udara tekan yang diatur adalah posisi *out* pada setiap langkah maju atau mundur.



Gambar 11. *Flow Control Valve* (Festo).

Penggunaan *sensor* pada hasil rancangan adalah untuk mendeteksi posisi langkah akhir dari silinder pneumatik. *Sensor* yang digunakan adalah *proximity sensor*.



Gambar 12. *Proximity Sensor* (Festo).

Perhitungan Gaya Silinder Pneumatik

Pada silinder pneumatik akan dihitung berapa besar gaya yang dapat dihasilkan. Pemilihan silinder dengan spesifikasi sebagai berikut :Jenis *Double Acting Cylinder* dengan diameter 25 mm dan batang rod diameter 8 mm. Tekanan kerja diatur sebesar 6 bar. Maka,

$$P = 6 \text{ bar} = 0.6 \text{ N/mm}^2$$

Langkah maju :

$$F = D^2 \frac{\pi}{4} P$$

$$F = 25^2 \frac{3.14}{4} 0.6$$

$$F = 294.375 \text{ N}$$

Langkah mundur :

$$F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} P$$

$$F = (25^2 - 8^2) \frac{3.14}{4} 0.6$$

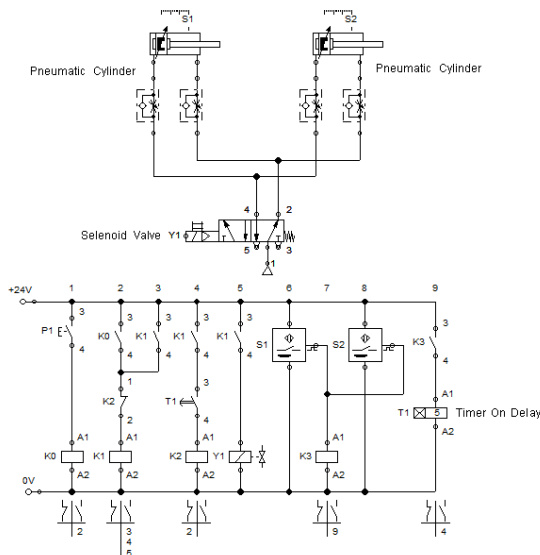
$$F = 264.232 N$$

Dari perhitungan di atas, maka hasil rancangan memiliki batas maksimal gaya yang ditopang pada kedua sisi adalah dua kali dari gaya saat langkah mundur sebesar 528.464 N.

Rangkaian Hasil Rancangan

Rangkaian Elektro Pneumatik digunakan *software* simulasi. Pada rancangan ini dibutuhkan komponen-komponen elektronika tambahan yaitu *relay* untuk menghasilkan fungsi logika. Pada rangkaian ini digunakan tambahan 4 komponen *relay*. Berikut rangkaian hasil rancangan dari komponen-komponen yang dibutuhkan.

Pada rangkaian ini terlihat ada 2 bagian yang terpisahkan antara bagian atas dan bawah. Pada rangkaian bagian atas adalah rangkaian komponen pneumatik, dimana garis yang menghubungkan antar komponen adalah garis aliran energi udara tekan. Sedangkan pada bagian bawah adalah rangkaian elektronik, dimana garis yang menghubungkan antar komponen adalah arus elektrik.



Gambar 13. Rangkaian Hasil Rancangan.

Pada gambar terlihat simbol-simbol dan terdapat *label*. Berikut *label* yang digunakan pada rangkaian hasil rancangan ini :

P1 : Push Buttom pada *Shearing Machine*.

K0, K1, K2 dan K3 : *Switching Relay*.

Y1 : *Solenoid valve*.

S1 dan S2 : *Proximity Sensor*.

T1 : *Timer On Delay*.

Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah sebagai berikut :

Step 1 : **P1** akan memberikan sinyal ke **K0** aktif.

Step 2 : **K0** aktif maka akan men-trigger**K1** aktif.

Step 3 : **K1** aktif akan men-trigger**Y1** aktif.

Step 4 : **S1 dan S2** aktif men-trigger**K3** aktif.

Step 5 : **K3** aktif men-trigger**T1** aktif.

Step 6 : **T1** aktif menonaktifkan **Y1**.

Ketika Y1 diaktifkan maka *solenoid valve* akan aktif dan mengalirkan udara tekan ke pneumatik silinder. Kedua silinder tersebut akan bergerak maju sampai maksimal langkah (*stroke*). Pada posisi langkah maksimal, akan mengaktifkan *sensor proximity* untuk dapat men-trigger *timer* untuk mulai menghitung. *Setting timer* ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan, seperti untuk material plat yang lebar maka diperlukan *delay* yang lebih lama.

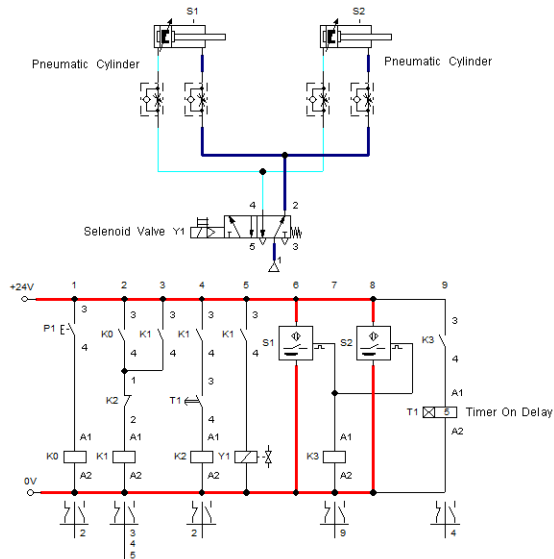
Gerakan silinder pneumatik juga dapat diatur kecepatannya menggunakan *flow control valve*, sehingga tidak bergerak secara mendadak atau tiba-tiba secara cepat.

Simulasi Hasil Rancangan

Rangkaian hasil rancangan disimulasikan dengan menggunakan *setting timer* untuk menentukan waktu *delay* dan *setting flow control valve* untuk menentukan kecepatan silinder pneumatik. Pada simulasi akan terlihat pada garis yang menghubungkan antar

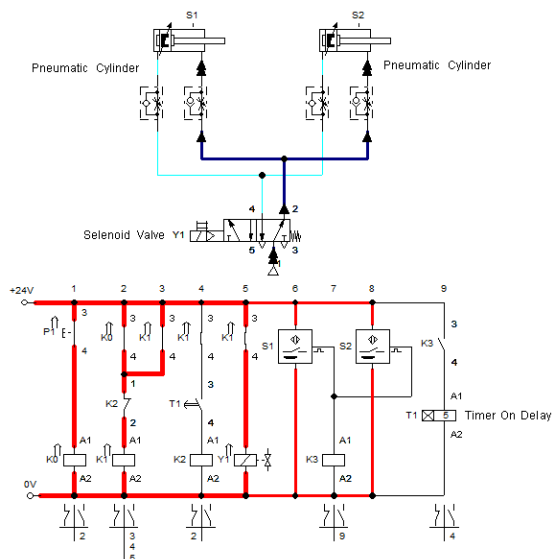
komponen bila terdapat sinyal akan terlihat penebalan garis tersebut. Pada *software*, garis biru adalah aliran udara tekan dan garis merah adalah arus elektrik.

Pada posisi *standby*, udara tekan memberikan tekanan kepada daerah sisi kanan dari silinder pneumatik sehingga posisi silinder pada langkah minimum. Sedangkan pada rangkaian elektrik hanya *sensor proximity* saja yang mempunyai tegangan.



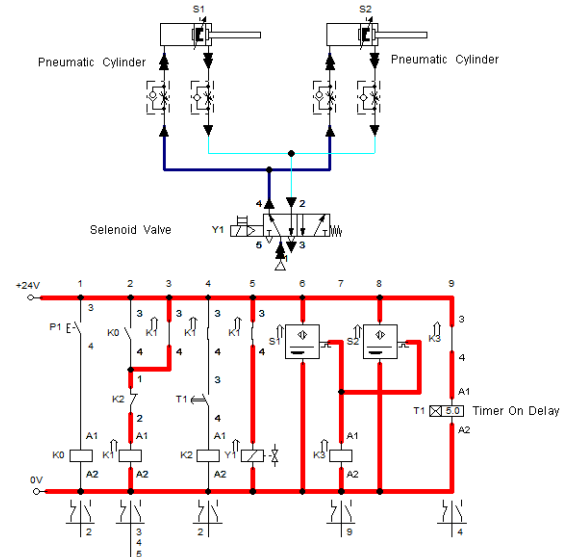
Gambar 14. Posisi *Standby*.

Posisi selanjutnya adalah ketika *push button* ditekan maka *relay* K0 dan K1 serta *solenoid* Y1 akan terhubung, posisi ini sesaat sebelum silinder pneumatik bergerak maju.



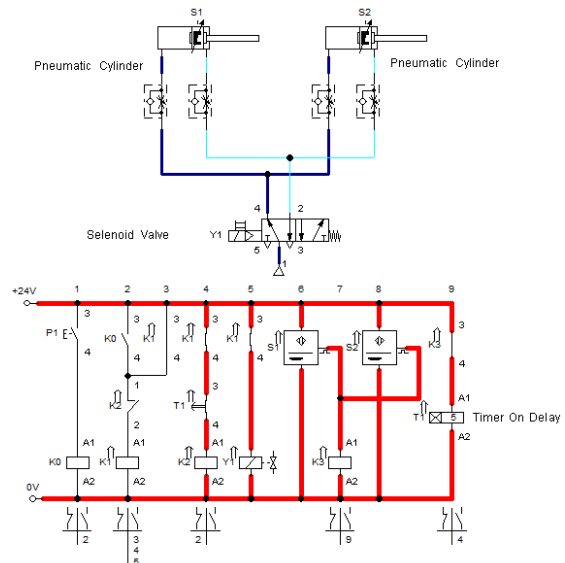
Gambar 15. Posisi Sebelum Langkah Maju.

Ketika Y1 aktif maka *solenoid valve* akan aktif dan mengalirkan udara tekan ke bagian kiri dari silinder pneumatik. Hal ini akan membuat silinder pneumatik bergerak maju.

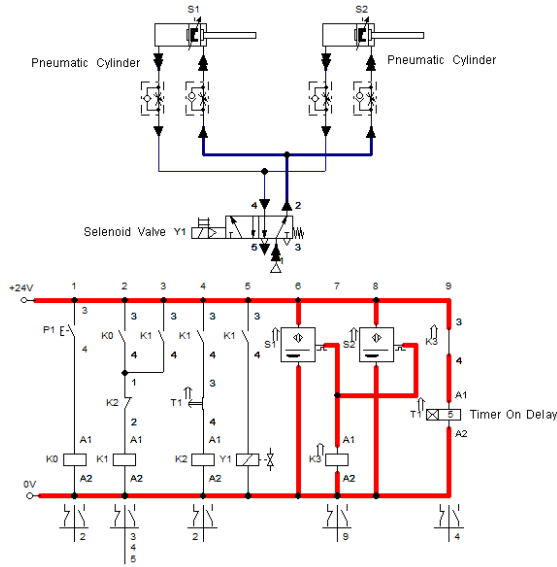


Gambar 16. Posisi Langkah Silinder Bergerak.

Posisi silinder pneumatik sudah mencapai posisi maksimum akan mengaktifkan *sensor proximity*, sehingga *timer* akan langsung aktif mulai melakukan perhitungan mundur. Dan ketika selesai perhitungan mundur, maka *timer* akan mengaktifkan *relay* K2 dan memutuskan hubungan ke *relay* K1.



Gambar 17. Posisi *Timer* Aktif.



Gambar 18. Posisi Sesaat Sebelum Langkah Mundur.

Ketika *relay* K1 tidak aktif maka hubungan ke *solenoid* Y1 pun akan terputus dan membuat *solenoid valve* akan kembali ke posisi awal sehingga udara tekan diarahkan menuju bagian kanan dari silinder pneumatik. Silinder pneumatik akan bergerak mundur kembali ke posisi awal (*Standby*).

Verifikasi Sistem

Rangkaian hasil rancangan di simulasi kan dan dilakukan verifikasi untuk perubahan kecepatan silinder pneumatik dan *timer on delay*. Jika rangkaian dapat bekerja dengan baik, maka status **OK**, jika tidak berkerja dengan baik, maka status **TIDAK OK**.

Tabel 1.Hasil Verifikasi *Flow Control Valve*.

Setting Opening (%)	Status
10	OK
20	OK
30	OK
40	OK
50	OK

Tabel 2. Verifikasi *Timer On Delay*.

Setting Time (second)	Status
5	OK
10	OK
15	OK
20	OK
25	OK

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Holder Mechanism* hasil rancangan sudah sesuai dengan kebutuhan untuk menahan material plat setelah proses pemotongan dimana ukuran, bentuk dan komponen-komponen yang digunakan sudah tepat. Gaya maksimum yang dapat digerakkan oleh silinder pneumatik adalah 528.464 N.
2. Dari hasil verifikasi perubahan kecepatan silinder pneumatik dan *timer on delay*, didapatkan simulasi rangkaian elektro pneumatik hasil rancangan dapat berfungsi dengan baik untuk menggerakkan mekanisme hasil rancangan.

Saran

Dari penelitian ini didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Penelitian ini hanya terbatas pada perancangan dan simulasi, perlu adanya penelitian selanjutnya untuk membangun mekanisme secara fisik agar dapat terlihat pada aplikasinya.
2. Perlu penelitan lanjutan untuk optimalisasi penentuan kecepatan langkah silinder pneumatik.
3. Perlu penelitian lanjutan untuk optimalisasi *on time delay* pada *timer* agar

didapatkan daftar nilai standar untuk setiap ukuran material plat.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, A., & St, A. (2009). Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 18(3), 21–28.
- B. M. Wilamowski, *The Industrial Electronics handbook: Control and Mechatronics*. CRC Press, 2011.
- Croser, P., Ebel, F., & Level, B. (n.d.). *Pneumatics*.
- Jonoadji, N., Siahaan, I. H., Siwalankerto, J., & Indonesia, S. (2013). FluidSIM Programmable Logic Controller Modul untuk Rancangan Mesin Press Hidraulik Botol Plastik.