

PERANCANGAN SIMULASI SISTEM PERGERAKAN DENGAN PENGONTROLAN PNEUMATIK UNTUK MESIN PENGAMPLAS KAYU OTOMATIS

Al Antoni Akhmad ST, MT

Jurusan Teknik Mesin -Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Kec. Inderalaya 30662 -OI
E-Mail : alantoni78@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam bidang industri salah satu terpenting dalam perusahaan adalah alat-alat produksi karena tanpa salah satu bagian tersebut proses produksi tidak akan berfungsi dan tujuan perusahaan mustahil untuk tercapai. Industri yang berbasis produksi pasti memerlukan alat dan mesin untuk menunjang proses produksi, salah satunya adalah mesin pengamplas dengan menggunakan sistem pneumatik. Maka timbul suatu permasalahan bagaimana menganalisa pergerakan udara yang bergerak pada tiap katup-katup pneumatik menuju silinder yang akan menggerakkan balok pengamplasan, pendesainan, kinerja mesin pengampelas kayu berbasis pneumatik sebagai media pembelajaran.

Pengujian simulasi dilakukan menggunakan metode: dengan menggunakan simulasi software FluidSim-Pneumatik dan pengujian secara langsung lewat Festo Didactic kit di laboratorium CNC-CAD/CAM, dan hasilnya menunjukkan bagaimana aliran udara yang bekerja pada tiap katup-katup pneumatik yang di gunakan untuk menggerakkan silinder kerja ganda yang berfungsi sebagai penggerak balok pengamplas. .

Proses selanjutnya adalah menentukan jenis silinder dengan diameter berapa agar dapat menggerakkan balok pengamplasan secara linier (maju-mundur), untuk itu perlu diperhitungkan dulu gaya-gaya (F) yang bekerja pada balok pengamplas. Balok pengamplas dan tekanan (P) berapa yang akan digunakan 5- 8 bar (standar Pneumatik). Sesudah itu menentukan kebutuhan udara mampat (Q) . .

Keyword : *Software simulasi FluidSim-Pneumatik, Festo Didactic kit, ukuran silinder*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin maju dan berkembang saat ini menuntut cara berfikir manusia yang semakin maju dan berkembang pula. Tidaklah mungkin jika kemajuan zaman tidak diikuti oleh perkembangan pola pikir manusia karena semuanya harus saling mendukung. Seiring dengan kemajuan itu bisa di lihat saat ini telah banyak kemajuan dibidang industri, baik itu industri bermodal besar maupun industri bermodal kecil. Dalam bidang industri salah satu komponen terpenting dalam perusahaan adalah alat-alat produksi karena tanpa salah satu bagian tersebut proses produksi tidak akan berfungsi dan tujuan perusahaan mustahil untuk tercapai.

Industri yang berbasis produksi pasti memerlukan alat dan mesin untuk menunjang proses produksi, salah satunya adalah mesin pengamplas dengan

menggunakan sistem pneumatik.

Peralatan sistem pneuamatik ini cukup sederhana, dan operatornya memperoleh keamanan dan keselamatan kerja yang lebih terjamin.. Pengaplikasian sistem pneumatik ini banyak di jumpai hampir pada seluruh sektor-sektor industri, seperti pada bidang otomotif, bidang pemesinan, bidang perkapalan dan khususnya pada bidang-bidang kontruksi lainnya yang membutuhkan gerakan linier maupun rotasi. Berpedoman dari kenyataan diatas maka penulis ingin menganalisa serta membuktikan dengan membuat simulasi sistem pneumatik trainer untuk mengetahui sebagaimana besar pengaruh komponen-komponen yang terpasang pada sistem pneumatik.

Berdasarkan uraian singkat diatas maka penulis membuat tulisan dengan judul “Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan dengan Pengontrolan Pneumatik untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis”.

1.2. Perumusan Masalah

Untuk mempermudah pembahasan dalam tulisan ini maka penulis merumuskan beberapa rumusan masalah sebagai acuan pembuatan tulisan ini. Adapun beberapa rumusan tersebut antara lain :

1. Bagaimana membuat diagram rangkaian pada *software FluidSim-Pneumatik* dan bagaimana menentukan pergerakan arah aliran udara pada katup-katup pneumatik ?
2. Bagaimana menentukan jenis diameter silinder yang akan digunakan dalam proses pengamplasan ?
3. Komponen apa saja yang digunakan untuk proses simulasi ?

1.3. Tujuan Dan Manfaat Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan “Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan dengan Pengontrolan Pneumatik untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis” ini adalah untuk mengetahui besaran gaya yang terjadi pada dudukan balok pengamplasan sehingga dapat dipilih jenis diameter silinder yang akan digunakan untuk proses pengamplasan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Teknik Otomatisasi

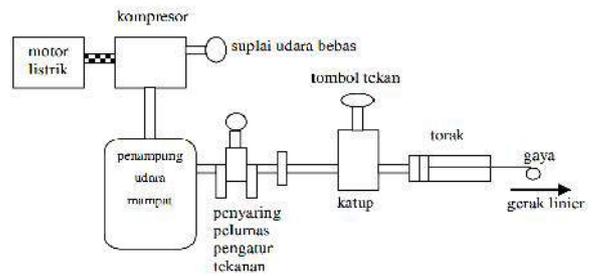
Otomatisasi suatu alat atau mesin diperoleh dari suatu masukan (input) kemudian melalui suatu proses didapat suatu keluaran (output) yang berbeda yang lebih baik dan lebih menguntungkan.

Otomatisasi adalah suatu perubahan input menjadi output yang lebih baik. Proses perubahan input menjadi output ini menggunakan teknik kontrol, sehingga untuk mendapatkan sistem kontrol yang otomatis maka digunakan sistem kontrol yang otomatis juga.

Otomatisasi adalah mengubah pergerakan atau pelayanan dengan tangan menjadi pelayanan otomatis pada pergerakan dan gerakan tersebut berturut - turut dilaksanakan oleh tenaga asing (tanpa perantara tenaga manusia).

2.2 Pengertian Pneumatik

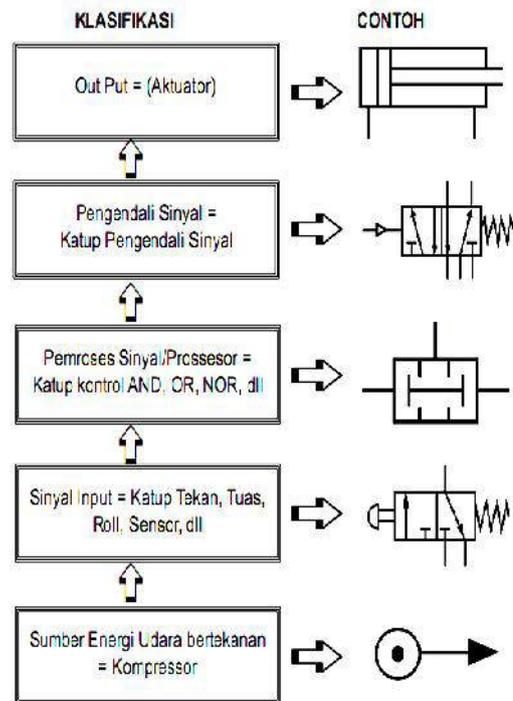
Pneumatik adalah ilmu yang mempelajari gerakan atau perpindahan udara dan gejala atau fenomena udara. Dengan kata lain pneumatik berarti mempelajari tentang gerakan angin (udara) yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga dan kecepatan.



Gambar 2.1 Sistem Pneumatik Sederhana

2.3 Diagram Alir

Diagram Rangkaian harus digambar dengan tata cara penggambaran yang benar. Karena hal ini akan memudahkan seseorang untuk membaca rangkaian, sehingga mempermudah pada saat merangkai atau mencari kesalahan sistem pneumatik.



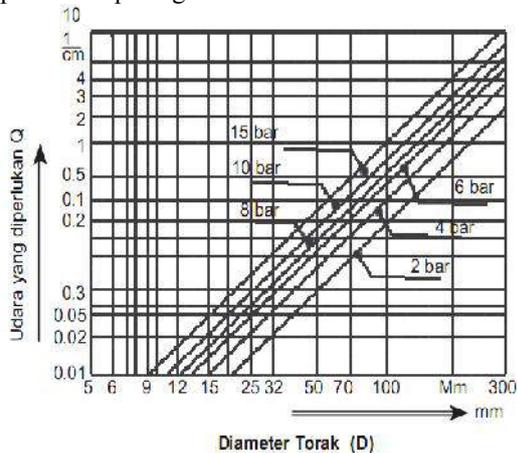
Gambar 2.2 Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (FESTO FluidSIM)

2.4 Efektifitas Pneumatik

Sistem gerak dalam pneumatik memiliki optimalisasi/efektifitas bila digunakan pada batas-batas tertentu. Adapun batas-batas ukuran yang dapat menimbulkan optimalisasi penggunaan pneumatik antara lain: diameter piston antara 6 s/d 320 mm, panjang langkah 1 s/d 2.000 mm, tenaga yang diperlukan 2 s/d 15 bar, untuk keperluan pendidikan

biasanya berkisar antara 4 sampai dengan 8 bar, dapat juga bekerja pada tekanan udara di bawah 1 atmosfer .

Misalnya untuk keperluan mengangkat plat baja dan sejenisnya melalui katup karet hisap flexibel. Adapun efektifitas penggunaan udara bertekanan dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 2.3 Efektifitas udara bertekanan (Werner Rohrer,1990)

2.5 Konstruksi Pneumatik

Secara umum komponen-komponen konstruksi pneumatik dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu :

- A. Unit tenaga,
- B. Unit pengatur dan
- C. Unit penggerak.

A. Unit Tenaga (Power Pack)

Unit ini berfungsi untuk membangkitkan tenaga fluida yaitu berupa aliran udara mampat. Unit tenaga ini terdiri atas kompresor yang digerakkan oleh motor listrik atau motor bakar, tangki udara (receiver) dan kelengkapannya, serta unit pelayanan udara yang terdiri atas filter udara, regulator pengatur tekanan dan lubricator.

Kompresor yang digunakan dalam pembuatan penelitian ini adalah kompresor piston dengan silinder tunggal dengan penggerak motor listrik. Kompresor ini berfungsi untuk membangkitkan udara mampat, gambar dan spesifikasi data kompresor yang digunakan adalah:

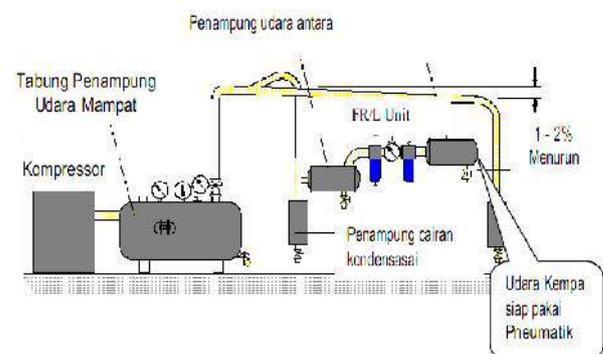


Gambar 2.4 Kompresor yang digunakan

Tabel 2.1 Spesifikasi kompresor dengan merk Panther

Alat Penggerak Kompresor:	Type : JY1A – 4 Power: 0.5 HP . 1420 rpm cont class E 110V/ 220V . 8,4 /24 Hz
Motor Listrik (Single Phase)	Model : BC-51 Power : 0.18 Kw = 0.25 Hp Displacement: 58 L/min W. Pressure: 0.6 Mpa
Kompresor	Kapasitas : 40 L Test P : 16 bar Max P : 12 Bar

Udara bertekanan untuk penggunaan pneumatik harus dapat memadai dan memiliki kualitas yang baik. Udara dimampatkan kira-kira menjadi 1/7 dari volume udara bebas oleh kompresor dan disalurkan melalui suatu sistem pendistribusian udara. Untuk menjaga kualitas udara yang diterima, peralatan untuk pemeliharaan udara (sevis unit) harus digunakan untuk mempersiapkan udara sebelum digunakan kedalam sistem kontrol pneumatik.



Gambar 2.5 Sistem pengadaan udara bertekanan (Gottfried Nist, 1994)

B. Unit Pengatur

Unit pengatur merupakan bagian pokok yang menjadikan sistem pneumatik termasuk sistem otomasi. Karena dengan unit pengatur ini hasil kerja dari sistem pneumatik dapat diatur secara otomatis baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya. Dengan unit pengatur ini sistem pneumatik dapat didesain untuk berbagai tujuan otomatis dalam suatu mesin industri.

Fungsi dari unit pengatur ini adalah untuk mengatur atau mengendalikan jalannya penerusan tenaga fluida hingga menghasilkan bentuk kerja (usaha) yang berupa tenaga mekanik. Unit pengatur ini berupa katup kontrol arah. Jenis-jenis katup kontrol arah antara lain:

1. Katup 3/2 Geser Dengan Tangan (*Hand Slide Valve*)
2. Katup 3/2 dengan tuas roller
3. Katup kontrol 5/2
4. Katup ganti/ katup "Atau".
5. Katup kontrol aliran satu arah

C. Unit Penggerak (*actuator*)

Unit ini berfungsi untuk mewujudkan hasil transfer daya dari tenaga fluida, berupa gerakan lurus atau gerakan putar. Penggerak yang menghasilkan gerakan lurus adalah silinder penggerak, sedangkan yang menghasilkan gerakan putar adalah motor pneumatik.



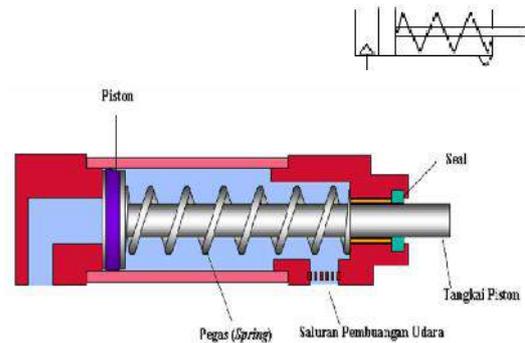
Gambar.2.17 Macam-macam *Actuator*

1. Silinder Pneumatik

Dalam sistem pneumatik, silinder penggerak dibedakan menjadi:

a. Silinder Kerja Tunggal

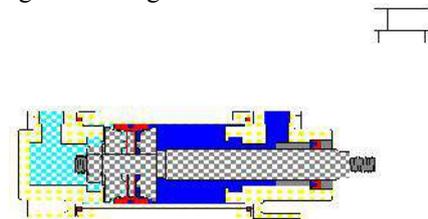
Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan keposisi semula biasanya digunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal.



Gambar.2.17 Jenis *Single acting cylinder* dan simbol

b. Silinder Kerja Ganda

Silinder kerja ganda adalah apabila langkah kerja terjadi pada kedua belah sisi piston, jadi udara mampat mendorong pada sisi depan maupun sisi belakang secara bergantian.



Gambar.2.21 *Double acting cylinder* dan simbolnya

2. Gaya Piston

Gaya piston yang dihasilkan oleh silinder bergantung pada tekanan udara, diameter silinder dan tahanan gesekan dari komponen perapat. Gaya piston secara teoritis dihitung menurut rumus berikut:

$$F = A \cdot P$$

$$\text{Dimana : } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Untuk silinder kerja tunggal :

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

Untuk silinder kerja ganda :

$$\text{Langkah maju} \quad F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P$$

$$\text{Langkah mundur} \quad F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P$$

Keterangan :

F = Gaya Piston (N)

f = Gaya Pegas (N)

D = Diameter piston (m)

d = Diameter batang piston (m)

A = Luas penampang piston yang dipasang (m²)

P = Tekanan kerja (Pa)

3. Kebutuhan Udara

Untuk menyiapkan udara dan untuk mengetahui biaya pengadaan energi, terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu, konsumsi udara dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan udara = Perbandingan kompresi x Luas penampang piston x Panjang langkah

$$\text{Perbandingan Kompresi} = \frac{1,031 + \text{tekanankerja (bar)}}{1,031}$$

k mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara, tabel di bawah ini menunjukkan kebutuhan udara persentimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder.

Silinder kerja tunggal : $Q = s \cdot n \cdot q$ Silinder kerja Ganda : $Q = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q)$

Keterangan :

- Q = kebutuhan udara silinder (l/min)
- q = kebutuhan udara persentimeter langkah piston
- s = panjang langkah piston (cm)
- n = jumlah siklus kerja per menit

2.6. Aliran Fluida

Aliran fluida untuk hidrolika dan pneumatika pada kecepatan rendah pada dinding-dinding pipa dan aliran yang paling tinggi dipusat pipa. Ini dikenal dengan aliran *laminer* atau *streamline*.

Sifat aliran ditentukan pada bilangan *Reynolds*, Re , yang diberikan oleh persamaan :

$$R_e = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta}$$

Keterangan :

- v = kecepatan aliran (m/s)
- d = diameter pipa (mm)
- ρ = densitas (kg/m^3)
- η = Viskositas

2.7. Software Fluid Simulation Pneumatik

Fluid Simulation Pneumatik adalah salah satu dari software komputer untuk demo simulation aliran fluida khususnya untuk aliran angin. Software ini berjalan dalam sistem windows. Fluid simulation pneumatik ini dikembangkan oleh Festo Didactic Company, Jerman dengan beberapa versi yang digunakan sekarang adalah versi Inggris.

Software ini merupakan suatu program pendukung untuk demo simulasi aliran fluida (angin) yang khususnya pada sistem rangkaian pneumatik. Maka dari itu pengguna software ini harus memahami

terlebih dahulu tentang simbol-simbol dan lambang Pneumatik

3. METODE PENELITIAN

3.1 Definisi Persoalan dan Kondisi

A. Persoalan

Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang terdapat pada pengamplasan kayu secara manual, maka perlu didesain suatu rancangan untuk mesin pengamplas kayu. Pergerakan Mesin Pengamplas yang dibuat dikontrol secara otomatis dengan menggunakan sistem kontrol pneumatik. Dengan adanya sistem kontrol ini maka diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang ada pada pengamplasan secara manual.

B. Kondisi-kondisi batas

Adapun kondisi-kondisi yang diharapkan dari sistem pergerakan dengan pengontrolan pneumatik ini adalah sebagai berikut :

a. Saat proses pengamplasan operator cukup menggeser katup, sehingga proses pengamplasan akan berlangsung secara otomatis dan tidak perlu mengeluarkan tenaga yang lebih. Operator hanya melihat apakah benda kerja yang diampelas sesuai dengan yang diinginkan.

b. Pada saat proses pengamplasan, jika operator melihat ada yang perlu sedikit diampelas maka operator dapat menggunakan katup semi otomatis yang pergerakannya dapat dikontrol sesuai dengan yang diinginkan. Untuk pencekaman benda kerja diperlukan alat bantu cekam dalam pembuatan tulisan ini pencekaman yang digunakan adalah ragum

3.2 Pemodelan

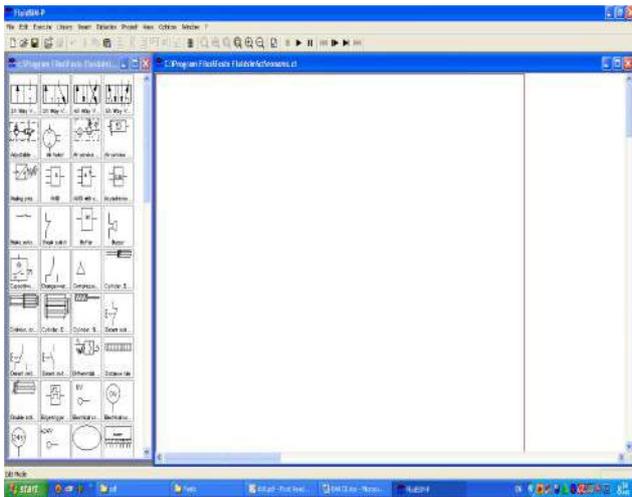
Pemodelan adalah membuat diagram rangkaian yang berupa simbol-simbol dari pneumatik untuk pengontrolan aplikasi yang akan dibuat atau akan disimulasikan, dengan adanya pemodelan ini pengguna tidak perlu repot saat proses simulasi karena pengguna hanya tinggal memasang komponen-komponen pneumatik ke tempat sesuai diagram rancangan yang akan dibuat. Permodelan ini akan dibuat dengan menggunakan program *Fluid Simulation Pneumatik*. Adapun langkahnya sebagai berikut:

1. Baca dan pahami tentang arti simbol yang akan digunakan dalam pembuatan diagram rangkaian untuk perancangan pneumatik untuk pengontrolan pergerakan pada mesin pengamplas kayu otomatis.
2. Hidupkan komputer dan buka jendela windows lalu pilih icon



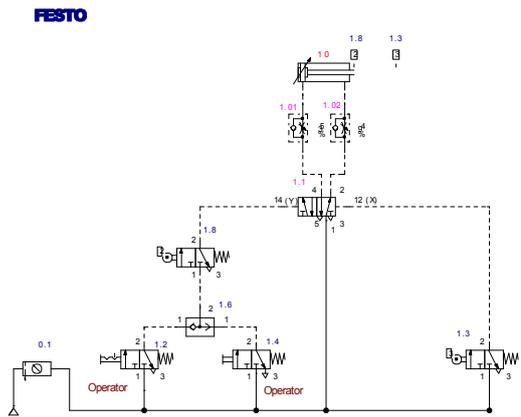
Gambar.3.1 Icon Software

- Setelah masuk dalam program ini, pilih new untuk membuat simulasi rangkaian dan akan muncul icon-icon simbol pneumatik disebelah kiri.



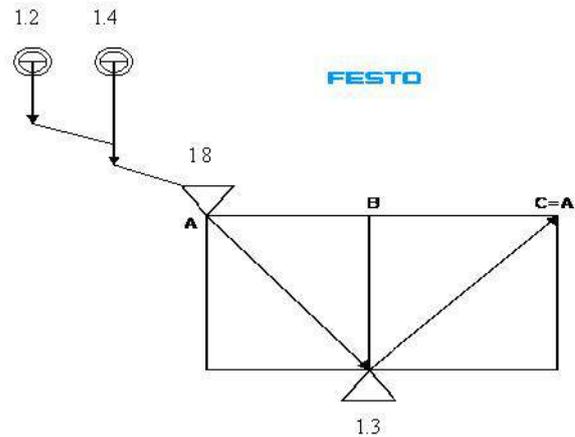
Gambar 3.2 Tampilan jendela fluid simulation pneumatik

Diagram Rangkaian Simulasi

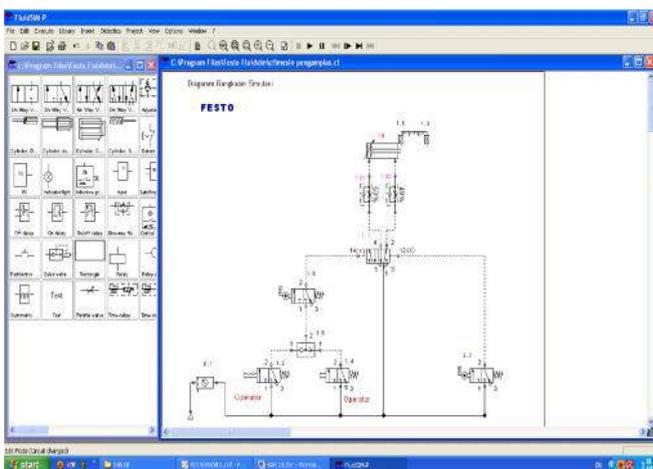


Gambar.2.9 Diagram rangkaian pengamplas kayu

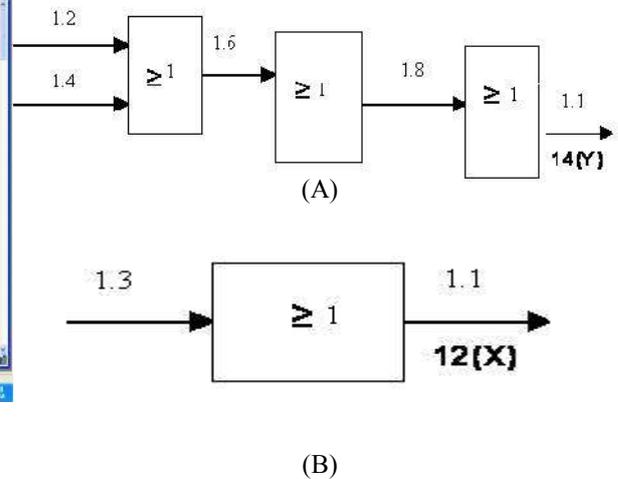
E.Diagram Tahap Perpindahan :
Untuk Proses Pengamplasan Benda kerja



Gambar.3.7 Diagram tahap perpindahan untuk proses pengamplasan



Gambar 3.3 Hasil pemodelan diagram rangkaian simulasi



Gambar.3.8 Simbol logika untuk proses pengamplasan

4. PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Diameter Silinder

$\sum F = m \cdot a$ dimana $a = 0$ (benda dalam keadaan diam) (lit 12)

Maka persamaan diatas menjadi :

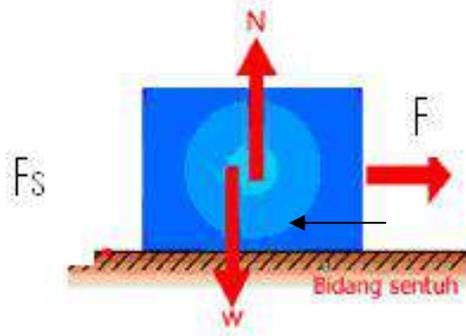
$$\sum F = 0 \quad (\text{lit 12})$$

Maka persamaan diatas dapat diurai menjadi :

$$\sum F_x = 0 \dots\dots\dots (\text{pers. 1})$$

$$\sum F_y = 0 \dots\dots\dots (\text{pers. 2})$$

$$\sum F_z = 0 \dots\dots\dots (\text{pers. 3})$$



Gambar.4.5. Gaya-gaya yang bekerja

Keterangan :

- F = Gaya (N)
- Fs = Gaya gesekan (N)
- N = Gaya normal (N)
- W = m . g = Gaya berat (N)

$$\sum F_y = 0 \dots\dots\dots (\text{pers. 2})$$

(asumsi massa baut untuk menjepit amplas diabaikan)

$N - W$ balok pengamplas - W balok penyangga - W penjepit amplas = 0

$N = W$ balok pengamplas + W balok penyangga - W penjepit amplas

$$N = 2,34 \text{ N} + 6,24 \text{ N} + 2,16 \text{ N}$$

$$N = \mathbf{10,74 \text{ N}}$$

$$\sum F_x = 0 \dots\dots\dots (\text{pers. 1})$$

$$F - F_s = 0$$

$$F = F_s \cdot N$$

$$F = \mu_s \cdot N \quad (\mu_s = \text{adalah kayu pada besi})$$

$$= 0,7 \times 10,74 \text{ N}$$

$$= \mathbf{7,518 \text{ N}}$$

Jadi, diketahui gaya keseluruhan yang bekerja pada ujung silinder adalah **7,518 N** (massa baut pada alat penjepit amplas diabaikan). Dalam menentukan berapa besar diameter dalam silinder yang akan digunakan, sebelumnya harus ditentukan berapa besar gaya yang akan bekerja pada silinder atau berapa besar beban yang akan didorong atau ditarik oleh silinder. selain itu juga harus diketahui terlebih dahulu bagaimana posisi dari silinder terhadap

bebanya, hal inibertujuan untuk menentukan berapa besar *load ratio*. adapun persamaanya sebagai berikut :

$$F = P \times A \times \eta$$

Keterangan :

F = Gaya gerak piston (N)

P_e = Tekanan pengukuran (Pa)

A = Luas permukaan piston (m^2)

η = Load ratio, $\eta = 0,7$ untuk silinder dengan operasi seimbang

$\eta = 0,8$ untuk silinder dengan operasi dinamis

dari persamaan diatas maka diameter silinder dapat dicari :

η = load ratio yang digunakan adalah dalam operasi dinamis = 0,8

$$F = P \times A \times \eta$$

Penyelesaian :

$$F = 7,518 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$P = 6 \text{ bar} = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$7,518 = 6 \cdot 10^5 \times \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times 0,8$$

$$7,518 = 6 \cdot 10^5 \times \frac{3,14 \cdot D^2}{4} \times 0,8$$

$$7,518 \times 4 = 6 \times 10^5 \times 3,14 \cdot D^2 \times 0,8$$

$$30,072 = 15,072 \times 10^5 \times D^2$$

$$D^2 = \frac{30,072}{15,072 \times 10^5}$$

$$D^2 = 2 \times 10^{-5}$$

$$D = \sqrt{2 \times 10^{-5}}$$

$$D = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas didapat ukuran diameter torak. Karena tidak terjangkaunya harga dan sulit didapat untuk diameter torak yang dibutuhkan seperti diatas, maka dipilih silinder dengan diameter torak 6 mm. Untuk panjang langkah pada silinder diambil sesuai dengan kebutuhan pada perancangan alatnya.

4.2 Kebutuhan Udara Mampat

Kebutuhan udara mampat untuk silinder kerja ganda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q)$$

Keterangan :

Q= kebutuhan udara mampat (l/min)

q= kebutuhan udara persentimeter langkah piston (lihat tabel

s= panjang langkah piston (mm)

n= jumlah langkah tiap menit

Diketahui :

Tabel IV. Data jumlah langkah tiap menit menggunakan software Fluid-Sim Pneumatik

No.	Pencekikan udara (%)	n /menit
1.	25	2
2.	50	20
3.	75	55
4.	100	60

Penyelesaian :

$$50 \% = n = 20$$

$s = 100$ mm (panjang langkah maksimum yang digunakan)

$$Q = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q)$$

$$Q = 2 \cdot (100 \cdot 20 \cdot 0,0019) = 0,76 \text{ l/min}$$

Jadi, kebutuhan udara silinder untuk pencekikan udara sebesar 50% dengan menggunakan katup kontrol aliran satu arah adalah $Q = 0,76$ l/min.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan , dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sebelum membuat diagram rangkaian, dan pengaplikasian sebenarnya dalam perancangan yang menggunakan pneumatik, sebaiknya melakukan uji coba dengan menggunakan software FluidSim Pneumatik sehingga hasil yang didapatkan pada rangkaian yang di buat betul.
2. Untuk menentukan berapa besar diameter silinder yang akan digunakan, perlu ditentukan terlebih dahulu berapa besar gaya yang akan bekerja pada silinder atau berapa besar beban yang akan didorong atau ditarik oleh silinder. Selain itu juga harus diketahui terlebih dahulu bagaimana posisi dari silinder terhadap bebanya, hal ini bertujuan untuk menentukan berapa besar *load ratio*.
 $\eta = \text{Load ratio}$, $\eta = 0,7$ untuk silinder dengan operasi seimbang
 $\eta = 0,8$ untuk silinder dengan operasi dinamis

5.2 Saran

1. Untuk lebih memahami tentang pergerakan-pergerakan otomatis dengan pengontrolan pneumatik ini, diharapkan pada waktu yang akan datang dilakukan penelitian dengan pengaplikasian yang berbeda.
2. Untuk mendapatkan data hasil pengujian yang memuaskan, sebelum melakukan perancangan sebaiknya pengguna sudah mengerti dan

memahami peralatan pneumatik yang akan digunakan dan prosedur pengujianya.

3. Rancangan ini masih sangat sederhana dan masih memerlukan banyak penyempurnaan, diharapkan dimasa yang akan datang diadakan penelitian lebih lanjut dengan rancangan ini sehingga hasilnya bisa bermanfaat bagi kita semua .

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pramono, Modul Pneumatik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negri Semarang, 2008.
- [2]. Sumbodo, Wirawan,dkk, Teknik Produksi Mesin industri Jilid 3, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [3]. Achmad, S, Anggun, *Troubleshooting* Sistem Pneumatik Pada Mesin Bor Dengan Kontrol Elektro Pneumatik (proyek akhir), Jurusan Teknik Mesin D3 Fakultas Teknik, UNNES, 2006.
- [4]. Yunus,Moch, Job Shett Laboratorium Pneumatik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negri Sriwijaya,2006.
- [5]. Widiyanto,Heri , Sistem Kontrol Pneumatik Pada Pintu Bus Otomatis (tulisan), Jurusan Pendidikan Teknik Mesin UNNES, 2004
- [6]. Parr, Andrew, Hidrolika Dan Pneumatika Pedoman Untuk Teknisi dan Insinyur Edisi II (terjemahan), Erlangga, Jakarta,2003.
- [7]. Tim Penulis, Pneumatik Buku Ajar Edisi I, Festo Didactic Indonesia,1994
- [8]. Krist, Thomas, Dasar-Dasar Pneumatik, Alih Bahasa Dines Ginting, Erlangga, Jakarta,1993.
- [9]. Peter Patient, Roy Pickup, Norman Powell, Pengantar Ilmu Teknik Pneumatika, Alih Bahasa Alex Tri Kantjono Widodo, Gramedia, Jakarta,1985.
- [10]. -----, Balok, http://id.wikipedia.org/wiki/Balok#Rumus_balok didownload tanggal 8-11-2008
- [11]. -----, Massa jenis dan Berat jenis, <http://www.gurumuda.com/massa-jenis-dan-berat-jenis/> didownload tanggal 8-11-2008
- [12]. Lohat,San,Alexander, Syarat-syarat keseimbangan statis <http://www.gurumuda.com/syarat-syarat-keseimbangan-statis/> didownload tanggal 8-11-2008
- [13]. -----, Sistem Pneumatik, <http://digilib.petra.ac.id/otomasi-chapter2.pdf> didownload tanggal 8-11-2008