



TUGAS AKHIR - TM 095648

**RANCANG BANGUN MESIN HOT EMBOSING
KERTAS DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM ELEKTRO
PNEUMATIK**

Muhammad Kahfi Nandiwardana

NRP. 2113 039 013

Mega Esti Suci Sayekti

NRP. 2113 039 040

Dosen Pembimbing 1

Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc

Dosen Pembimbing 2

Ir. Sri Bangun Setyawati, MT

Instruktur Pembimbing

WAHYU KUSTRIRATNO, S.Pd

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN PRODUKSI

KERJASAMA ITS-DISNAKERTRANSDUK

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL PROJECT- TM 095648

**PLANNING BUILD FOR HOT EMBOSING PAPER
MACHINE BY USING ELECTRO PNEUMATIC SYSTEM**

Muhammad Kahfi Nandiwardana

NRP. 2113 039 013

Mega Esti Suci Sayekti

NRP. 2113 039 040

Counsellor Lecture 1

Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc

Counsellor Lecture 2

Ir. Sri Bangun Setyawati, MT

Counsellor Instructore

WAHYU KUSTRIRATNO S.pd

PROGRAM STUDY DIPLOMA III MECHANICAL ENGINEERING

DEPARTMENT ITS-DISNAKERTRANSDUK

Faculty of Industrial Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2016

RANCANG BANGUN MESIN HOT EMBOSsing KERTAS DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM ELEKTRO-PNEUMATIK

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin
pada

Bidang Studi Teknik Produksi
Jurusan D-III Teknik Mesin Disnakertransduk
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Kahfi Nandiwardana
NRP. 2113039013

Mega Esti Suci Sayekti
NRP. 2113039040

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Pembimbing I



Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc
NIP. 19610714 198803 1 003

Pembimbing II



Ir. Sri Bangun Setyawati
NIP. 19520127 198103 2 001

Instruktur Pembimbing



Wahyu Kristanto, S.Pd
NIP. 19580320 197903 1 003

Surabaya
September 2016

RANCANG BANGUN MESIN HOT EMBOSsing KERTAS MENGGUNAKAN SISTEM ELEKTRO PNEUMATIK

Nama : Muhammad Kahfi N.
NRP : 2113 039 013
Nama : Mega Esti suci Sayekti
NRP : 2113 039 040
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc

Abstrak

Lembaga Pemerintahan , Organisasi, dan Perusahaan mempunyai surat-surat tertulis yang berisi keseluruhan informasi tentang data dari lembaga tersebut yang disebut sebagai dokumen. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berdampak pada terjadinya kasus pemalsuan dokumen yang menimbulkan kerugian material dan immaterial yang tidak ternilai bagi instansi atau lembaga pemilik dokumen.

Berdasarkan permasalahan yang timbul, maka dibuat mesin hot embossing kertas. Bertujuan mengurangi timbulnya pemalsuan dokumen serta menghasilkan konsep dan rancangan sistem yang efisien, mudah, dan berkualitas serta menyusun standar prosedur perasional melalui perhitungan eksak. Sehingga menjadikan mesin hot embossing kertas berbasis teknologi dan otomasi.

Untuk proses hot embossing digunakan tekanan 7 Kgf/Cm², temperatur 232,22 °C dan holding time 7 detik dengan bahan kertas art paper 150 gr. Silinder pneumatik yang digunakan untuk mesin ini adalah jenis silinder double acting dengan diameter 32 mm. Hasil hot embossing pada kertas art paper menunjukkan kertas tidak terbakar dan jelas sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya pemalsuan dokumen di Indonesia.

Kata kunci : Dokumen, hot, embossing, kertas

PLANNING BUILD FOR HOT EMBOSSING PAPER MACHINE USING ELECTRO PNEUMATIC SYSTEM

Name	: Muhammad Kahfi N.
NRP	: 2113 039 013
Name	: Mega Esti Suci Sayekti
NRP	: 2113 039 040
Department	: D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Counsellor Lecture	: Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc

Abstract

Government Institutions , Organizations , and the Company has written letters containing all information about the data from the agency called the document . The development of information and communication technologies have an impact on the occurrence of cases of forgery documents causing losses of material and immaterial invaluable for the agency or agencies the document owner.

Based on the problems that arise, then hot embossing machine made paper. Aiming to reduce the incidence of falsification of documents and produced the concept and design of the system is efficient, convenient, and quality and to develop standard procedures perasional through exact calculation. So that makes the hot embossing machine paper-based technology and automation.

For hot embossing process used pressure 7 kgf / cm² , 232.22 ° C and the temperature holding time 7 seconds with a 150 gr art paper material . pneumatic cylinders are used for this machine is a kind of double acting cylinder with a diameter of 32 mm . Results hot embossing on paper art shows the paper does not burn and clear so it can reduce the falsification of documents in Indonesia.

Keywords : Documents, hot, embossing, paper

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II DASAR TEORI	
2.1 Proses Embossing.....	5
2.1.1 Jenis-jenis Proses Embossing Didasarkan atas Temperature Kerja.....	5
2.1.2 Faktor-faktor yang Berpengaruh pada Proses Hot Embossing	6
2.1.3 Jenis Hot Embossing.....	6
2.1.4 Paper Embossing	7
2.2 Sistem Elektro-Pneumatik.....	10
2.2.1 Sistem Kontrol.....	10
2.2.2 Sistem Kontrol Pneumatik Murni dan Elektro- Pneumatik	11
2.3 Komponen Elektro-pneumatik.....	15
2.3.1 Double Actin Cylinder (Silinder pneumatik aksi	

ganda).....	15
2.3.2 Directional Control Valve Single Selenoid.....	16
2.3.3 One Way Flow Control Valve	16
2.3.4 Kompresor Udara	17
2.3.5 Regulator (Pengatur Tekanan)	19
2.3.6 Air Filter (Saringan Udara).....	20
2.3.7 Pengukur Tekanan (Pressure Gauge).....	21
2.3.8 Lubrikator	21
2.3.9 Sistem Distribusi Udara.....	22
2.3.10 Relay	24
2.3.11 Selenoid	24
2.3.12 Thermocouple	25
2.3.13 Temperature Controller	25
2.3.14 Push Botton Switch.....	26
2.3.15 Lampu Indikator	27
2.3.16 Limit Switch.....	27
2.3.17 Timer	28
2.4 Perhitungan Sistem Pneumatik	29
2.4.1 Penentuan Diameter Silinder	29
2.4.2 Gaya Dorongan Silinder	30
2.4.3 Kecepatan Langkah Silinder	30
2.4.4 Konsumsi Udara.....	30
2.4.5 Perhitungan Pressure Loses Pipa Pneumatik	31
2.5 Perpindahan Panas Konduksi	31
2.5.1 Pengertian Perpindahan Panas	31
2.6 Material Kertas	33
2.6.1 Temperatur Melting Kertas.....	34
2.6.2 Holding Time Hot Embossing Kertas.....	34
2.7 Heater.....	34

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Perencanaan	37
3.2 Cara Kerja Mesin	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan dan Pemilihan Perangkat Pneumatik	45
4.1.1	Perencanaan Diameter Silinder Pneumatik	45
4.1.2	Perencanaan Diameter Pipa Saluran	46
4.1.3	Pemilihan Bahan dan Diameter Pipa.....	48
4.1.4	Kerugian Tekanan Terhadap Pipa.....	48
4.1.5	Pemilihan Directional Control Valve	49
4.1.6	Pemilihan One Way Flow Control Valve	49
4.1.7	Konsumsi Udara	49
4.1.8	Pemilihan Kompresor	50
4.2	Laju Perpindahan Panas.....	50
4.3	Perencanaan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik Mesin Hot Embossing Kertas.....	52
4.3.1	Sistem Operasi Mesin Hot Embossing Kertas...	52
4.3.2	Function Diagram	54
4.3.3	function Chart.....	55
4.3.4	Diagram Sirkuit Elektro Pneumatik	58
4.3.5	Diagram Sirkuit Kelistrikan	60
4.4	Perencanaan Cetakan, Housing Emboss dan Elemen Pemanas	61
4.1	Hasil Pengujian Mesin Hot Embossing Kertas.....	62

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA.....	67
----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Klasifikasi kertas dan uji coba	38
Tabel 3.2	Material yang Digunakan	41
Tabel 3.3	Proses Manufaktur.....	42
Tabel 3.4	Komponen Penggerak.....	42
Tabel 4.1	Tekanan Maksimum pada Pipa Pneumatik	48
Tabel 4.2	Tabel Pemilihan Kompresor	50
Tabel 4.2	Hasil Test Mesin Mesin Hot Embossing Kertas	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Hasil Blind Emboss.....	7
Gambar 2.2	Contoh Hasil Registered Emboss	8
Gambar 2.3	Contoh Hasil Combination Emboss.....	8
Gambar 2.4	Contoh hasil Pastelling.....	9
Gambar 2.5	Contoh hasil Glazing	9
Gambar 2.6	Contoh hasil Scorching	10
Gambar 2.7	Aliran Sinyal pada Sistem Kontrol Pneumatik	11
Gambar 2.8	Sistem Kontrol Pneumatik Murni.....	12
Gambar 2.9	Sistem Kontrol Elektro-Pneumatik.....	13
Gambar 2.10	Struktur Sistem Kontrol Elektro-Pneumatik.....	14
Gambar 2.11	Pemrosesan Sinyal Pada Sistem Kontrol Elektro-Pneumatik.....	15
Gambar 2.12	Double Acting Cylinder	16
Gambar 2.13	Katup Selenoid Single 5/2 Way	16
Gambar 2.14	One Way Flow Control Valve	17
Gambar 2.15	Klasifikasi Kompresor.....	18
Gambar 2.16	Kompresor Torak Resiprokal.....	18
Gambar 2.17	Regulator	19
Gambar 2.18	Air Filter.....	20
Gambar 2.19	Pengukur Tekanan.....	21
Gambar 2.20	Lubrikator	22
Gambar 2.21	Pipa Plastik Fleksibel dan Pipa Nylon Elastis Spiral.....	23
Gambar 2.22	Relay	24
Gambar 2.23	Thermocouple	25
Gambar 2.24	Temperatur Controller.....	26
Gambar 2.25	Push Button On Off.....	26
Gambar 2.26	Lampu Indikator	27
Gambar 2.27	Limit Switch	28

Gambar 2.28	Timer.....	29
Gambar 2.29	Perpindahan panas secara konduksi.....	33
Gambar 2.30	Material Kertas.....	34
Gambar 2.31a	Coil Heater.....	35
Gambar 2.31b	Infra red Heater.....	35
Gambar 2.31c	Silica, ceramic and Quartz Heater.....	35
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan	37
Gambar 3.2	Sket Gambar 2D Mesin Embossing Kertas	39
Gambar 3.3	Desain 3D Mesin Hot Embossing Kertas	40
Gambar 3.4	Mesin Hot Embossing Kertas Menggunakan Sistem Elektro Pneumatik	44
Gambar 4.1	Ilustrasi pemasangan heater dan thermocouple pada punch.....	51
Gambar 4.2	Perpindahan Panas Konduksi pada Punch.....	51
Gambar 4.3	Konfigurasi Sistem	53
Gambar 4.4	Sket Kerja Mesin Embossing Kertas.....	54
Gambar 4.5	Diagram Gerak Langkah Sirkuit Pneumatik.....	55
Gambar 4.6	Function chart dari mesin hot embossing kertas ..	56
Gambar 4.7	Keterangan dari Function chart 1	56
Gambar 4.8	Keterangan dari Function chart 2	57
Gambar 4.9	Keterangan dari Function chart 3	57
Gambar 4.10	Diagram Notasi Silinder Kerja.....	58
Gambar 4.11	Diagram Sirkuit Pneumatik	59
Gambar 4.12	Diagram Kelistrikan.....	60
Gambar 4.13	Punch dan dies	62
Gambar 4.14	Hasil Proses Embossing	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lembaga Pemerintahan , Organisasi, dan Perusahaan mempunyai surat-surat tertulis yang berisi keseluruhan informasi tentang data dari lembaga tersebut dan sebagai bukti dari suatu kejadian yang dibuat dan diterima oleh lembaga tersebut yang disebut sebagai dokumen.

Dokumen sangat berguna bagi organisasi yang tidak hanya didasarkan pada penggunaannya dalam menunjang kegiatan-kegiatan yang sedang berlangsung, tetapi juga kegunaannya bagi lembaga/instansi pencipta dokumen pada masa yang akan datang. (Sulistyo Basuki, 1996)

Kegunaan dokumen dipandang dari segi nilai hukum merupakan topik yang semakin hari semakin menyita perhatian. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berdampak pada terjadinya kasus pemalsuan dokumen yang menimbulkan kerugian material dan immaterial yang tidak ternilai bagi instansi atau lembaga pemilik dokumen.

Dengan adanya hal tersebut maka dibuat “**Mesin Hot Embossing Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik**” dimana mesin ini dapat *embossing* kertas secara otomatis. Mesin ini dilengkapi dengan pengatur tekanan, pengatur suhu, dan pengatur waktu. Dengan adanya mesin ini diharapkan kertas yang selesai di *emboss* tidak dapat ditiru oleh instansi terkait sehingga kasus pemalsuan dokumen bisa dikurangi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan permasalahan yang muncul dari penelitian tugas akhir adalah :

1. Bagaimana blue print Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik.
2. Berapa besarnya gaya yang dibutuhkan dalam proses pengembosan, temperatur emboss, dan *holding time* pada Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik.
3. Bagaimana mendapatkan perencanaan pemilihan diameter silinder pneumatik yang digunakan.
4. Bagaimana mendapatkan sistem kontrol elektro-pneumatik pada Mesin *Hot Embossing* Kertas

1.3 TUJUAN

Dengan mengacu latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghasilkan konsep dan rancangan sistem yang efisien, mudah, presisi, dan berkualitas pada Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik.
2. Mengetahui besarnya gaya yang dibutuhkan dalam proses pengembosan, temperatur emboss, dan *holding time*.
3. Mendapatkan diameter silinder pneumatik yang aman untuk proses *hot embossing* Kertas.
4. Menjadikan Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik berbasis teknologi otomasi.

1.4 BATASAN MASALAH

Untuk mencapai tujuan perancangan dan memperjelas lingkup permasalahan yang akan dibahas, maka perlu adanya batasan-batasan masalahnya pada tugas akhir “Rancang Bangun Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Elektro Pneumatik”. Dimana batasan masalah ini diperlukan parameter-parameter yang nantinya dapat dijadikan acuan dalam penulisan laporan.

Diantaranya adalah :

1. Jenis material yang digunakan adalah kertas Art Kertas dengan ukuran 150 gr.
2. Kekuatan bahan dianggap sama.
3. Hasil pengelasan serta analisa kekuatan rangka termasuk sambungan diasumsikan aman.
4. Tidak dibahas mengenai embossing atau punch dan dies.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penyusunan laporan tugas akhir ini terbagi dalam lima bab secara garis besar, dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas bagaimana tinjauan umum tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori serta konsep sistem kontrol yang berkaitan dengan Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi perencanaan pembuatan mesin, diagram alir pembuatan mesin, pengumpulan data, dan prinsip kerja Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai uraian perencanaan dan perhitungan sistem elektro pneumatik dan konduktifitas thermal yang terjadi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan tentang kesimpulan dari analisis Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik dan saran-saran penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar, rumusan, dan konsep yang melatar belakangi perencanaan “Mesin *Hot Embossing* Kertas dengan Sistem Elektro Pneumatik” yang nantinya digunakan dalam perhitungan yang berdasarkan referensi.

2.1. Proses Embossing

Embossing adalah proses menciptakan sesuatu relief cetakan atau suatu profil tertentu pada lembaran material dan bahan lainya yang dapat dibentuk.

Proses *Embossing* menggunakan kombinasi 2 cetakan dimana cetakan yang timbul (raised atau relief die) menekan material masuk kedalam cetakan yang cekung (recessed die) sehingga akan terbentuk produk *embossing* atau embossed impression. Pada aplikasinya di industri penggunaan proses *embossing* umumnya menyangkut 2 aspek yaitu aspek estetika dan aspek fungsional. Aspek estetika mencakup penggunaan produk yang bersifat hiasan atau decorative product seperti hiasan pada logam, plastik, kertas dan juga pada kulit asli ataupun kulit imitasi. Pemakaian yang menyangkut aspek fungsional pada umumnya untuk mengubah karakteristik fisik dari material seperti meningkatkan kekakuan material, meningkatkan luas permukaan material ataupun karakteristik lainnya.

2.1.1. Jenis – Jenis Proses Embossing Didasarkan atas Temperatur Kerja

Proses embossing berdasarkan temperatur kerjanya dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- Proses Cold Embossing
- Proses Hot Embossing

Proses Hot embosing pada dasarnya dilakukan dengan menekan suatu cetakan pada material yang dilunakkan dengan cara meningkatkan temperatur material tersebut sampai diatas temperatur transisi gelasny. Cara lain yang dapat dilakukan dengan metoda ini adalah dengan menekan cetakan yang sudah dipanaskan sampai temperatur tertentu pada suatu material dan proses penekanan ini dipertahankan sampai waktu tertentu atau holding time sehingga akan terbentuk impression. Jenis material yang dibentuk dengan cara ini meliputi lembaran kertas, plastik atau polimer, kulit asli, tekstil dan kadang – kadang metal foil.

2.1.2. Faktor – Faktor yang Berpengaruh Pada Proses Hot Embossing

Berikut ini adalah hal – hal penting yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pelaksanaan proses Hot Embossing di lapangan atau industri.

1. Gaya atau Tekanan Pembentukan

Hal ini berhubungan dengan tekanan atau intensitas gaya yang diberikan kepada material yang sedang diemboss

2. Besarnya Temperatur Pemanasan

Ini berkaitan dengan besar panas yang diberikan untuk melumerkan material yang sedang diemboss dan kemampuan menjaga panas tersebut selama pembentukan.

3. Lama Waktu Penahanan Panas atau Holding Time

Merupakan lama penahanan panas yang dibutuhkan oleh cetakan selama pembentukan material atau selama proses embossing.

4. Kedalaman Cetakan (*Die Depth*)

Hal ini berhubungan dengan kedalaman bentuk relief pada material yang sedang diemboss. Kedalaman cetakan ini akan berpengaruh terhadap kejelasan huruf atau bentuk image yang akan dibentuk pada proses hot embossing.

2.1.3. Jenis Hot Embossing

Hot embossing dibagi menjadi beberapa jenis yaitu;

1. Leather Embossing atau Leather Branding
2. Foil Stamping
3. Plastic atau Polymer Embossing
4. Paper Embossing

2.1.4. Paper Embossing

Proses ini pada dasarnya merupakan salah satu proses yang digunakan dalam industri percetakan kertas atau paper printing yang umumnya digunakan sebagai proses finishing. Jenis – jenis proses paper embossing meliputi :

1. Blind Emboss

Merupakan metode menciptakan logo timbul atau karakter pada kertas tanpa tinta. Proses ini hanya memberikan sedikit gambar atau hiasan timbul pada kertas yang digunakan dan juga sangat cocok untuk menghasilkan cetakan samar samar.



Gambar 2.1 Contoh Hasil Blind Emboss

2. Registered Emboss

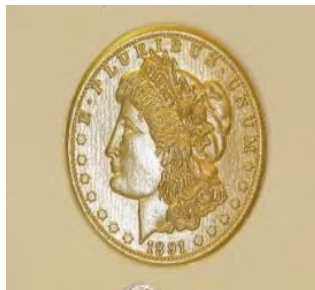
Adalah proses yang menempatkan gambar timbul sejalan dengan unsur lain yang dibuat dengan tinta, foil, punching, atau dengan gambar timbul kedua.



Gambar 2.2 Contoh Hasil Registered Emboss

3. Combination Emboss

Adalah gabungan proses embossing dan foil stamping pada gambar yang sama. Ini melibatkan pencetakan dan menyelaraskan foil atas gambar timbul untuk menciptakan foil emboss. Proses embossing dan foil stamping dicapai dalam satu operasi dengan menggunakan kombinasi yang sesuai untuk mendapatkan foil emboss.



Gambar 2.3 Contoh Hasil Combination Emboss

4. Pastelling

Proses ini disebut sebagai warna embossing daun, dimana hal ini melibatkan proses penggunaan kombinasi untuk

memberikan penampilan yang antik halus untuk substrat yang timbul dan foil stamp. Pemakaian proses ini seperti pearl finish , clear gloss yang dapat memberikan tampilan dua warna tampilan antik (tanpa terik) ke gambar timbul .



Gambar 2.4 Contoh Hasil Pastelling

5. Glazing

Glazing mengacu pada daerah timbul yang memiliki penampilan mengkilap atau dipoles. Seringkali proses ini dicapai dengan panas yang diterapkan dengan tekanan dalam rangka menciptakan kesan mengkilap pada permukaan material. Ketika digunakan bersama dengan foil, proses dapat memberikan foil dengan penampilan yang sedikit lebih cerah.



Gambar 2.5 Contoh Hasil Glazing

6. Scorching

Proses ini hampir sama dengan proses *glazing* namun tidak digunakan untuk mengkilapkan permukaan material. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan dies cetakan sampai diatas temperatur normal sampai terjadi efek scorched pada permukaan material yang nantinya akan menghasilkan tampilan antik dan samar samar.



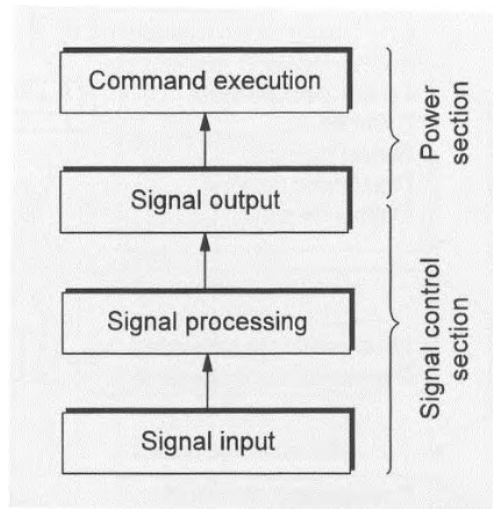
Gambar 2.6 Contoh Hasil Scorching

2.2. Sistem Elektro-Pneumatik

2.2.1. Sistem Kontrol

1. Aliran Sinyal dalam Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang digunakan pada sistem pneumatik pada dasarnya terdiri atas sinyal input, prosesing sinyal, sinyal output dan eksekusi perintah. Keterkaitan sinyal – sinyal ini dalam aplikasinya biasanya ditunjukkan oleh diagram aliran sinyal atau signal flow diagram. Sinyal input dan sinyal proses merupakan sinyal dengan daya rendah. Pada tahap sinyal output, sinyal akan diperkuat dari daya rendah ke daya tinggi dan sinyal ini menjembatani antara signal control section dan power section. Eksekusi perintah akan terjadi pada daya tinggi dan sinyal ini merupakan bagian dari power section dari sistem kontrol. Komponen – komponen kontrol pada sistem pneumatik murni maupun sistem elektropneumatik disusun sedemikian rupa sehingga aliran sinyalnya jelas yaitu dari bawah ke atas.

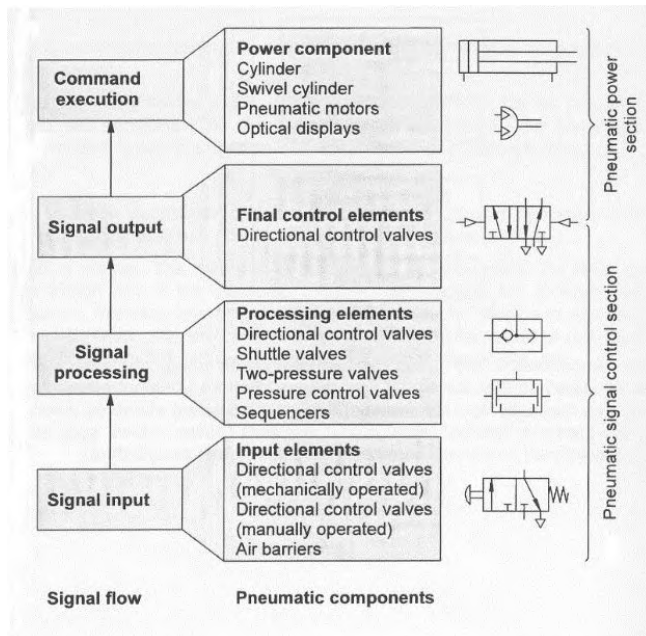


Gambar 2.7 Aliran Sinyal Pada Sistem Kontrol Pneumatik

2.2.2. Sistem Kontrol Pneumatik Murni dan Elektropneumatik

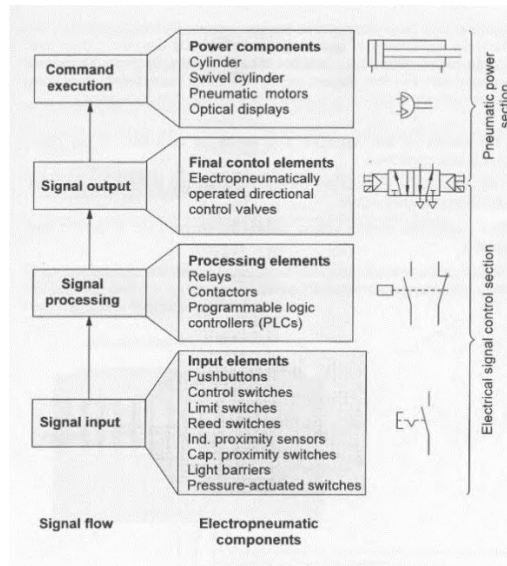
Penggerak pneumatik pada prinsipnya hanya akan bekerja bila gerakannya tepat dan dilakukan pada waktu serta urutan langkah yang tepat. Fungsi sistem kontrol yang digunakan pada sistem pneumatik adalah mengkoordinasikan urutan gerakan dari penggerak tersebut. Sistem kontrol pneumatik murni dan elektropneumatik masing – masing mempunyai pneumatic power section sendiri. Aliran sinyal pada kedua sistem kontrol diatas dapat dibedakan atas dasar :

1. Pada sistem pneumatik murni, komponen pneumatik digunakan sebagai pengontrol sinyal seperti directional control valve dan shuttle valve. Aliran sinyal pada sistem kontrol pneumatik murni dapat dilihat pada gambar 15 dibawah ini.



Gambar 2.8 Sistem Kontrol Pneumatik Murni

2. Pada sistem kontrol elektropneumatik, pengontrol sinyal menggunakan peralatan listrik seperti relay, proximity switch atau mungkin programmable logic controller, lihat gambar 16 dibawah ini.



Gambar 2.9 Sistem Kontrol Elektro-pneumatik

Berbeda dengan sistem kontrol pneumatik murni, sistem kontrol elektropneumatik biasanya dilengkapi dengan diagram sirkuit pneumatik yang menjelaskan komponen pneumatik yang digunakan dan diagram sirkuit listrik yang menjelaskan peralatan listrik yang digunakan pada sistem kontrol tersebut.

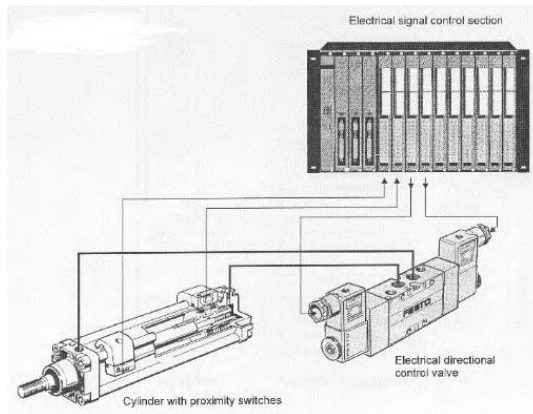
3. Struktur dan Cara Kerja Sistem Kontrol Elektropneumatik

Struktur dan cara kerja sistem kontrol elektropneumatik biasanya tersusun atas :

- Bagian pengontrol sinyal listrik akan memberikan sinyal ke directional control valve yang digerakkan dengan katup solenoid
- Directional control valve akan menyebabkan silinder bergerak maju

- c) Posisi piston rod dari silinder pneumatik akan diberikan ke pengontrol sinyal listrik dengan menggunakan sensor.

Cara kerja sistem kontrol elektropneumatik dapat dilihat pada gambar 17 dibawah ini.



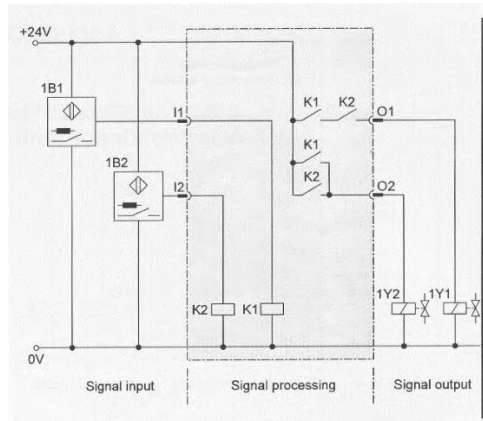
Gambar 2.10 Struktur Sistem Kontrol Elektro-pneumatik

- d) Pemrosesan Sinyal Pada Sistem Kontrol Elektropneumatik

Pemrosesan sinyal pada sistem kontrol elektropneumatik pada dasarnya terdiri atas 3 kelompok fungsi yaitu :

1. Sinyal input dilakukan oleh sensor, push button atau control switch
2. Pemrosesan sinyal dilakukan oleh sistem kontrol relay atau PLC
3. Sinyal output dilakukan dengan menggunakan directional control valve dengan penggerak solenoid.

Gambar 18 berikut menunjukkan bagian kontrol sinyal dari sistem kontrol elektropneumatik dimana relay digunakan sebagai pemroses sinyal.



Gambar 2.11 Pemrosesan Sinyal Pada Sistem Kontrol Elektro-pneumatik

2.3. Komponen Elektro-Pneumatik

2.3.1. Double Acting Cylinder (Silinder Pneumatik Aksi Ganda)

Silinder aksi ganda (Double Acting) digunakan terutama bila piston diperlukan untuk melakukan kerja bukan hanya pada gerakan maju, tetappi juga kerja pada gerakan mundur. Sehingga mempunyai keuntungan yaitu, bisa dibebani pada kedua arah gerakan batang pistonnya. Gaya dorong yang ditimbulkan oleh udara bertekanan, menggerakkan piston pada sillider penggerak ganda dala dua arah. Gaya dorong yang besarnya tertentu digunakan pada dua arah, gerakan maju dan gerakan mundur. Gaya yang diberikan pada batang piston adalah lebih besar untuk gerakan maju daripada gerakan mundur. Karena efektif permukaan piston dikurangi pada sisi batang piston oleh luas permukaan batang piston.



Gambar 2.12 Double Acting Cylinder

2.3.2. Directional Control Valve Single Selenoid

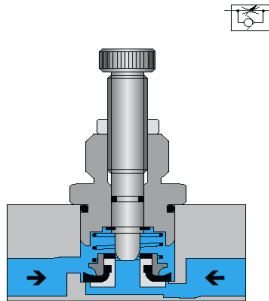
Tipe single selenoid mempunyai satu elektro magnet seperti gambar di bawah ini dan dengan gaya tarik magnet valve diganti posisinya (change over). Kemudian dengan mematikan listrik (demagnetising) valve kembali kedudukan semula dengan gaya spiral atau tekanan udara.



Gambar 2.13 Katub Selenoid Single 5/2 Way

2.3.3. One Way Flow Control Valve

Flow control valve digunakan untuk mengontrol kecepatan sebuah silinder atau sebuah actuator dengan mengatur flow udara.



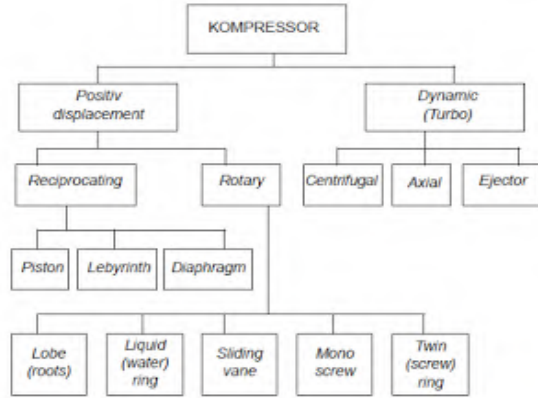
Gambar 2.14 One Way Flow Control Valve

2.3.4. Kompresor Udara

Kompresor berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara ketika untuk disuplai kepada pemakai (sistem pneumatik). Kompresor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan. Pemilihan jenis kompresor yang digunakan tergantung dari syarat - syarat pemakaian yang harus dipenuhi misalnya dengan tekanan kerja dan volume udara yang akan diperlukan dalam sistem peralatan (katup dan silinder pneumatik).

➤ Tipe Kompresor

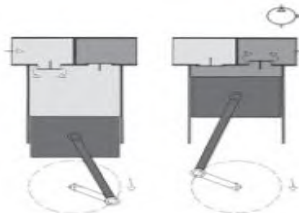
Tipe kompresor pada dasarnya terdiri dari 2 macam yaitu *Positive Displacement compressor*, dan *Dynamic compressor*, (Turbo), *Positive Displacement compressor*, terdiri dari *Reciprocating* dan *Rotary*, sedangkan *Dynamic compressor*, (turbo) terdiri dari *Centrifugal*, *axial* dan *ejector*, secara lengkap dapat dilihat dari klasifikasi di bawah ini.



Gambar 2.15 Klasifikasi Kompresor (Majumdar,2001)

A. Kompresor Torak Resiprokal (reciprocating kompresor)

Kompresor ini dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak-balik atau gerak resiprokal. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ke titik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung penyimpan udara.



Gambar 2.16 Kompresor Torak Resiprokal

Tabung penyimpanan dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus-menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan.

2.3.5. Regulator (Pengatur Tekanan)

Tekanan udara yang keluar dari kompresor masih mempunyai tekanan yang lebih tinggi dari pada tekanan yang didapat pada bagian-bagian kontrol atau bagian kerjanya. Untuk mengatur tekanan udara yang didistribusikan ke bagian control dan kerja digunakan regulator (pengatur tekanan) yang biasanya dipasang secara bersatu dengan penyaring udara. Setelah udara keluar dari saringan kemudian masuk pada regulator untuk diatur tekanannya sampai pada batas.

Jadi tujuan daripada regulator adalah untuk menjaga tekanan operasi (tekanan sekunder) sebenarnya tanpa melihat perubahan tekanan dalam saluran (tekanan primer) dan pemakaian udara.



Gambar 2.17 Regulator

Untuk membatasi aliran udara yang masuk ke sistem, dilakukan dengan cara memutar bagian warna biru (lihat gambar 2.7) sehingga tekanan akan sedikit demi sedikit berkurang.

2.3.6. *Air Filter* (saringan udara)

Udara diatmosfir yang dikempa oleh kompresor mengandung benda-benda pengotor seperti debu, oli residu, uap basah, dan butiran-butiran halus lainnya. Apabila udara ditekan dengan kompresor, udara kompresi tersebut akan mengandung sejumlah pengotor atau cemaran.

Jika udara yang berisi cemaran tersebut masuk kedalam peralatan pneumatik, dia akan merusak peralatan seperti kedudukan katub, keausan packing dan bagian penggerak lainnya. Penyaring udara kempaian digunakan untuk menghasilkan semua bentuk pengotor yang terkandung dalam udara, sehingga didapatkan yang bersih sebelum didistribusikan keperalatan pneumatik. Pada gambar dibawah 2.8 digambarkan bagian-bagian dari *air filter* yang terdapat pada system pneumatic yang berfungsi untuk membersihkan udara sebelum masuk kesistem.



2.18 *Gambar Air Filter*

Udara yang bertekanan keluar dari tangki penampung akan melalui sebuah on/off valve. Sebelum mencapai jaringan distribusi, udara harus melewati “unit filter” yaitu air filter atau penyaring udara. Udara masuk melalui lubang udara masuk (Air In) pada mangkok kaca (bowl), selanjutnya udara akan melewati

elemen filter (filter anyaman kawat) dan liquid separator. Setelah melewati unit filter, akan dihasilkan udara yang bersih dari partikel asap dan kotoran lainnya dan keluar melalui lubang udara keluar.

2.3.7. Pengukur Tekanan (*Pressure Gauge*)

Suatu system yang menggunakan tekanan harus mempunyai alat yang bisa mengukur tekanan yang dipakai untuk menjalankan system tersebut, Pressure Gauge pada system pneumatik digunakan untuk mengukur tekanan yang digunakan, baik tekanan dari kompresor ataupun tekanan system.



Gambar 2.19 Pengukur Tekanan

Udara mengalir masuk ke pengaturan tekanan melalui lubang saluran. Tekanan dalam pipa menyebabkan pipi yang terdapat didalam *gauge* memanjang. Tekanan lebih besar, mengakibatkan belokan radius lebih besar. pergerakan perpanjangan diubah ke jarum jam penunjuk melalui tuas penghubung, sehingga tekanan dapat dilihat melalui angka yang ditunjuk jarum.

2.3.8. *Lubrikator*

Bagian-bagian yang bergerak dan menimbulkan gesekan memerlukan pelumas. Bagian yang bergerak meluncur termasuk didalamnya peralatan pneumatik (silinder, katub). Untuk menjamin supaya bagian-bagian yang bergesekan pada

perlengkapan tersebut dapat bekerja dan dipakai secara terus menerus, maka harus memberikan pelumas yang cukup. Jumlah tertentu dari minyak pelumas ditambahkan kedalam udara bertekanan dengan menggunakan perangkat pelumasan.

Perangkat pelumas udara bertekanan dapat bekerja hanya ketika ada aliran udara yang cukup. Jika terlalu kecil alirannya, kecepatan aliran pada nozzle tidak dapat menimbulkan perbedaan tekanan (pressure drop). Apabila tekanan pada lubang tersempit. Dari pipa venturi lebih kecil dari pada tekanan bejana, maka oli dalam bejana akan tersedot dan akan keluar bersama-sama udara dan bercampur berupa kabu oli.



Gambar 2.20 Lubrikator

2.3.9. Sistem Distribusi Udara

Untuk mendistribusikan udara bertekanan dari kompresor ke peralatan pneumatik lainnya maka diperlukan pipa yang berfungsi untuk menyalurkan udara bertekanan.

Dalam sistem pneumatik, menurut bahannya pipa saluran udara tersedia dalam berbagai jenis. Adapun macam-macam pipa pneumatik tersebut, antara lain :

1. Metalic Pipe
 - a. Carbon Steel Pipe
 - b. Stainless Steel Pipe

- c. Seamless Steel Pipe
- d. Seamless Aluminium Pipe
- e. Various Metallic Pipe Coated With Resin

2. Non Metallic Pipe

- a. Nylon Tube
- b. Polyurethane Tube
- c. Polyethylene Tube
- d. Vinyl Tube
- e. Teflon Tube
- f. Rubber Hose For Air

Pipa metal pada umumnya dipakai untuk pipa-pipa di pabrik dan bagian statik dari peralatan besar. Pipa baja yang banyak dipakai karena mempunyai ketahanan dan kekuatan panas yang cukup.

Pipa plastik mempunyai daya kerja dan ketahanan yang tinggi, dan cukup murah harganya. Pipa polyurethane lebih flexible daripada pipa nylon dan mempunyai fleksibilitas yang lebih tinggi, maka dari itu banyak dipakai dibagian dimana diperlukan piping halus, bagian bergerak, dll. Resin yang dipakai pada pipa polyurethane secara kasar dapat dibagi menjadi tipe ester yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap oksidasi dan larutan, dan tipe ester yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap hidrolisis dan mikro-organisme. Dibawah ini merupakan gambar contoh pipa yang terbuat dari bahan plastic dan nylon.



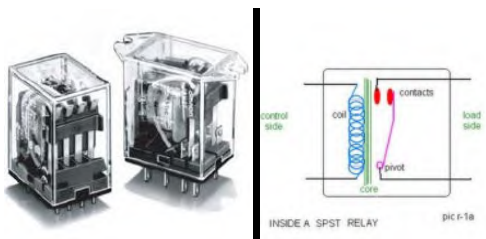
Gambar 2.21 Pipa Plastik Flexible dan Pipa Nylon Elastis Spiral

2.3.10. Relay

Relay adalah sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya. Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Koil : Lilitan dari relay
2. Common : Bagian yang tersambung dengan NC(dlm keadaan normal)
3. Kontak : Terdiri dari NC dan NO

Relay merupakan saklar listrik yang dikendalikan oleh saklar atau switch, computer, atau modul-modul yang lain. Fungsi relay sangat memungkinkan pemakaian arus kecil untuk mengontrol arus yang lebih besar untuk mengurangi beban kerja baterai atau accu pada kendaraan.



Gambar 2.22 Relay

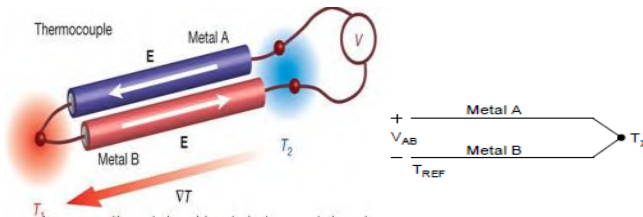
2.3.11. Selenoid

Selenoid merupakan salah satu peralatan utama kontrol elektrik dalam rangkaian pneumatik.

Dalam bekerja selenoid biasanya di pasang pada katup directional biasanya katup ini disebut dengan katup electro pneumatik atau katup selenoid, seperti yang telah dijelaskan di sub bab sebelumnya. Dengan adanya katup ini memungkinkan mengontrol suatu rangkaian pneumatik dengan menggunakan rangkaian listrik.

2.3.12. Thermocouple

Termocouple merupakan sensor suhu yang bekerja berdasarkan efek seeback. Efek seeback yaitu jika dua kabel yang terbuat dari logam berbeda disambungkan pada kedua ujungnya dan salah satu ujung itu dipanaskan, maka akan mengalir arus listrik.



*Gambar 2.23 Prinsip Kerja Sensor Termocouple
(Boyes, 2003)*

Prinsip kerjanya Jika dua buah kabel yang terbuat dari logam yang berbeda disambungkan pada kedua ujungnya dan salah satu ujung sambungan itu dipanaskan, akan mengalir arus.

2.3.13. Temperature controller

Temperature Controller ini adalah alat yang bisa mengontrol suhu untuk mengendalikan cooler / heater sesuai dengan settingan yang diinginkan. Sama seperti prinsip kerja Digital Counter relay, Digital Thermostat ini mempunyai kontak-kontak NO NC pada output settingnya, serta membutuhkan input power supply dalam kerjanya.

Temperature controller berfungsi untuk membaca nilai output yang dihasilkan oleh thermocouple.



Gambar 2.24 Temperature Controller

2.3.14. Push button switch

Saklar digunakan untuk mengalirkan atau memutus aliran listrik yang digunakan dalam sistem pneumatik. Pada prinsipnya ada 2 jenis saklar yang umum digunakan yaitu saklar kontrol dan saklar tombol yang hanya teraktuasi selama tombol ditekan. Saklar tombol yang digunakan dapat dibagi menjadi saklar biasanya terbuka atau Normally Open Contact.



Gambar 2.25. Push Button On Off

Secara sederhana, saklar terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (on) atau putus (off) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar supaya tahan terhadap korosi. Kalau logam yang dipakai terbuat dari bahan oksida biasa, maka saklar akan sering tidak bekerja.

Untuk mengurangi efek korosi ini, paling tidak logam kontaknya harus disepuh dengan logam anti korosi dan anti karat.

Saklar push button adalah tipe saklar yang menghubungkan aliran listrik sesaat saja saat ditekan dan setelah dilepas maka kembali lagi pada posisi off. Saklar tipe ini banyak digunakan pada rangkaian elektronika yang di kombinasikan dengan rangkaian pengunci.

2.3.15. Lampu Indikator

Indukator lampu yaitu sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai tanda dalam bentuk cahaya yang di dalamnya berupa gabungan antara beberapa kumpulan LED (*Light Emitting Diode*). Lampu indicator pada umumnya digunakan berbagai macam panel pada system kelistrikan mesin-mesin industri. Dibawah ini menunjukkan contoh Lampu indicator.



Gambar 2.26 Lampu Indicator

2.3.16. Limit Switch

Sensor ini mempunyai tugas untuk mengukur atau mendapatkan sinyal informasi yang kemudian dialirkan ke bagian *signal processing* untuk diproses. Dalam sistem pneumatik sensor biasanya digunakan untuk:

- Mendeteksi posisi akhir maju dan mundurnya piston dalam silinder
- Mendeteksi keberadaan dan posisi benda kerja
- Mengukur dan memonitor tekanan kerja sistem pneumatik.

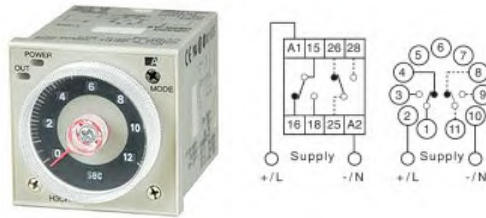
Limit switch bekerja bila suatu bagian mesin atau benda kerja berada pada posisi tertentu dan biasanya diaktuasikan dengan menggunakan cam. *Limit switch* biasanya merupakan *changeover contact* dan dapat disambung dalam bentuk sambungan *normally closed*, *normally open* atau *changeover contact*. Ada berbagai jenis limit switch, tetapi yang umum digunakan adalah limit switch dengan roll seperti yang ada pada gambar 2.37 .



Gambar 2.27 Limit switch

2.3.17. Timer

Pengontrolan waktu adalah sesuatu yang sangat dibutuhkan. Sebuah mesin pneumatik pencetak/ untuk emboss dalam menahan panas yang akan dipindahkan ke benda harus dikontrol untuk beroperasi selama interval waktu tertentu atau mungkin diaktifkan setelah berlalunya suatu periode waktu tertentu. Timer merupakan piranti elektronik yang berfungsi mengontrol waktu untuk menjalankan kerja atau aktivitas pada suatu gerakan. Peralatan ini dapat dipadukan pada diagram kelistrikan pneumatik.



Gambar 2.28 Timer

2.4. Perhitungan Sistem Pneumatik

2.4.1. Penentuan Diameter Silinder

Penentuan diameter silinder pneumatik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$\mu = 0,7$ (*the hydro-pneumatic technical centre, hal 77*)

$$F = A \cdot P \cdot \mu$$

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot \mu \quad (\text{tenaga fluida pneumatik, 1991:77}) \dots \dots \dots (2.1)$$

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

Dimana :

- F = Gaya Silinder (Kgf)
- A = Luas Penampang (Cm²)
- D = Diameter silinder (Cm)
- P = Tekanan Udara (Kgf/Cm²)
- μ = Koefisien Tekanan Beban Dorong

Dalam sistem pneumatik, untuk tekanan kerja yang digunakan adalah 6 – 10 bar.

2.4.2. Gaya Dorongan Silinder

Gaya dorong silinder dapat dihitung dari diameter tabung silinder, diameter piston dan tekanan udara.

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 P \mu \text{ (the hydro-pneumatic technical centre, hal 77).....(2.2)}$$

Dimana :

F_1 = Gaya Dorong Silinder (Kgf)

D = Diameter Tabung Silinder (Cm)

P = Tekanan Udara (Kgf/Cm²)

μ = Koefisien Tekanan Beban Dorong

Koefisien tekanan beban berubah tergantung dari diameter silinder, gesekan slaiding packing dan gesekan metal rod.

2.4.3. Kecepatan Langkah Silinder

Waktu operasi silinder tergantung pada beban dan ukuran dari beban masuk. Persamaan antara kebutuhan udara dengan kecepatan silinder adalah :

$$Q = A \cdot V \text{(2.3)}$$

Dimana :

Q = Kecepatan Udara

V = Kecepatan Langkah Silinder

A = Luasan silinder

2.4.4. Konsumsi Udara

Konsumsi udara untuk *double acting cylinder*, ketika diameter piston dalam mm, panjang stroke (S) mm, waktu untuk menyelesaikan dalam single stroke dalam detik dan tekanan (P) dalam N/m² diketahui, maka :

$$Q = 0,7854 \frac{d^2 s}{t} \times \frac{P \times 101,3 \times 10^3}{101,3} \times 10^{-12}$$

(Majumdar, hal 99)..... (2.4)

Dimana :

Q = Kecepatan Aliran udara (m^3/s)

S = Stroke (mm)

n = number of stroke per min

d = diameter rod (mm)

P = tekanan (N/m^2)

2.4.5. Perhitungan Pressure Loses Pipa Pneumatik

Berkaitan dengan adanya gesekan yang terjadi pada pipa lurus dan kerugian gesek pada fitting pipa maka akan selalu muncul kerugian tekanan pada udara yang masuk silinder. Besarnya kerugian tekanan yang terjadi dalam pipa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\Delta P = \frac{1,6 \cdot 10^3 \times Q^{1,85} \times L}{d^5 \times P} \quad (\text{Majumdar.hal 15)(2.5)}$$

Dimana :

ΔP = Kerugian tekanan udara pada pipa (pa)

L = Panjang pipa (m)

Q = Konsumsi udara silinder (m^3/dt)

D = Diameter dalam pipa (m)

P = Tekanan udara sistem (Pa)

2.5. Perpindahan Panas Konduksi

2.5.1. Pengertian perpindahan panas

Suatu perpindahan panas terjadi apabila antara dua media mempunyai temperatur yang berbeda, panas akan berpindah dari temperatur yang tinggi menuju ketemperatur yang lebih rendah. Proses perpindahan panas dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat itu. Perpindahan kalor dengan cara konduksi pada umumnya terjadi pada zat padat. Suatu zat dapat

menghantar kalor disebut konduktor, seperti berbagai jenis logam. Sedangkan zat penghantar kalor yang buruk disebut isolator, pada umumnya benda-benda non logam.

2. Konveksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar yang disertai dengan perpindahan bagian-bagian zat itu. Pada umumnya zat penghantar yang dipakai berupa zat cair dan gas. Kalor berpindah karena adanya aliran zat yang dipanaskan akibat adanya perbedaan massa jenis (berat jenis). Massa jenis bagian yang dipanaskan lebih kecil daripada massa jenis bagian zat yang tidak dipanaskan.
3. Radiasi adalah perpindahan kalor tanpa memerlukan zat perantara. Pancaran kalor hanya terjadi dalam gas atau ruang hampa, misalnya penghantaran panas matahari ke bumi melalui ruang hampa udara.

Persamaan laju perpindahan panas secara konduksi menurut hukum fourier untuk dinding datar satu dimensi adalah sebagai berikut,

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$$

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{Incropera hal 45(2.6)})$$

Dimana :

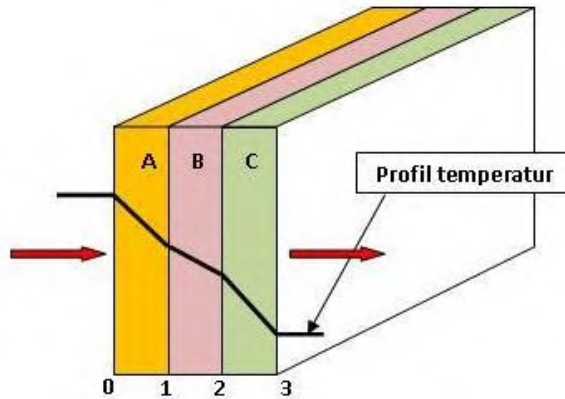
q_x = Laju perpindahan panas

q_x'' = Fluks panas (W/m^2) adalah laju perpindahan panas kearah sumbu x positif per unit luasan yang tegak lurus arah perpindahan panas.

K = Konduktivitas thermal bahan ($W/m \cdot ^\circ K$)

A = Luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi, yang harus diukur tegak lurus terhadap aliran panas

dT/dx = Gradien suhu pada penampang terdibat, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam aliran panas.



Gambar 2.29 Perpindahan panas secara konduksi

2.6. Material Kertas

Kertas adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp. Serat yang digunakan mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain

Kertas Art Paper merupakan salah satu kertas yang paling banyak digunakan untuk dibuat proses embosing.



Gambar 2.30 Material Kertas

2.6.1. Temperature Melting Kertas

Temperatur melting kertas Art Paper adalah 450°F atau sama dengan 232,22°C. dimana temperatur ini akan digunakan sebagai dasar proses hot embossing yaitu pada proses hot embossing menggunakan temperatur melting. Sehingga pada proses hot embossing kertas menggunakan temperatur 232,22°C. (<http://www.education.com/science-fair/article/boiling-water-paper-cup/>)

2.6.2. Holding Time Hot Embossing Kertas

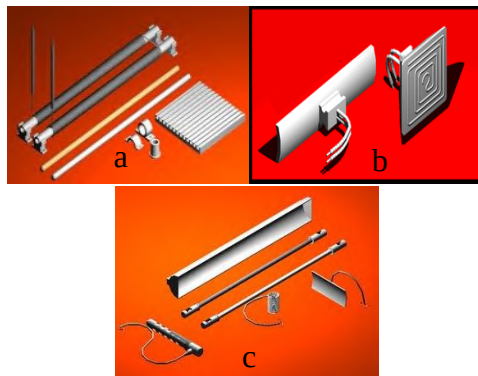
Holding time pada proses hot embossing berfungsi untuk menahan panas pada saat proses hot embossing agar cetakan embossing terbentuk dengan sempurna pada bahan yang di embossing. Pada proses hot embossing kertas holding time yang baik yaitu 7 detik. Apabila lebih dari itu bahan kertas yang diemboss akan rusak apabila kurang cetakan emboss tidak terbentuk dengan baik. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25330051>)

2.7. Heater

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu :

- Elemen Pemanas Listrik bentuk Dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramik Heater, Silica Dan Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Ceramic Heater*.
- Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell, stainless stell, tembaga dan kuningan*.



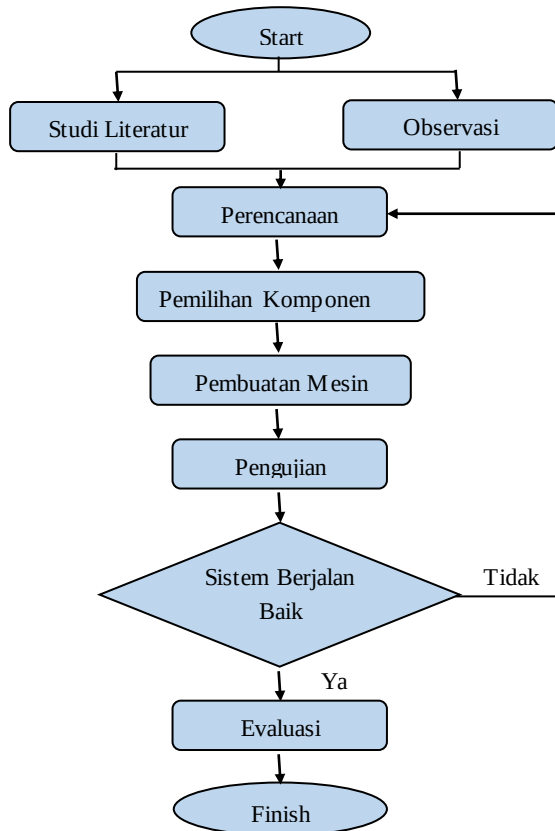
Gambar 2.31 a) Heater; b) Infra Red Heater; c) Silica, Ceramiks dan Quartz Heater.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

Untuk lebih memperjelas dalam metode penyusunan Tugas Akhir ini disusun dengan diagram alir seperti berikut ini:

3.1 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 3.1. Diagram Alir Perencanaan

Dalam perencanaan membuat mesin *hot embossing* pallet plastik dengan sistem electro-pneumatik menggunakan metode penelitian, meliputi :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini merupakan proses pencarian data dan referensi yang digunakan sebagai acuan pada proses perancangan sekaligus memperkuat ide yang sudah ada. Literatur yang digunakan berupa buku ilmiah, jurnal, dan beberapa artikel dari internet. Tahap ini telah dilaksanakan dengan pencapaian didapatkan referensi desain, cara kerja, dan perancangan mesin Hot Embossing Kertas.

2. Observasi

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dilakukan dengan cara survei langsung untuk mendapatkan informasi dan data-data mengenai cara membuat mesin hot embossing kertas.

Pada tahap ini didapatkan data tentang kekuatan kertas sebagai berikut:

Tabel 3.1 Klasifikasi kertas dan uji coba

KELAS	GRAMATUR Gm/m ²	TEBAL mm	KETAHANAN TEKAN LINGKAR (Ring Crush) Kgf (N)	KETAHANAN TEKAN DATAR (Uji Concora) Kgf (N)
A	112	0.18 – 0.20	11.2 (110)	11.2 (110)
	125	0.20 – 0.23	12.5 (123)	12.5 (122)
	150	0.24 – 0.27	15.0 (147)	15.0 (145)
B	112	0.18 – 0.20	7.8 (77)	7.8 (77)
	125	0.20 – 0.23	8.7 (86)	8.7 (85)
	150	0.24 – 0.27	15.0 (103)	15.0 (103)

Kertas yang dipakai untuk mesin ini adalah sebagai berikut:

Gramatur : 150 gr/mm²

Tebal : 0,24 - 0,27

Ketahanan Tekan Lingkar : 15 Kgf

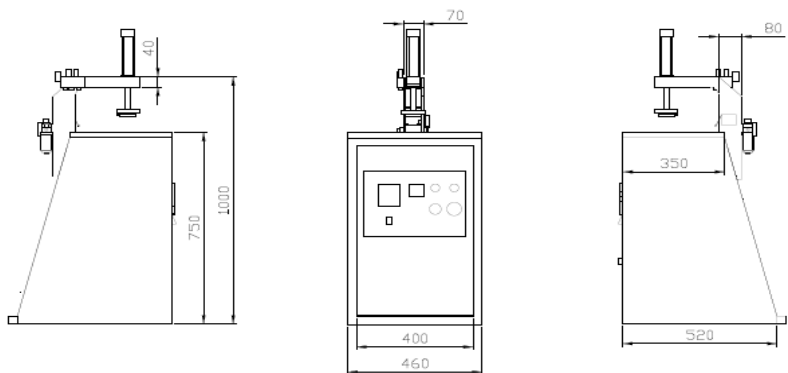
Ketahanan Tekan Datar : 15 Kgf

3. Perencanaan

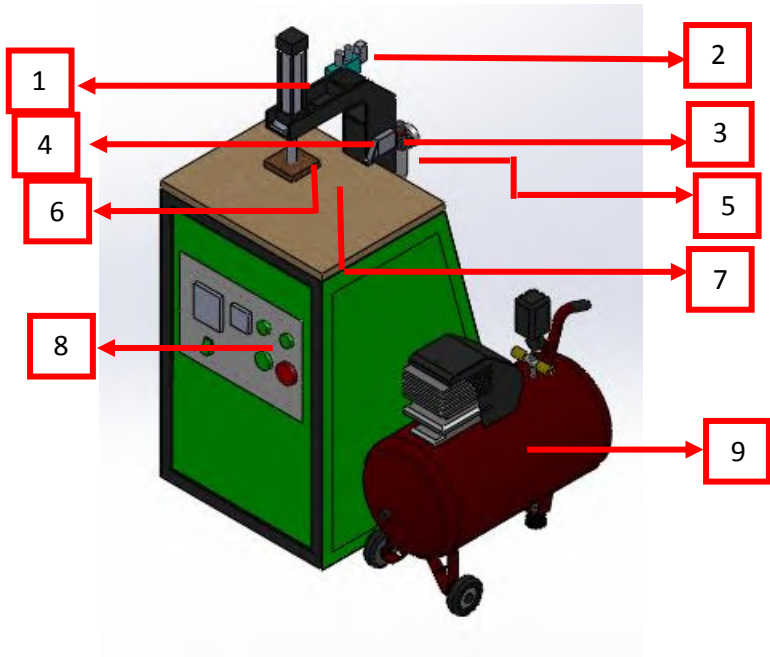
Pada tahapan ini meliputi perencanaan Diagram notasi pneumatik merupakan langkah kerja dari silinder pneumatik. Membangun diagram sirkuit pneumatik dari komponen-komponen yang sudah direncanakan. Merancang Cetakan digunakan untuk membentuk profil cetakan / logo pada pallet plastik. Housing Stamping berfungsi untuk mengapit benda kerja cetakan elemen pemanas dan base plate menjadi satu kesatuan saat proses, dan elemen pemanas sebagai heat transfer ke dalam cetakan.

Dalam tahapan ini dilakukan perhitungan komponen, kemudian hasilnya digunakan sebagai referensi pada pembuatan mesin.. Membuat gambar alat guna mempermudah dalam penyusunan dan pembuatan mesin. Serta tahap pembuatan alat adalah pembuatan kerangka mesin disambung dengan proses pengelasan dan mur baut. Kemudian memasang komponen elektro pneumatik, merancang rangkaian kelistrikan dan sistem *hot embossing*.

Dalam pembuatan alat ini, Gambar hasil perencanaan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan mesin.



Gambar 3.2 Sket Gambar 2D Mesin Hot embossing Kertas



Gambar 3.3 Desain 3D Mesin Hot Embossing Kertas

Keterangan :

1. Silinder pneumatic
2. Directional Control Valve
3. Limit switch
4. Penyangga
5. Filter Regulator Lubricator
6. Punch
7. Dies
8. Panel Box
9. Compressor

4. Pembuatan Mesin

Pada tahapan ini dilakukan proses permesinan pada rancang bangun alat yang diperoleh dari perencanaan dan perhitungan mesin. Dan dari hasil perhitungan dan perencanaan dapat diketahui spesifikasi dari bahan maupun dimensi dari komponen yang akan diperlukan untuk pembuatan alat. Dari komponen yang diperoleh kemudian dilakukan perakitan untuk membuat alat yang sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Tabel 3.1 Material yang Digunakan

No	Material	Dimensi (mm)	Jumlah (pcs)	Keterangan
1	Besi Siku tebal 3 mm	30x30 mm	2	Pembuatan Kerangka
2	Plat Besi tebal 1,2 mm	350x750 mm	2	Tutup samping kerangka
		400x640 mm	1	Tutup depan kerangka
		350x250	1	Panel Box
3	Besi tebal 6mm	300x240 mm	2	Penyangga Silinder Pneumatik
4	Tembaga tebal 10 mm	50x50 mm	1	Punch
5	Aluminium tebal 20 mm	60x80 mm	1	Dies

6	Ebonit tebal 15 mm	60x60 mm	1	Isolator panas
7	Kayu tebal 15 mm	460x350 mm	1	Meja
10	Mur Baut	M6	10	Pengunci matras pada ebonite, FRL pada kerangka, Silinder pneumatik pada penyangga
		M4	4	Pengunci Limit switch dan DCV pada kerangka

Tabel 3.2 Proses Manufaktur

No	Bagian	Proses Manufakturing					
		Drilling	Freis	CNC	Bubut	Cutting	Pengelasan
1	Rangka						
2	Penyangga						
3	Punch						
4	Dies						

Tabel 3 3 Komponen Penggerak

No	Komponen	Dimensi (mm)	Jumlah (pcs)	Keterangan
1	Silinder pneumatik	32x150	1	

		mm		
2	Sensor Limit Switch	-	1	
3	Valve 5/2 single selenoid	-	1	
4	FRL	-	1	
5	One Way Flow Control Valve	-	1	
6	Panel Box	350x250 mm	1	

5. Pengujian

Setelah rancang bangun alat selesai, dilakukan pengujian mesin tersebut dan dicatat hasil pengujiannya, apakah mesin tersebut berjalan baik atau tidak.

1. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan percobaan beberapa kali dengan parameter tekanan dan holding time sama sedangkan suhu diubah dan dicari yang membentuk emboss yang paling jelas.

6. Evaluasi

Tahap ini dilakukan dengan menarik kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

3.2 Cara Kerja Mesin Hot embossing Kertas dengan Sistem Kontrol Elektro-Pneumatik

Cara kerja mesin *Hot embossing* kertas ini sangat sederhana, pengguna hanya menekan tombol on/off yang tersedia pada panel box dimesin. Berikut adalah runtutan sistem pemakaian mesin *hot embossing* ini :

- 1) Masukkan kertas dengan posisi siap emboss.
- 2) Tekan tombol on / off.
- 3) Setelah udara dari kompresor masuk kesistem, maka seting tekanan yang dibutuhkan pada FRL (filter, regulator dan Lubricator) unit.
- 4) Seting temperatur embossing.
- 5) Atur waktu penahanan / holding time.
- 6) Setelah setting selesai, tekan tombol hijau untuk eksekusi.
- 7) Setelah waktu penahanan yang ditentukan sudah tercapai piston akan naik kembali dan proses embossing selesai.
- 8) Selesai.



Gambar 3.4 Mesin Hot embossing Kertas dengan Sistem Elektro-Pneumatik

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan dan Pemilihan Perangkat Pneumatik

Pada sub bab ini dilakukan perhitungan dan perencanaan memilih perangkat pneumatik sesuai yang telah direncanakan serta perhitungan lain yang menyangkut Mesin Hot Embossing Kertas.

4.1.1 Perencanaan Diameter Silinder Pneumatik

Untuk mencari diameter silinder pneumatik minimal yang dibutuhkan, maka pada perencanaan awal diambil tekanan kerja dari sistem sebesar 7 Kgf/cm² dan gaya pembentukan embossing sebesar 15 Kgf, sedangkan untuk nilai μ diambil 0,7. Data ini kemudian dipakai dalam perencanaan silinder pneumatik untuk pengembossan.

1. Diameter Silinder

Diameter minimal dapat dicari dengan persamaan :

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P \cdot \mu \text{ (Sesuai persamaan 2.1)}$$

Untuk pemilihan diameter silinder, maka dari persamaan di atas dapat direncanakan diameter piston dengan data sebagai berikut :

$$F = 15 \text{ Kgf}$$

$$P = 7 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\mu = 0,7$$

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

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

$$D^2 = \frac{4 \cdot 15 \text{ Kgf}}{\pi \cdot 7 \text{ Kgf/cm}^2 \cdot 0,7}$$

$$D^2 = 3,90 \text{ cm}^2$$

$$D = 1,97 \text{ cm}$$

$$D = 19,7 \text{ mm}$$

Dari perencanaan diatas didapat diameter minimal silinder pneumatik sebesar 19,7 mm. Maka untuk perencanaan ini dipilih silinder dengan merek JELPC dengan diameter piston 32 mm dan diameter rod 1,2 mm dengan tipe double acting cylinder karena diperlukan gerakan mau mundur. (*Spesifikasi silinder di lampiran 1*)

2. Gaya Dorong Silinder

Gaya dorong silinder bisa diketahui dengan menggunakan rumus :

$$F_1 = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P \cdot \mu \quad (\text{Sesuai Persamaan 2.4})$$

Dengan data yang diketahui :

$$D_p = 32 \text{ mm} = 3,2 \text{ cm}$$

$$D_{rod} = 1,2 \text{ cm}$$

$$P = 7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\mu = 0,7$$

$$\begin{aligned} F &= (3,2 \text{ cm})^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 7 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 0,7 \\ &= 39,41 \text{ Kg} \\ &= 386,59 \text{ N} \end{aligned}$$

4.1.2 Perencanaan Diameter Pipa Saluran

Untuk mencari diameter pipa saluran dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{d^5 \times P} \quad (\text{Persamaan 2.5})$$

Dimana :

$$\Delta P = \text{Kerugian tekanan maksimum yang diijinkan sebesar } 0,05 \text{ bar (5000 pascal)}$$

$$L = \text{Panjang pipa yang direncanakan (m)}$$

$$d^5 = \text{Diameter pipa (m)}$$

P = Tekanan operasi (pascal)
 Q = Kecepatan aliran silinder (m³/s)

Dimana :

$Q = A \cdot v$ (Sesuai Persamaan 2.3)

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{S}{t}$$

s (panjang stroke) = 150 mm = 0,15 m

t (waktu tempuh) = 2 detik

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (0,032 \text{ m})^2 \cdot \frac{0,15 \text{ m}}{2 \text{ s}}$$

$$= 2,41 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga diameter pipa minimum untuk silinder pneumatik yang dipilih dengan diameter piston 32 mm dan perencanaan panjang pipa adalah 3,75 m dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} d^5 &= \frac{1,6 \times 10^3 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{\Delta P \times P} \\ d^5 &= \frac{1,6 \times 10^3 \cdot (2,41 \times 10^{-4})^{1,85} \cdot 3,75}{5000 \text{ Pa} \times 7 \cdot 10^5 \text{ Pa}} \\ d^5 &= \frac{1,21 \times 10^{-3}}{3,5 \times 10^9} \\ d^5 &= 0,345714 \times 10^{-12} \\ d &= \sqrt[5]{0,345714 \times 10^{-12}} \\ d &= 3,2 \times 10^{-3} \text{ m} \\ d &= 3,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapat diameter pipa minimum 3,2 mm. Untuk itu, dalam perencanaan ini dipilih pipa dengan diameter dalam pipa 4 mm dan diameter pipa luar 6 mm.

4.1.3 Pemilihan Bahan dan Diameter Pipa

Pada perncanaan mesin hot embossing kertas agar aman menggunakan pipa bermerek NORGREN bahan nylon berdiameter 6 mm karena memiliki tekanan maksimal sebesar 27 bar, karena tekanan yang diperlukan hanya sebesar 7 bar. Pemilihan pipa sesuai pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tekanan Maksimum Pada Pipa Pneumatik

Maximum working pressures and bend radi

O/D mm		4	5	6	8	10	12	14	16
Max. pressure (bar)*	Nylon	31	33	27	19	19	19	16	19
at -40°C to +20°C	Polyurethane	10	11	9	9	9	9	-	-
Min. bend radius mm	Nylon	25	25	30	40	60	60	80	95
	Polyurethane	6	7	9	16	17	25	-	-

*Multiply by factors in table below for use at higher temperatures.

(katalog NORGREN)

4.1.4 Kerugian Tekanan Pada Pipa

Kerugian tekanan pada pipa dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{d^5 \times P} \quad (\text{Sesuai Persamaan 2.5})$$

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot (2,41 \times 10^{-4})^{1,85} \cdot 3,75}{0,004^5 \times 7 \cdot 10^5}$$

$$\Delta P = \frac{1,21 \times 10^{-3}}{7,168 \times 10^{-7}}$$

$$\Delta P = 0,17 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 0,017 \text{ bar}$$

Diperbolehkan karena tidak melebihi kerugian tekanan maksimum yaitu 0,05 bar.

4.1.5 Pemilihan Directional Control Valve

Perencanaan Mesin hot embossing kertas ini menggunakan satu buah katup directional control valve, yaitu katup 5/2 yang menggunakan aktuator selenoid karena mesin embossing ini menggunakan sistem kontrol elektro-pneumatik. Katup 5/2 digunakan untuk mengatur arah silinder. Pemilihan Directional Control Valve ini berdasarkan katalog sehingga didapat DCV merek JELPC model 4V210-08 dengan kapasitas tekanan 0,15-0,8 MPa. (*Spesifikasi dapat dilihat pada lampiran 8*).

4.1.6 Pemilihan Flow Control Valve

Pada perencanaan Mesin Hot Embossing kertas ini perlu digunakan one way flow control valve untuk mengatur kecepatan gerak maju silinder. Maka digunakan one directional flow control valve pada silinder. Berdasarkan data yang ada:

Applicable tubing	= Nylon
O.D Tubing	= 6 mm
Max Pressure	=1 Mpa = 10 Bar

4.1.7 Konsumsi Udara

Perhitungan konsumsi udara kompresi dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = 0,7854 \frac{d^2 \cdot s}{t} \times \frac{P \times 101,3 \times 10^3}{101,3} \times 10^{-12} \text{m}^3/\text{s} \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

$$Q = 0,7854 \frac{12^2 \cdot 150}{3} \times \frac{7 \cdot 10^5 \times 101,3 \times 10^3}{101,3} \times 10^{-12} \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q = 39.584 \times 10^8 \times 10^{-12} \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q = 3,96 \text{m}^3/\text{s}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsumsi udara yang dibutuhkan silinder dengan D piston = 32 mm dan d rod = 12 mm dengan panjang langkah 150 mm untuk bergerak adalah 3,96

m³/s. Pengkonsumsian udara dibutuhkan juga Air Filter yang berguna untuk menyaring udara agar bersih dari kotoran, Air Filter yang digunakan bermerek JAC model 2000-02.

4.1.8 Pemilihan Kompresor

Setelah perhitungan komponen pneumatik di atas, maka didapatkan konsumsi udara 3,96 m³/s atau sama dengan 14.256 m³/h dan tekanan sistem sebesar 7 bar sehingga pemilihan kompresor dapat dilihat dari tabel di bawah ini;

Tabel 4.2 Tabel Pemilihan Compressor
(<http://rental-compressor.co.id/jenis-compressor>)

Type of Compressor	Capacity (m ³ /h)		Pressure (bar)	
	From	To	From	To
1. Root blower compressor single stage	100	30000	0,1	1
2. Reciprocating				
- Single / Two stage	100	12000	0,8	12
- Multi stage	100	12000	12,0	700
3. Screw				
- Single stage	100	2400	0,8	13
- Two stage	100	2200	0,8	24
4. Centrifugal	600	300000	0,1	450

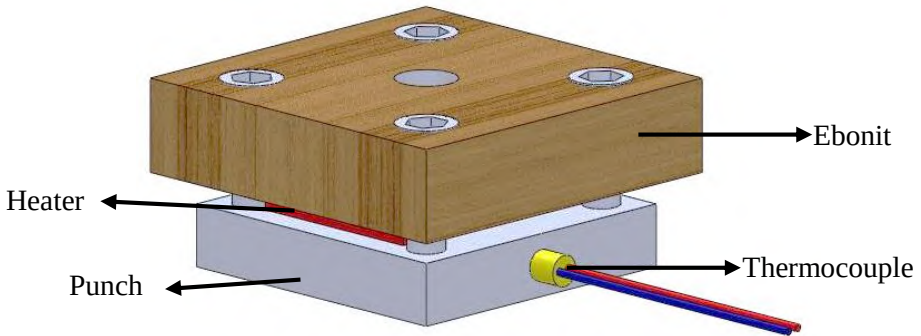
Dari tabel di atas dapat disimpulkan menggunakan compressor jenis Reciprocating single stage.

4.2 Laju Perpindahan Panas

Perpindahan panas pada punch dapat diketahui dengan persamaan Fourier, dimana data yang diketahui adalah sebagai berikut :

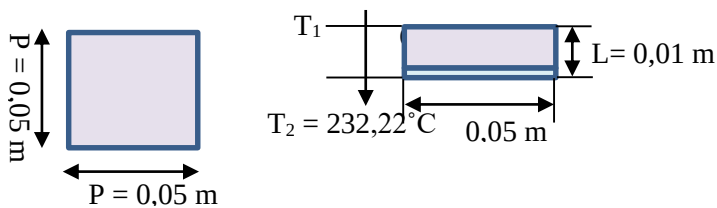
Panjang (W) = 50 mm = 0.05 m
Lebar (H) = 50 mm = 0,05 m

Ketebalan elemen pemanas (L_1)	= 1 mm = 0,001 m
Ketebalan punch (L_2)	= 10 mm = 0,01 m
Konduktivitas termal tembaga (K)	= 401 W/m.K
Temperatur 1 (T_1)	= 232,22°C
Daya Heater (q_x)	= 350 Watt



Gambar 4.1 Ilustrasi pemasangan heater dan thermocouple pada punch

Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi dari perpindahan pada punch



Gambar 4.2 Perpindahan panas konduksi pada punch

- Asumsi :
1. *Steady state condition*
 2. Perpindahan panas satu dimensi (arah x) pada tembaga

3. Perpindahan panas pada cetakan atas dan bawah sama
4. Perambatan panas merata keseluruhan permukaan cetakan dengan arah x

Jadi :

$$q_x = -K.A \frac{dT}{dx} \quad (\text{Sesuai persamaan 2.6})$$

$$350 \text{ W} = -401 \text{ W/m.K} \times (0,05\text{m})^2 \cdot \frac{T_2 - T_1}{0,01}$$

$$(T_2 - T_1) = \frac{350 \text{ W} \times 0,01 \text{ m}}{(-401 \text{ W/m.K} \times 0,0025 \text{ m}^2)}$$

$$(T_2 - T_1) = 3,49$$

$$T_1 = 232,22^\circ\text{C} + 3,49$$

$$T_1 = 235,71^\circ\text{C}$$

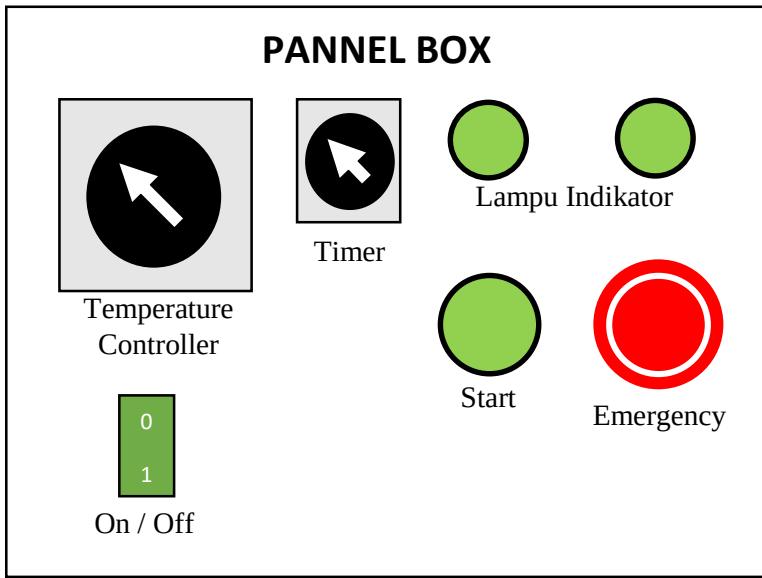
Jadi temperatur pada cetakan die berbeda 3,49 dari temperature pada *heater*. Hal ini disebabkan karena adanya panas yang terbuang ke lingkungan, sehingga untuk memperoleh temperatur yang mendekati dengan temperatur produk maka thermocontrol diletakkan pada dinding cetakan.

Kemudian Thermocontroller di setting empunyai toleransi temperature 10 °C dari suhu yang ditetapkan sehingga heater akan mati apabila suhu mencapai 245,71°C dan akan nyala kembali pada suhu 225,71 °C.

4.3 Perencanaan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik Mesin Hot Embossing Kertas

4.3.1 Sistem Operasi Mesin Hot Embossing Kertas

Sistem operasi pada mesin *hot embossing* kertas diatur dalam panel box. Untuk menjalankan mesin *hot embossing* kertas perlu dibuat sistem operasi yan sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Berikut adalah sistem operasi mesin *hot embossing* kertas.



Gambar 4.3 Konfigurasi sistem

Keterangan Konfigurasi Sistem

1. Tombol On/Off = berfungsi untuk menyalakan sistem rangkaian mesin *hot embossing* kertas.
2. Start = berfungsi untuk menjalankan sistem mesin *hot embossing* kertas pada silinder pneumatik sehingga teraktuasi.
3. Emergency = untuk memutus aliran apabila terjadi yang darurat pada sistem mesin *hot embossing* kertas.
4. Lampu Indikator = berfungsi sebagai penunjuk mesin dalam posisi tertentu.
5. Timer = berfungsi untuk mengatur *holding time* sesuai yang diinginkan pada saat pengembossan.

6. Pengatur Suhu = berfungsi untuk mengatur temperatur heater sesuai dengan kebutuhan pada saat pengembossan.

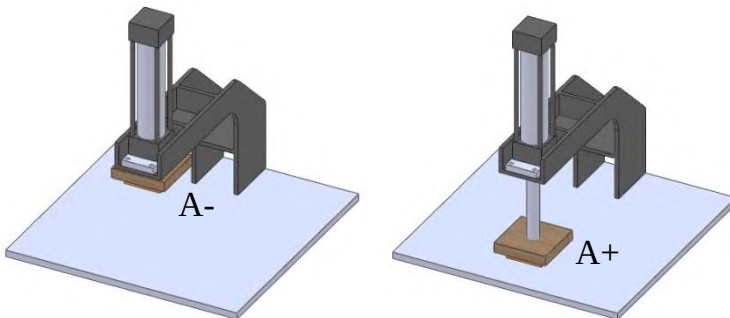
Langkah-langkah untuk membuat sistem kontrol elektro pneumatic dijelaskan dalam diagram di bawah ini :

4.3.2 Function Diagram

Menentukan gerak dari sistem elektro pneumatic dengan ilustrasi dari gerak rod saat proses pengembossan. Pada saat pengembossan menggunakan double acting silinder yang diaktuasi yang oleh DCV 5/2 spring return dan menggunakan sensor limit switch untuk menyalakan timer.

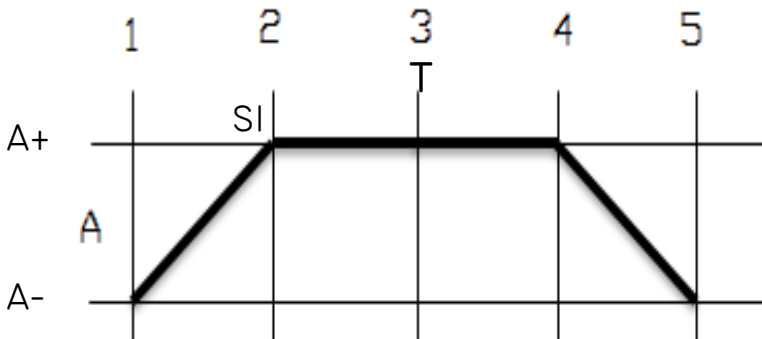
Langkah pada proses pengembossan:

- Gerak saat rod silinder melakukan pengembossan (A+)
- Gerak saat rod silinder selesai melakukan pengembossan (A-)



Gambar 4.4 Sket Kerja Mesin Embossing Kertas

Gerak dari rod silinder kemudian digambar dalam diagram gerak langkah dibawah ini.

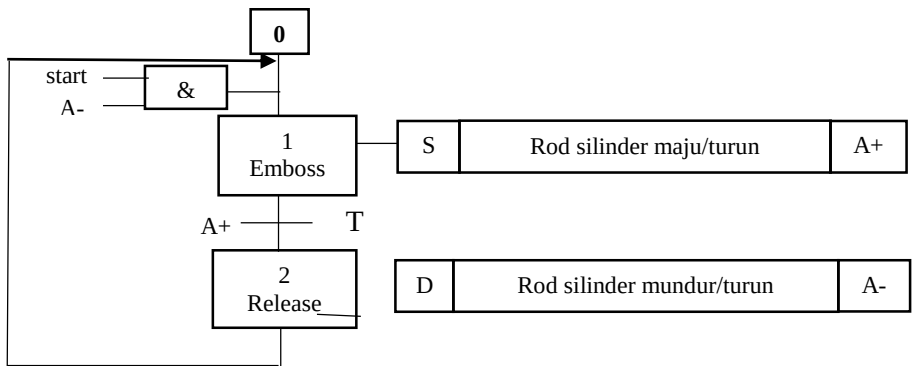


Gambar 4.5 Diagram Gerak Langkah Sirkuit Pneumatik

Pada diagram diatas menunjukkan langkah urutan gerakan silinder actuator mesin hot embossing. Pertama udara masuk sistem ketika push button start ditekan silinder piston maju (A+) dan menyentuh S1 (Limit switch). Kemudian timer berjalan 7 detik (sesuai pengaturan) setelah mencapai batas waktu yang disetting maka piston akan bergerak naik (A-).

4.3.3 Function Chart

Menentukan grafik gerak dari sistem kontrol pneumatik mesin hot embossing kertas.



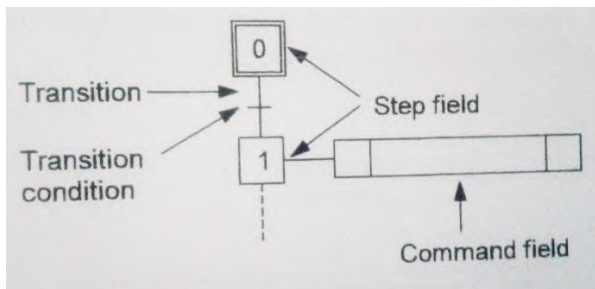
Gambar 4.6 Function chart dari mesin hot embossing kertas

Keterangan:

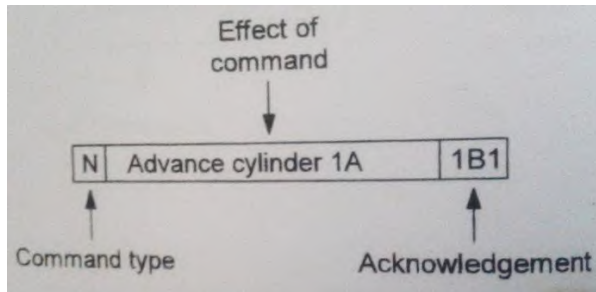
0,1,2 = Langkah dari rod silinder

S = Stored

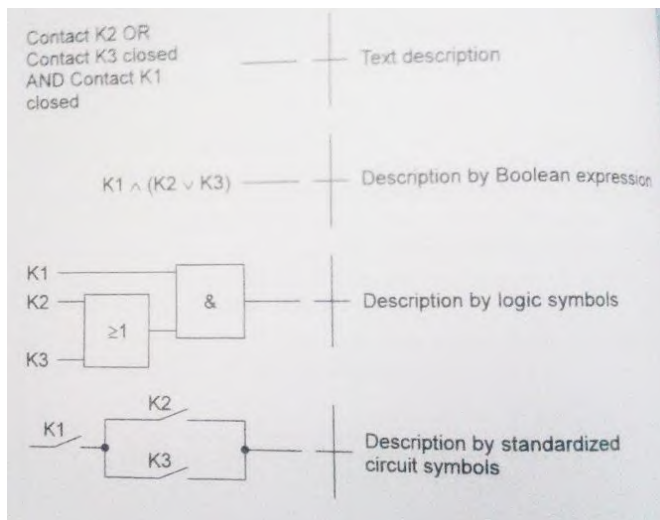
D = Delayed



Gambar 4.7 Keterangan dari Function chart 1

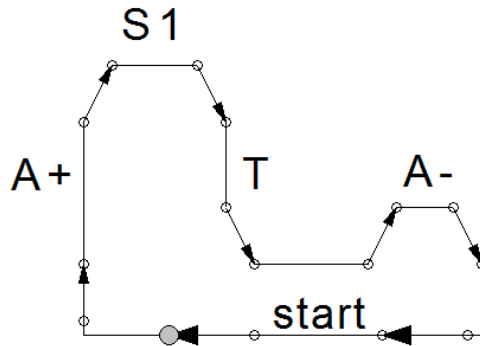


Gambar 4.8 Keterangan dari function chart 2



Gambar 4.9 Keterangan dari function chart 3

Selain dengan function chart, gerakan dari sistem pneumatik juga dapat dijelaskan dalam diagram Notasi sirkuit silinder berikut ini:

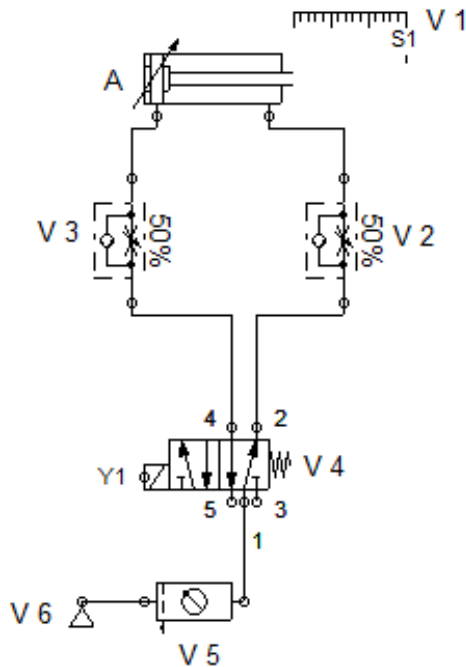


Gambar 4.10 Diagram Notasi Silinder Kerja

Pada diagram diatas menunjukkan langkah urutan gerakan silinder actuator mesin hot embossing. Pertama udara masuk sistem ketika push button start ditekan silinder piston maju (A+) dan menyentuh S1 (Limit switch). Kemudian timer berjalan 15 detik (sesuai pengaturan) setelah mencapai batas waktu yang disetting maka piston akan bergerak naik (A-).

4.3.4 Diagram Sirkuit Pneumatik

Diagram sirkuit pneumatik menunjukkan sambungan-sambungan dari komponen pneumatik yang mendukung berjalannya sistem kerja dari mesin. Adapun diagram sirkuit pneumatik dari mesin hot embossing kertas adala sebagai berikut:



Gambar 4.11 Diagram Sirkuit Pneumatik

Keterangan :

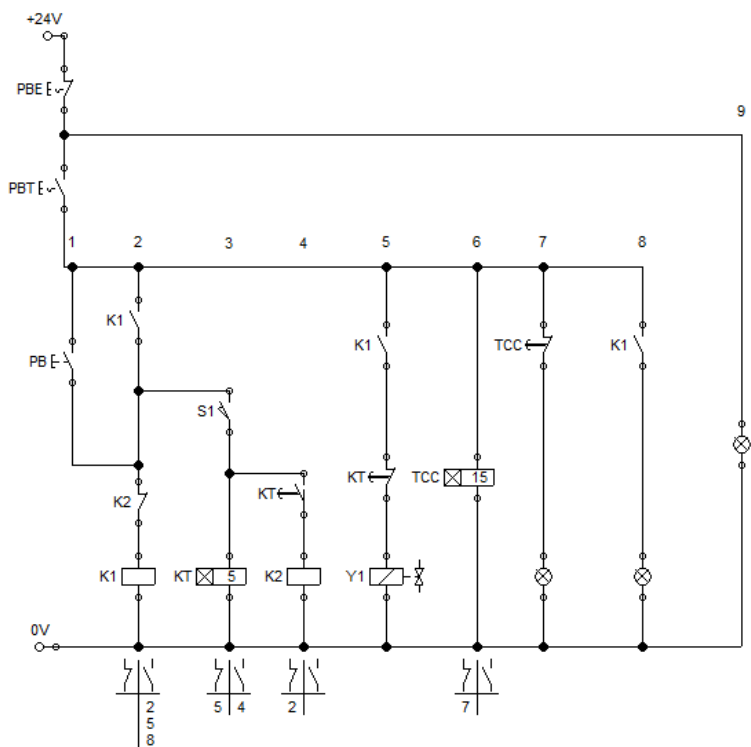
- A = Silinder pneumatik double acting
- V1 = Limit Switch
- V2 = One Way Flow Control Valve
- V3 = One Way Flow Control Valve
- V4 = Directional valve 5/2 – Single solenoid and spring return pneumatik.
- V5 = Air filter Unit
- V6 = Kompresor

Pada diagram diatas menunjukkan langkah urutan gerakan silinder actuator mesin hot embossing. Pertama udara

masuk sistem ketika push button start ditekan silinder piston maju (A+) dan menyentuh S1 (Limit switch). Kemudian timer berjalan 7 detik (sesuai pengaturan) setelah mencapai batas waktu yang disetting maka piston akan bergerak naik (A-).

4.3.5 Diagram Sirkuit Kelistrikan

Diagram sirkuit kelistrikan menunjukkan bagaimana komponen control elektrik berhubungan dan bereaksi.



Gambar 4.12 Diagram Kelistrikan

Keterangan gambar diagram kelistrikan :

PBE	: Emergency Push Button
PBT	: Push Button On
PB	: Push Button Start
K	: Relay Elektromagnetik
T	: Timer
TCC	: Thermocouple control
LI	: Lampu indikator (hijau)
S1	: Sensor limit switch
Y1	: Solenoid Valve 5/2

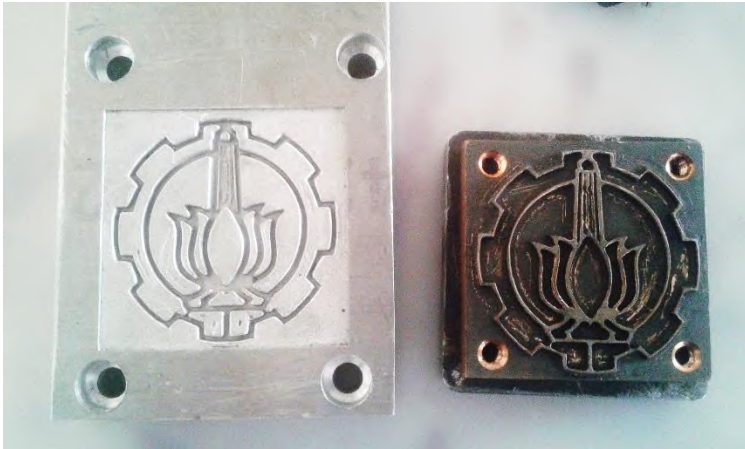
Keterangan Sirkuit Listrik Elektropneumatik:

Pada sirkuit elektropneumatik diatas terdapat sumber arus yang mengalir dari suplay AC. Sumber AC digunakan pada timer dan thermocontrol. Prinsip kerja mesin hot embossing berdasarkan diagram kelistrikan pada saat main switch dinyalakan aliran udara dan aliran listrik akan masuk, lalu temperature disetting melalui TCC sesuai kebutuhan untuk proses embossing, setting pula timer untuk waktu penahanan, jika setting sudah dilakukan dan temperature sudah tercapai maka akan mengaktifkan K1 dan push button start (PB) ditekan akan menyalakan K1 yang mengirim sinyal pada solenoid Y1 sehingga silinder turun sampai menyentuh Limit Switch 1 dan mengaktifkan KT, KT akan mengaktifkan timer dan waktu penahanan terjadi sampai waktu yang ditentukan, jika waktu sudah tercapai timer akan memutus aliran yang akhirnya membuat silinder pneumatic naik ke posisi awal.

4.4 Perencanaan Cetakan, Housing Emboss dan Elemen Pemanas

Cetakan berfungsi untuk membuat logo atau label. Dalam tugas akhir ini kami membuat sebuah cetakan yang bergambar logo ITS. Cetakan kami berbentuk Punch dan Dies dimana Punch berfungsi untuk menekan kertas dan Dies berfungsi untuk menahan kertas dari bawah. Punch terbuat dari bahan tembaga

dengan ukuran panjang lebar 50x50 mm dan tebal 10 mm sedangkan dies terbuat dari aluminium dengan ukuran panjang lebar 60x80 mm dan tebal 20 mm. untuk mencegah perpindahan panas yang terjadi pada elemen pemanas maka dipasangkan juga ebonit dengan ukuran 60x60 mm dengan tebal 15 mm. Adapun gambar dari punch dan dies adalah sebagai berikut:



Gambar 4.13 Punch dan Dies

4.5 Hasil Pengujian Mesin Hot Embossing Kertas

Pengujian mesin hot embossing kertas dilakukan beberapa kali untuk memperoleh hasil dari embossing yang baik dan jelas. Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Data hasil uji coba mesin

NO	TEST	TEMPERATURE	HOLDING TIME	KET
1	Test 1	30 °C	7 Second	Kurang jelas
2	Test 2	40 °C	7 Second	Kurang jelas
3	Test 3	60 °C	7 Second	Kurang jelas
4	Test 4	80 °C	7 Second	Kurang jelas
5	Test 5	100 °C	7 Second	Kurang Jelas
6	Test 6	130 °C	7 Second	Kurang Jelas
7	Test 7	150 °C	7 Second	Cukup Jelas
8	Test 8	180 °C	7 Second	Cukup Jelas
9	Test 9	232,22 °C	7 Second	Sangat jelas

Dalam pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa hasil maksimal emboss pada temperatur 232,22°C dan holding time 7 detik. Hasil pengujian temperatur ini dapat menjadi acuan untuk mensetting temperatur yang digunakan dan peletakan termal protector.



Gambar 4.14 Hasil embossing kertas

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

Lampiran 1

Spesifikasi Silinder Pneumatik

SC / SU Series
Standard Cylinder


JELPC®

The way to automation



SU90 x100-FA SC40 x75-50 SC40 x100-5 SC80 x50-5 SC100 x150

Ordering Code

SC	D	50	50	25	S	LB	MT
Series	Series Code	Bore	Stroke	Adjustable Stroke	Mounting	Mountings	Accessories
SC Tie rod type	Basic: Standard double acting	52 40 50			1: With magnet Blank: Without magnet	Blank: Basic mounting LB: Foot	RL-21 Type
SU: Pinless type	D: Double-shaft double acting	63 80 100 125 160 200 250 320				FA: Front flange FB: Rear flange CA: Rear hinge CB: Rear hinge TC-M: Center mounting	SC: Bracket for switch SU: Bracket for switch

Specification

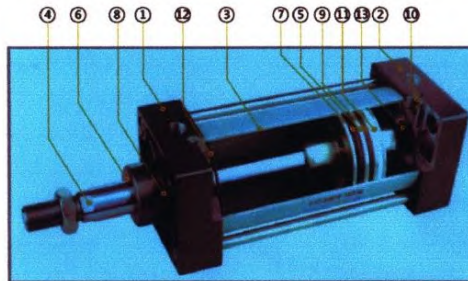
Bore (mm)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
Operation	Double Acting										
Working Medium	Air										
*Mountings	Basic: FA FB CA CB LB TC TC-M										
Operating Pressure Range	1 ~ 9.0 Kgf/cm ²										
Proof Pressure	13.5 Kgf/cm ²										
Operating Temperature Range	0 ~ 70 °C										
Operating Speed Range	50 ~ 800 mm/s										
Cushion	Adjustable Cushioning										
Adjustable Cushioning Stroke	20 mm				26 mm				45 mm	52 mm	66 mm
Port Size	G 1/8"	G 1/4"		G 3/8"		G 1/2"		G 3/4"		G 1"	

*SCD, SCJ mountings: FA, FB, LB, TC and TC-M type.

Lampiran 2

Spesifikasi Silinder Pneumatik (Lanjutan)

Internal Structure



Parts

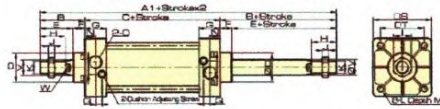
Number	Name	Material	Quantity
1	Front Cover	Painted Aluminium	1
2	Back Cover	Painted Aluminium	1
3	Barrel	Anodised Aluminium	1
4	Piston Rod	Chromed Carbon Steel	1
5	Piston	Aluminium	1
6	Piston Rod Seal	NBR	1
7	Piston Seal	NBR	2
8	Bearing	Non-lub Bearing	1
9	Magnet	Plastic	1
10	Cushion Screw	Brass	2
11	Anti-friction Ring	PTFE	1
12	End cap Seal	NBR	2
13	Cushion Seal	NBR	2

Overall Dimension

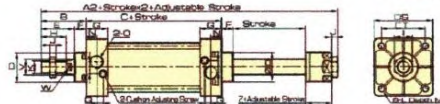
SC



SCD

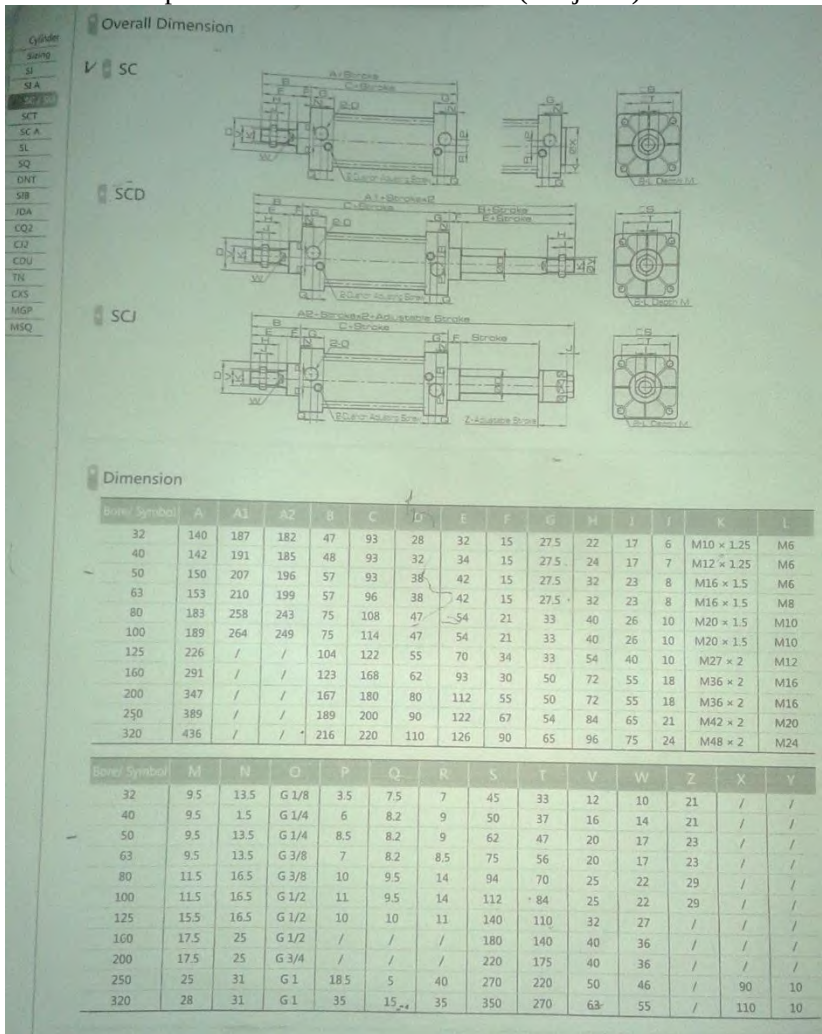


SCJ



Lampiran 3

Spesifikasi Silinder Pneumatik (Lanjutan)



Lampiran 4

Tabel Gaya Piston

ISO6431 non-tie rod cylinder

Bore (mm)	Rod (mm)	Action	Pressed area (cm ²)	Operating pressure (kgf/cm ²)							
				3	4	5	6	7	8		
32	12	Push	8.04	24	32	40	48	56	64		
		Pull	6.91	21	27	34	41	48	55		
40	16	Push	12.56	38	50	63	75	88	100		
		Pull	10.56	32	42	53	63	74	84		
50	20	Push	19.63	59	79	98	118	137	157		
		Pull	16.49	49	66	82	99	115	132		
63	20	Push	31.16	93	125	156	187	218	249		
		Pull	28.02	84	112	140	168	196	224		
80	25	Push	50.24	151	201	251	301	352	402		
		Pull	45.34	136	181	227	272	317	363		
100	25	Push	78.5	236	314	393	471	550	628		
		Pull	73.6	221	294	368	442	515	589		
125	32	Push	122.7	368	491	614	736	859	982		
		Pull	114.7	344	459	574	688	803	918		
160	40	Push	201	603	804	1005	1206	1407	1608		
		Pull	188	564	752	940	1128	1316	1504		
200	40	Push	314	942	1256	1570	1884	2198	2512		
		Pull	301	903	1204	1505	1806	2107	2408		
250	50	Push	491	1473	1964	2455	2946	3437	3928		
		Pull	471	1413	1884	2355	2826	3297	3768		
320	60	Push	804	2412	3216	4020	4824	5628	6432		
		Pull	776	2328	3104	3880	4656	5432	6208		

Lampiran 5

Tabel Kebutuhan Udara

Diameter	Tekanan Kerja (bar)									
Piston	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(mm)	Kebutuhan udara (q) dalam liter/cm langkah									
6	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0030
12	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012
16	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022
25	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038	0,043	0,048	0,052
35	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075	0,084	0,093	0,103
40	0,025	0,037	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097	0,110	0,122	0,135
50	0,039	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,210
70	0,076	0,113	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299	0,335	0,374	0,411
100	0,155	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839
140	0,303	0,452	0,601	0,750	0,899	1,048	1,197	1,346	1,495	1,644
200	0,618	0,923	1,227	1,531	1,835	2,139	2,443	2,747	3,052	3,356
250	0,966	1,441	1,916	2,392	2,867	3,342	3,817	4,292	4,768	5,243

Lampiran 6

Spesifikasi Conector

Accessories

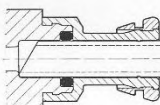
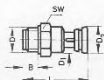
Quick push-pull connectors for PL, PP and PU plastic tubing and plastic-coated alloy tube PM

FESTO
PNEUMATIC

Quick push-pull connector Type CS...

These quick push-pull connectors can be used to assemble the plastic-coated alloy tube Type PM or plastic tubing Types PL, PP and PU simply and quickly.

Assembly: Insert tubing or alloy tube into tubing connection until the noticeable resistance of the sealing ring is overcome. Then slide in tube or plastic tubing as far as it will go. Slip locking ring over tubing connection.

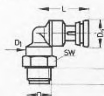


- ① Plastic tubing
- ② PL plastic tubing
- ③ PP plastic tubing
- ④ PM alloy tube

Accessories: See sheet 6.510

Order code	Part No.	Type	For tubing/ tube inside dia.	Connection D	Nominal size mm	Material	Weight kg	Dimensions B D ₁ D ₂ L SW
With metal connector and sealing ring								
5787	CS-M 5-PK-3	3	M 5	2.4	Steel	0.004	3.5	— 10.5 31 8
5788	CS-M 5-PK-4	4/4	M 5	2.4	plastic	0.005	3.5	— 11.5 31 10
10 100	CS-1/8-PK-3-B	3	G 1/8	3	Aluminium/ plastic	0.006	5	— 12.5 33 13
10 101	CS-1/8-PK-4-B	4/4	G 1/8	4		0.006	5	— 14 33 13
12 620	CK-1/8-PK-6	6/5.2	G 1/8	5.3		0.007	6.5	— 17 34.5 13
10 102	CS-1/4-PK-4-B	4/4	G 1/4	4		0.009	6.5	— 14 35 17
10 103	CS-1/4-PK-6	6/5.2	G 1/4	6		0.010	6.5	— 17 35 17
12 962	CS-1/4-PK-8	8	G 1/4	8		0.150	6.5	— 21 47 17
10 104	CS-3/8-PK-6	6/5.2	G 3/8	6		0.140	8.5	— 17 37 19
12 963	CS-3/8-PK-8	8	G 3/8	8		0.020	8.5	— 21 50 19
Plastic design								
5789	CS-1/8-PK-3-KU	3	G 1/8	3	Plastic with moulded-on sealing rim	0.004	6.5	14.2 12.5 32.4 13
5790	CS-1/8-PK-4-KU	4/4	G 1/8	4		0.004	6.5	14.2 14 32.4 13
5792	CS-1/4-PK-4-KU	4/4	G 1/4	4		0.005	8.5	14.2 14 34.5 17
6699	CS-1/4-PK-6-KU	6/5.2	G 1/4	6		0.005	8.5	16 17 35 17
6700	CS-3/8-PK-6-KU	6/5.2	G 3/8	6		0.007	10.5	16 17 37 19

* Suitable for frequent clamping and releasing of the plug-in connection



Quick push-pull elbow Type LCS...

Upper section can be swivelled through
360°

Order code	Part No.	Type	For tubing/ tube inside dia.	Connection D	Nominal size mm	Material	Weight kg	Dimensions B D ₁ D ₂ H L SW
With metal connector and sealing ring								
12 962	LCS-M 5-PK-3	3	M 5	3	Steel	0.01	3.5	— 12.5 21.8 26.4 10
13 688	LCS-M 5-PK-4	4/4	M 5	4	plastic	0.01	3.5	— 14 21.8 26.4 10
10 105	LCS-1/8-PK-3	3	G 1/8	3	Aluminium/ plastic	0.008	5	— 12.5 20 26.5 13
10 106	LCS-1/8-PK-4	4/4	G 1/8	4		0.008	5	— 14 20 26.5 13
12 621	LCS-1/8-PK-6	6/5.2	G 1/8	5.3		0.008	5	— 17 23.1 27.9 13
10 107	LCS-1/4-PK-4	4/4	G 1/4	4		0.012	6.5	— 14 21 26.5 17
10 108	LCS-1/4-PK-6	6/5.2	G 1/4	6		0.014	6.5	— 17 22.5 28 17
12 964	LCS-1/4-PK-8	8	G 1/4	8		0.025	6.5	— 21 31.2 40 17
10 109	LCS-3/8-PK-6	6/5.2	G 3/8	6		0.017	8.5	— 17 22.5 28 19
12 965	LCS-3/8-PK-8	8	G 3/8	8		0.028	8.5	— 21 32 40 19
Plastic design								
9618	LCS-1/8-PK-3-KU	3	G 1/8	3	Plastic with moulded-on sealing rim	0.005	6.5	14.2 12.5 18.5 26.3 13
6833	LCS-1/8-PK-4-KU	4/4	G 1/8	4		0.005	6.5	14.2 14 18.5 26.3 13
6836	LCS-1/4-PK-4-KU	4/4	G 1/4	4		0.007	8.5	14.2 14 18.7 28.3 17
6839	LCS-1/4-PK-6-KU	6/5.2	G 1/4	6		0.008	8.5	16 17 20.2 27.8 17
9619	LCS-3/8-PK-6-KU	6/5.2	G 3/8	6		0.011	10.5	16 17 20.3 27.8 19

* Pressure range for nominal size 8 mm: -0.95 to +7 bar

Subject to change

6.120

Lampiran 7

Spesifikasi sambungan Tee

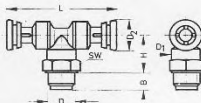
Accessories

Quick push-pull connectors for PL, PP, PU plastic tubing and plastic-coated alloy tube PM

FESTO
PNEUMATIC

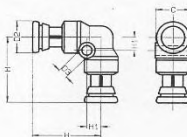
Quick push-pull branch tee Type TCS-...

Upper section can be swivelled through
360°



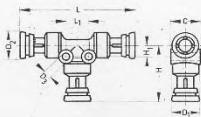
Order code	Part No.	Type	For tubing/ tube inside dia.	Connection D	Nominal size mm	Material	Weight kg	Dimensions B	D ₁	D ₂	H	L	SW
With metal connector and sealing ring													
13 699	TCS-M 5-PK-3	3	M 5	3	Steel	0.153	3.5	—	12.5	21.8	53	10	
13 690	TCS-M 5-PK-4	4/4	M 5	4	plastic	0.152	3.5	—	14	21.8	53	10	
10 110	TCS-1/8-PK-3	3	G 1/8	3	Aluminium/ plastic	0.010	5	—	12.5	20	53	13	
10 111	TCS-1/8-PK-4	4/4	G 1/8	4	plastic	0.010	5	—	14	20	53	13	
12 622	TCS-1/8-PK-6	6/5.2	G 1/8	5.3	— 0.95 to +10 bar*	0.012	5	—	17	23.2	56	13	
10 112	TCS-1/4-PK-4	4/4	G 1/4	4	— 0.95 to +10 bar*	0.014	6.5	—	14	21	53	17	
10 113	TCS-1/4-PK-6	6/5.2	G 1/4	6	— 0.95 to +10 bar*	0.016	6.5	—	17	22.5	56	17	
12 956	TCS-1/4-PK-8	8	G 1/4	8	— 0.95 to +10 bar*	0.030	6.5	—	21	31.2	80.3	17	
10 114	TCS-3/8-PK-6	6/5.2	G 3/8	6	— 0.95 to +10 bar*	0.020	8.5	—	17	22.5	56	19	
12 967	TCS-3/8-PK-8	8	G 3/8	8	— 0.95 to +10 bar*	0.040	8.5	—	21	32	80.3	19	
Plastic design													
8665	TCS-1/8-PK-3-KU	3	G 1/8	3	Plastic with moulded-on sealing rim	0.008	6.5	14.2	12.5	18.5	52.6	13	
8666	TCS-1/8-PK-4-KU	4/4	G 1/8	4	— 0.95 to +10 bar*	0.010	6.5	14.2	14	18.5	52.6	13	
8667	TCS-1/8-PK-6-KU	6/5.2	G 1/8	6	— 0.95 to +10 bar*	0.011	6.5	14.2	14	18.7	52.6	17	
8668	TCS-1/4-PK-6-KU	6/5.2	G 1/4	6	— 0.95 to +10 bar*	0.011	8.5	16	17	20.2	55.6	17	
8669	TCS-3/8-PK-6-KU	6/5.2	G 3/8	6	— 0.95 to +10 bar*	0.013	10.5	16	17	20.3	55.6	19	

Quick push-pull angle connector Type WCS-...



Order code	Part No.	Type	For tubing/ tube inside dia.	Nominal size mm	Material	Weight kg	C	Dimensions D ₂	D ₁	H	H ₁
11 903	WCS-PK-3-KU	3	3	Plastic	0.005	14.5	12.5	4.3	28	5	
11 904	WCS-PK-4-KU	4/4	4	— 0.95 to +10 bar*	0.005	15	14	4.3	29	6	
11 905	WCS-PK-6-KU	6/5.2	6	— 0.95 to +10 bar*	0.007	18	17	4.3	31	7	
12 971	WCS-PK-8-KU	8	8	— 0.95 to +10 bar*	0.019	24	21	4.3	44	11	

Quick push-pull tee connector Type FCS-...



Order code	Part No.	Type	For tubing/ tube inside dia.	Nominal size mm	Material	Weight kg	Dimensions C	D ₁	D ₂	D ₃	L	L ₁	H	H ₁
9576	FCS-3-PK-3-KU	3	3	Plastic	0.008	14	14.2	12.5	4.3	56.5	10	29	4.8	
9831	FCS-3-PK-4-KU	4/4	4	— 0.95 to +10 bar*	0.008	15	14.2	14	4.3	56.5	12	29	5.8	
9832	FCS-3-PK-6-KU	6/5.2	6	— 0.95 to +10 bar*	0.011	19	16	17	4.3	59.5	12	32	7	
12 970	FCS-3-PK-8-KU	8	8	— 0.95 to +10 bar*	0.027	22.5	16	21	4.3	61	12	45.3	7.8	

* Pressure range for nominal size 8 mm: — 0.95 to +7 bar

CS pliers type ZCS, plastic-coated alloy tube PM and quick push coupling type KCS see sheet 6.510

Subject to change

Lampiran 8

Spesifikasi Valve Pneumatik

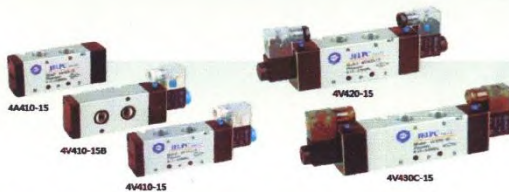
4V400 Series

Solenoid Valve, Air Piloted Valve



JELPC®

The way to automation



Ordering Code

4V	4	10	15	B	AC220V	W	F
Coil voltage	Series	Coil and Lure	Coil size	Mounting style	Coil voltage	Option	Port
4V: 5/3W way solenoid valve 4V: 5/2W way air pilot valve 3V: 3/2 way solenoid valve 3V: 3/2 way air pilot valve	400 Series	10 Single coil 20 Double coil 30C: Mid-position closed 30E: Mid-position vented 30P: Mid-position open	10: 1/2"	Blank: Threaded B: Sub-plated mounted (for 5/2: 5/3 way only) NC: 3/2 Way normally closed NO: 3/2 Way normally open	DC24V DC24V AC230V 50Hz/60Hz AC110V 50Hz/60Hz AC220V 50Hz/60Hz AC380V 50Hz/60Hz	Blank: Without light indicator LD: Green with light indicator DE: White with light indicator W: Lead wire	1 F-20 F

Specification

Model	4V410-15 4A410-15	4V420-15 4A420-15	4V430C-15 4A430C-15	4V430E-15 4A430E-15	4V430P-15 4A430P-15
Valve Type	5/2 Way		5/3 Way		
Effective Cross Section Area	50 mm ² (CV=2.79)		30 mm ² (CV=1.68)		
	3V410-15	3V420-15	3A410-15	3A420-15	
Valve Type	3/2 Way				
Effective Cross Section Area	50mm ² (CV=2.79)				
Port Size	Inlet, Outlet, Exhaust Port = G1/2"				
Working Medium	40 Micron Filtered Air				
Operation	Internal piloted				
Working pressure	0.15 ~ 0.8 MPa				
Max. Test Pressure	1.2 MPa				
Ambient Temperature	5 ~ 50 °C				
Operating Voltage Tolerance	± 10%				
Power Consumption	AC: 5.5 VA DC: 4.8 W				
Connector Protection	F Class, IP 65				
Wiring / Connector	Cable / Lead Wire or DIN Connector				
Switching Frequency	5 Cycles / Sec.				
Response Time	0.05 Sec.				

Lampiran 9

Spesifikasi Air Filter

CE
ISO9001:2000

JAC Series 1000~5000
Air Filter Combination
(F.R.L. Combination)

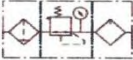

JAC2000-02


JAC3000-03

Ordering Code

J A	C	4000	04	D	N
Series	Function	Specification	Port size	Drain Type	Mounting Form
JAC2000-02	F.R.L. Combination	2000 2500 2800	MS: MS x 0.8 02: G 1/8" 03: G 3/8"	Blank: Semi-automatic Dr: Automatic	Blank: Standard N: Metal cup
JAC3000-03		3000 4000 5000	04: G 1/2" 06: G 3/4" 10: G 1"		

Symbol



Specification

Model	JAC1000-01	JAC1000-01	JAC2000-02	JAC2500-02	JAC2800-02	JAC3000-02	JAC3000-03	JAC4000-03	JAC4000-04	JAC4000-06	JAC5000-06	JAC5000-10
Rated Flow	90	500	500	1500	1500	2000	2000	4000	4000	4500	5000	5000
Port Size	MS	1/8	1/4	1/4	3/8	1/4	3/8	3/8	1/2	3/4	3/4	1
Filter Precision	25 um											
Max. Adjustable Pressure	1.0 MPa											
Ensured Pressure Resistance	1.5 MPa											
Operating Temperature Range	5 ~ 60 °C											
Range of Adjustable Pressure	0.05 ~ 0.85 MPa											
Suggested Lubricant	ISO VG 32											
Container Material	Poly Carbonate											
Protective Cup Cover	Iron											
Drain Function	Differential Drain											
Valve Type	With Overflow											
Assembly	Filter	JAF1000-MS	JAF2000-01	JAF2000-02	JAF2000-02	JAF3000-02	JAF3000-03	JAF4000-03	JAF4000-04	JAF4000-06	JAF5000-06	JAF5000-10
	Regulator	JAR1000-MS	JAR2000-01	JAR2000-02	JAR2500-02	JAR3000-02	JAR3000-03	JAR4000-03	JAR4000-04	JAR4000-06	JAR5000-06	JAR5000-10
	Lubricator	JAL1000-MS	JAL2000-01	JAL2000-02	JAL3000-02	JAL3000-02	JAL3000-03	JAL4000-03	JAL4000-04	JAL4000-06	JAL5000-06	JAL5000-10

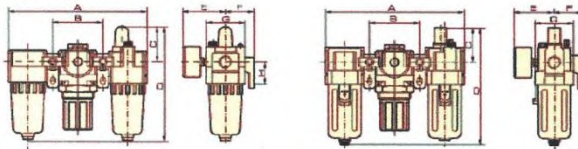
Lampiran 10

Spesifikasi Air Filter (Lanjutan)

JAC Series 1000~5000 Air Filter Combination (F.R.L Combination)

Overall Dimension

JAC1000 ~ JAC5000



Dimension

Model	Size	A	B	C	D	E	F	G	H
JAC1000	M5	91	33	25.5	84.5	26	25	25	20
JAC2000	1/8 ~ 1/4	140	50	38	125	56.8	30	40	24
JAC2500	1/4 ~ 3/8	181	64	38	156.5	60.8	41	53	35
JAC3000	1/4 ~ 3/8	181	64	38	156.5	60.8	41	53	35
JAC4000	3/8 ~ 1/2	238	84	41	191.5	65.5	50	70	40
JAC4000-06	3/4	253	89	41	193	69.5	50	70	40
JAC5000	3/4 - 1	300	105	48	271.5	75.5	69.8	90	50

Lampiran 11

Spesifikasi Pipa Saluran Pneumatik

SMC Offers a Rainbow of "Standard" color choices

TIUB 05 BU 33			
Polyurethane Tubing			
Size	Tube size	Color Indication	Length per roll
Symbol	Size	Symbol Color	Symbol Roll size
01	1/8"	See Color Chart Below.	25' 7.6 m
05	3/16"		100' 30.5 m
07	1/4"		200' 61.0 m
11	3/8"		200' 61.0 m
18	1/2"		200' 61.0 m

1 1/8", 3/16", 1/4"
Larger lengths available upon request.

TU 0425 BU 20			
Polyurethane Tubing			
Size	Tube size	Color Indication	Length per roll
Symbol	Size	Symbol Color	Symbol Roll size
0425	4mm (1/32")	See Color Chart Below.	25' 7.6 m
0425	6mm		100' 30.5 m
0425	8mm (5/16")		200' 61.0 m
0425	10mm		200' 61.0 m
0425	12mm		200' 61.0 m

1/8", 3/16", 1/4"
Larger lengths available upon request.

Color	Tube Sample	Color	Tube Sample
B Black		G4 Dark Green	
BU Blue		GR1 Gray (solid)	
C Clear		GR2 Lt. Gray (solid)	
G Green		P1 Neon Pink	
R Red		PU1 Purple (solid)	
W White		PU2 TR Purple	
Y Yellow		R1 Red (solid)	
YR Orange		R2 TR Red	
BU1 Blue (solid)		S1 Silver	
BU2 TR Blue		Y1 Yellow (solid)	
BU3 Med. Blue		Y2 TR Yellow	
BR1 Brown (solid)		Y3 Neon Yellow	
G1 Green (solid)		YR1 TR Orange	
G2 TR Green		YR2 Neon Orange	
G3 Neon Green			

Note: Quick ship colors include: Black, Blue, Clear, Green, Red, White, Yellow and Orange.

Lampiran 12

Tabel Konduktivitas Thermal

BAHAN	k (Watt/m.K)
Perak (Silver), Ag	429
Tembaga (Copper), Cu	401
Aluminium Murni, Al	237
Rhodium, Rh	150
Nikel (Nickel), Ni	90,7
Stainless Steel, AISI 302	15,1
Concrete Block, 20 cm thick	1,1
Asbestos-Cement Board	0,58
Plywood	0,12
Aspal (Asphalt)	0,062

Lampiran 13

Tabel Tekanan Maksimal pada Selang Pneumatik

NYLON AND POLYURETHANE TUBING

Ø 4 to 16 mm O/D



Available in a range of colours for ease of identification

In addition to general industrial applications Nylon is suitable for use on air braking systems of commercial vehicles and conforms to DIN 74324.

(Applicable sizes: 4, 8, 10, 12, 16mm O/D)

25 metre lengths supplied in cartons providing good protection and easy storage

Polyurethane offers excellent mechanical properties and industry leading flexibility

TECHNICAL DATA

Medium:

Compressed air. Consult our Technical Service for use with other fluids

Operating pressure:

Refer to specific tubing type on the following pages

Ambient temperature:

Refer to specific tubing type on the following pages

MATERIALS

Nylon tube: nylon (polyamide) type PA12 fully plasticised and light stabilised. Conforms to material standard of DIN 74324.

Polyurethane tube: is light stabilised and has a hardness of Shore D 52

Maximum working pressures and bend radii

O/D mm		4	5	6	8	10	12	14	16
Max. pressure (bar)*	Nylon	31	33	27	19	19	19	16	19
	Polyurethane	10	11	9	9	9	9	—	—
Min. bend radius mm	Nylon	25	25	30	40	60	60	90	95
	Polyurethane	6	7	9	15	17	25	—	—

*Multiply by factors in table below for use at higher temperatures.

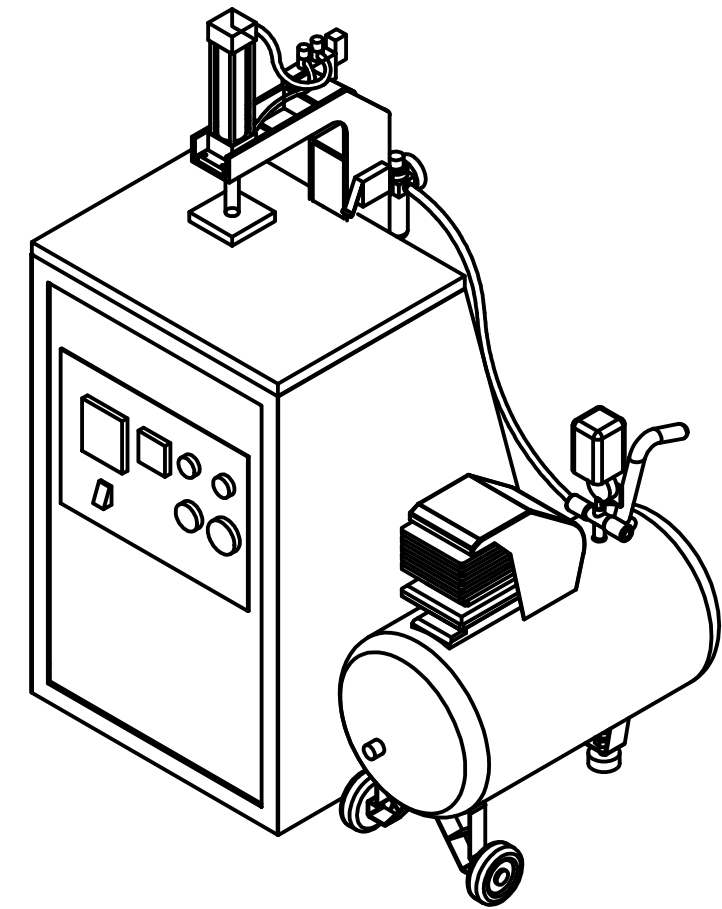
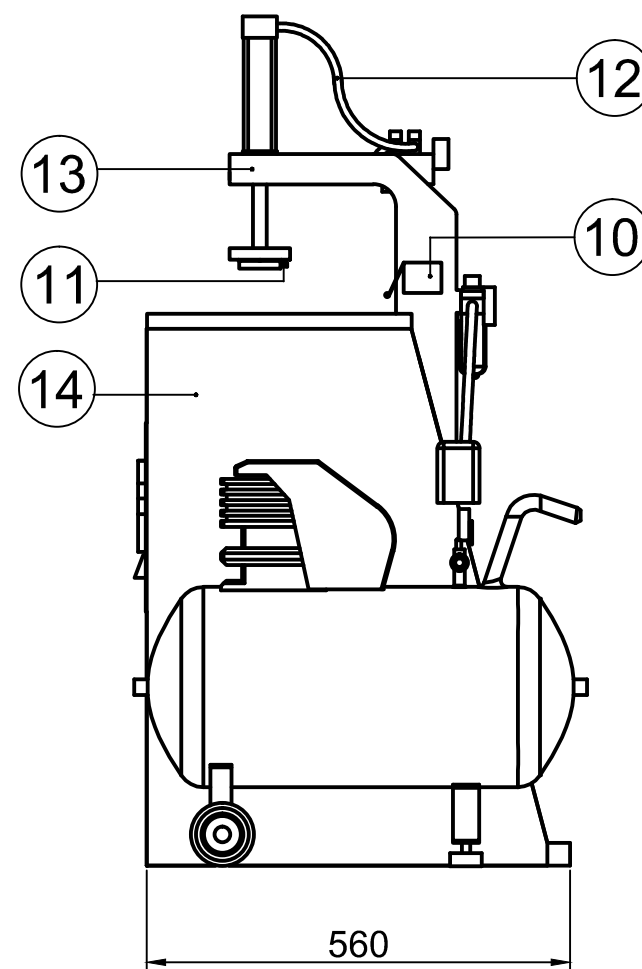
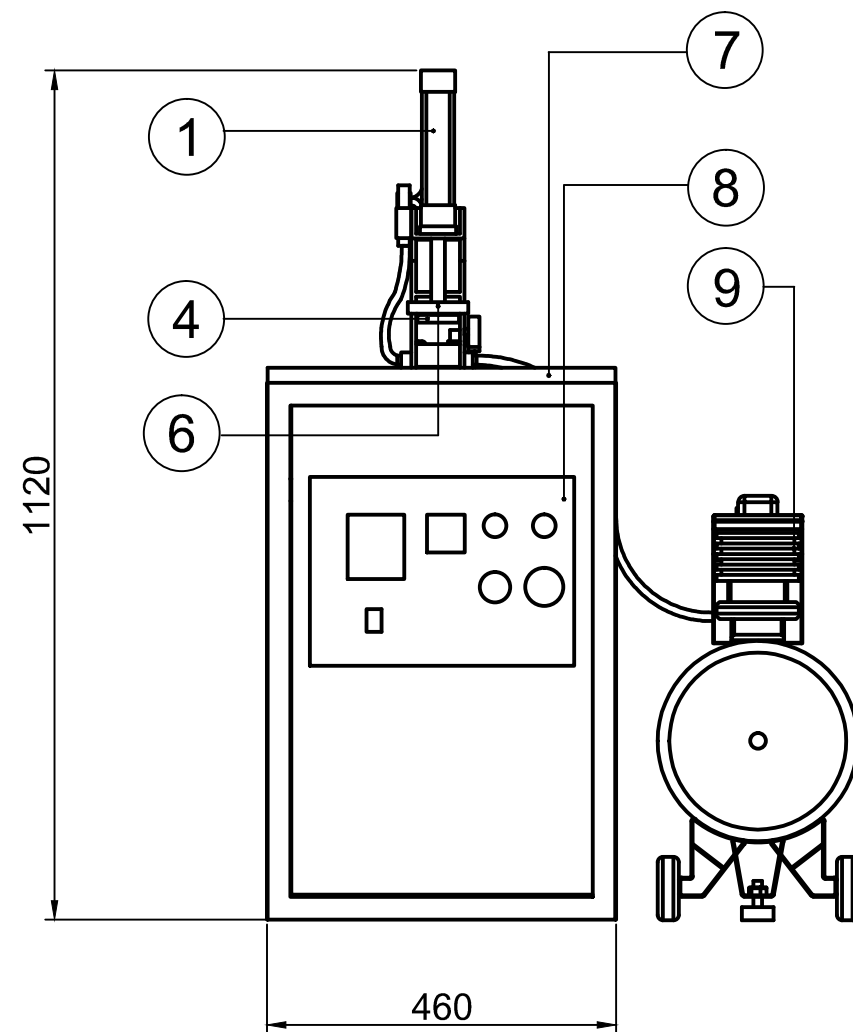
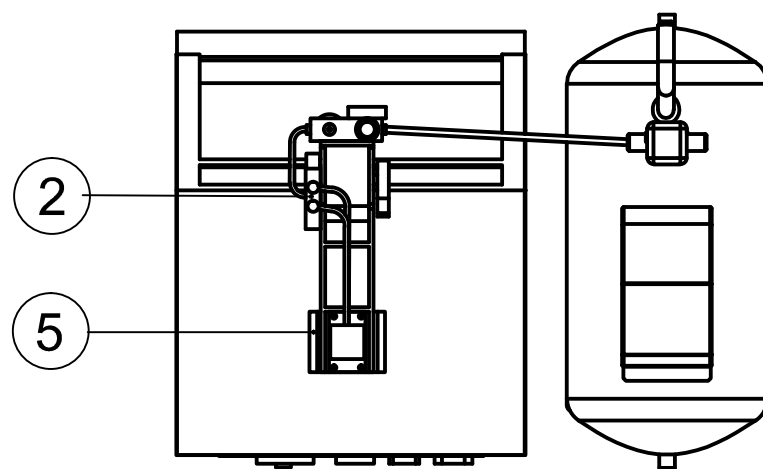
Working pressure/temperature conversion factors

Working temperature	Factor Nylon	Factor Polyurethane
+40°C to +20°C	1.00	1.00
+20°C	0.90	0.85
+40°C	0.75	0.70
+50°C	0.64	0.60
+60°C	0.57	0.50
+80°C	0.47	—

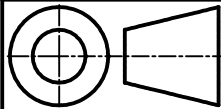
To calculate working pressures at various temperatures, multiply working pressure at +40°C to +20°C by factor given in table
Maximum continuous working temperature: Nylon +80°C Polyurethane +50°C

Tube sizes (metric)

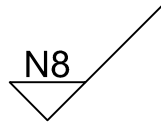
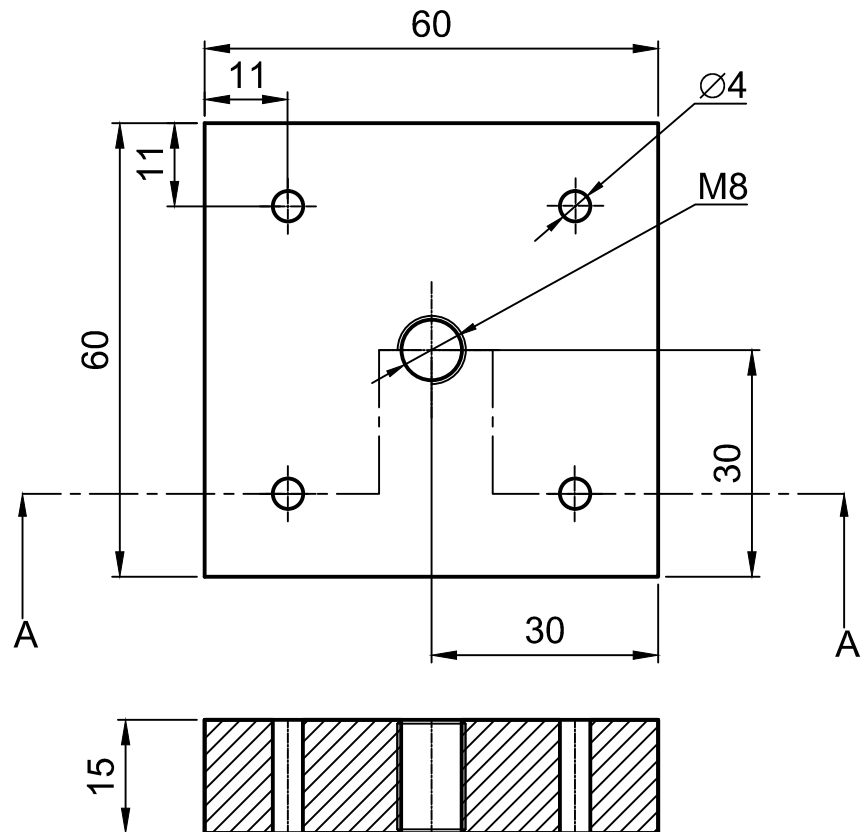
O/D mm	4	5	6	8	10	12	14	16
Nylon	•	•	•	•	•	•	•	•
Polyurethane	•	•	•	•	•	•	•	•



SKALA : 1:10
Isometric View

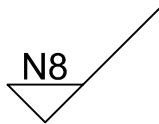
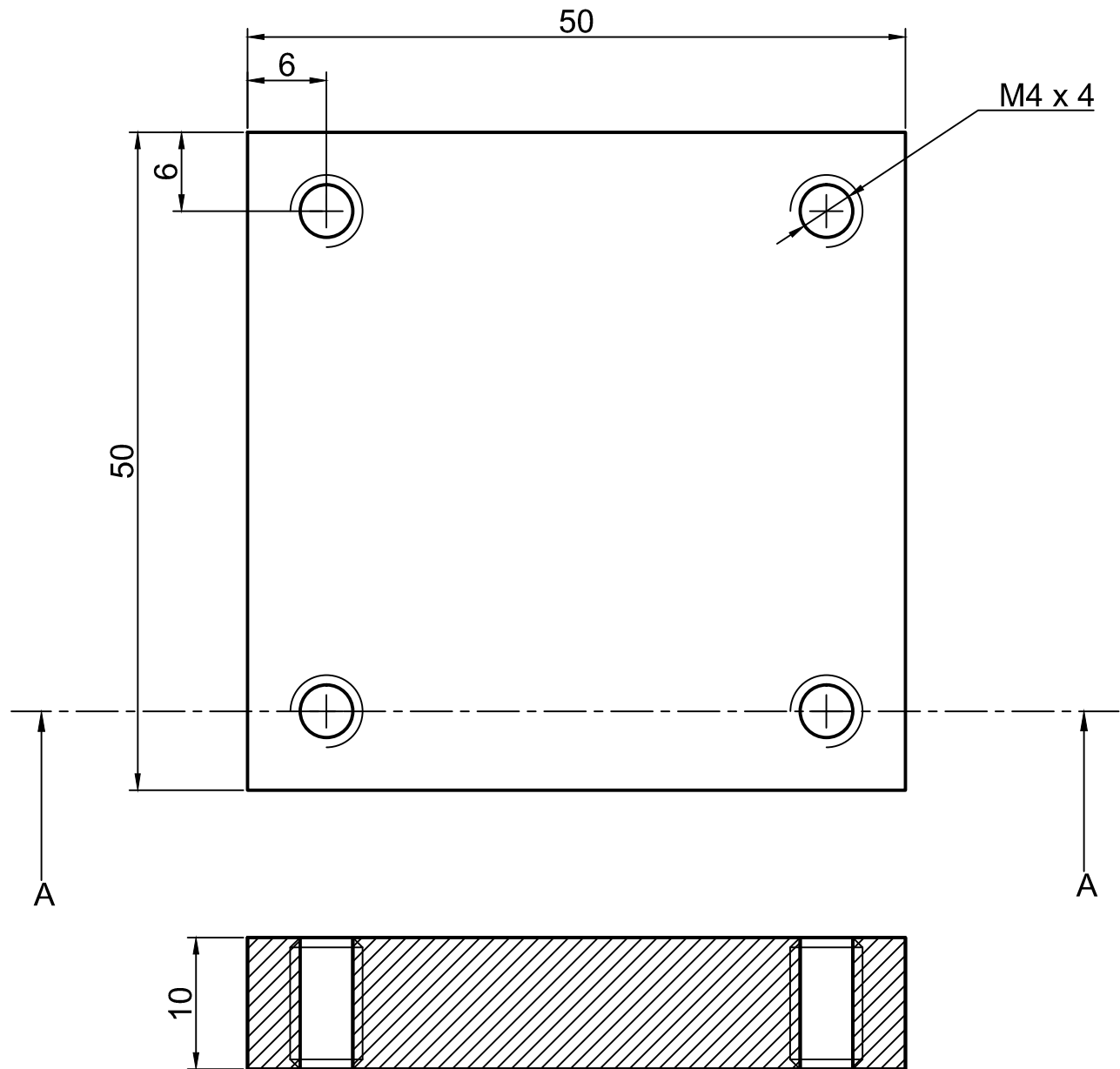
14	1	Kerangka Mesin	Besi Siku	30 x 30 mm		
13	1	Penyangga	Plat Besi	-		
12	-	Selang	Nylon	3750 mm		
11	1	Thermocouple	-	-		
10	1	Limit Switch	-	-		
9	1	Kompresor	-	-	1 HP, 8 BAR	
8	1	Panel Box	-	300 x 250 mm		
7	1	Meja	Kayu	460 x 320 mm		
6	1	Punch	Tembaga	50 x 50 mm		
5	1	Dies	Aluminium	100 x 60 mm		
4	1	Penahan Panas	Ebonit	60 x 60 mm		
3	1	Air filter	-	-		
2	1	DCV	-	-	JELPC	
1	1	Silinder Pneumatik	Besi Siku	30 x 30 mm		
No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan	
Kekasaran Permukaan (μm)			Toleransi Umum			
	Skala : 1:10		Digambar : Kahfi & Mega		Peringatan:	
	Ukuran : mm		NRP : 013 & 040			
	Tgl : 20-07-16		Diperiksa : Ir. Arino Anzip			
ITS-DISNAKER		Mesin Hot Embossing Kertas			Tugas Akhir	A3

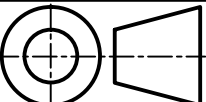
4

Toleransi : ± 0.15 

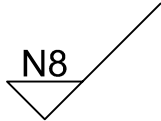
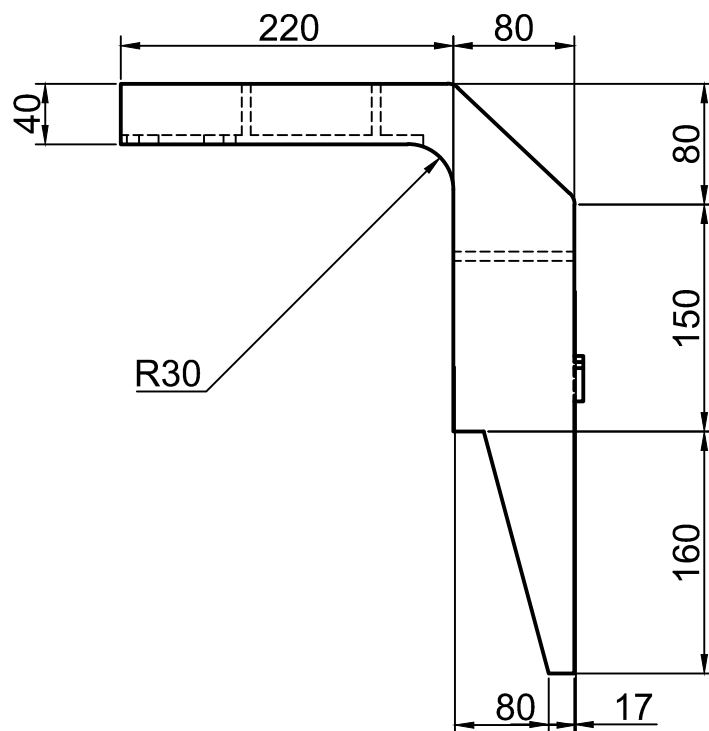
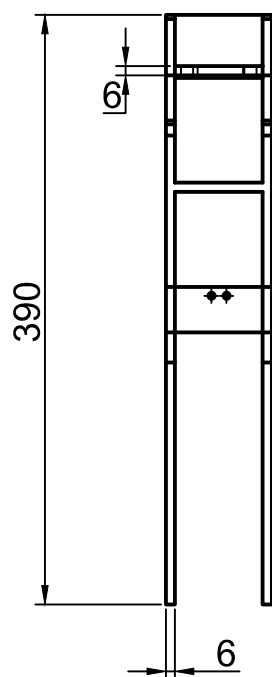
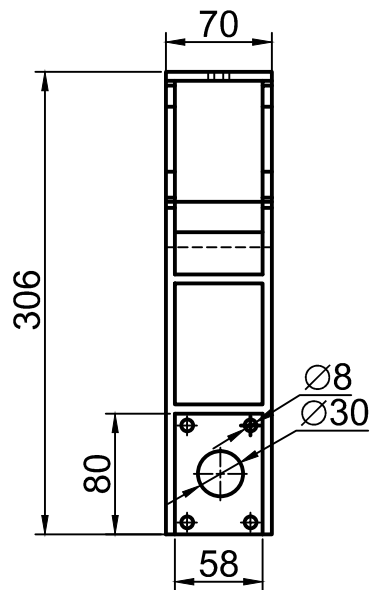
4	1	Penahan Panas	Ebonit	60 x 60 mm		
No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan	
Kekasaran Permukaan (μm)			Toleransi Umum			
		Skala : 1:1	Digambar : Kahfi & Mega		Peringatan :	
		Ukuran : mm	NRP : 013 & 040			
		Tgl : 20-07-16	Diperiksa : Ir. Arino Anzip			
ITS-DISNAKER		Penahan Panas			Tugas Akhir	A4

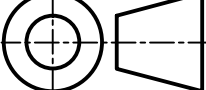
6

Toleransi : ± 0.15 

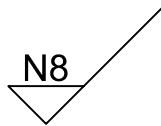
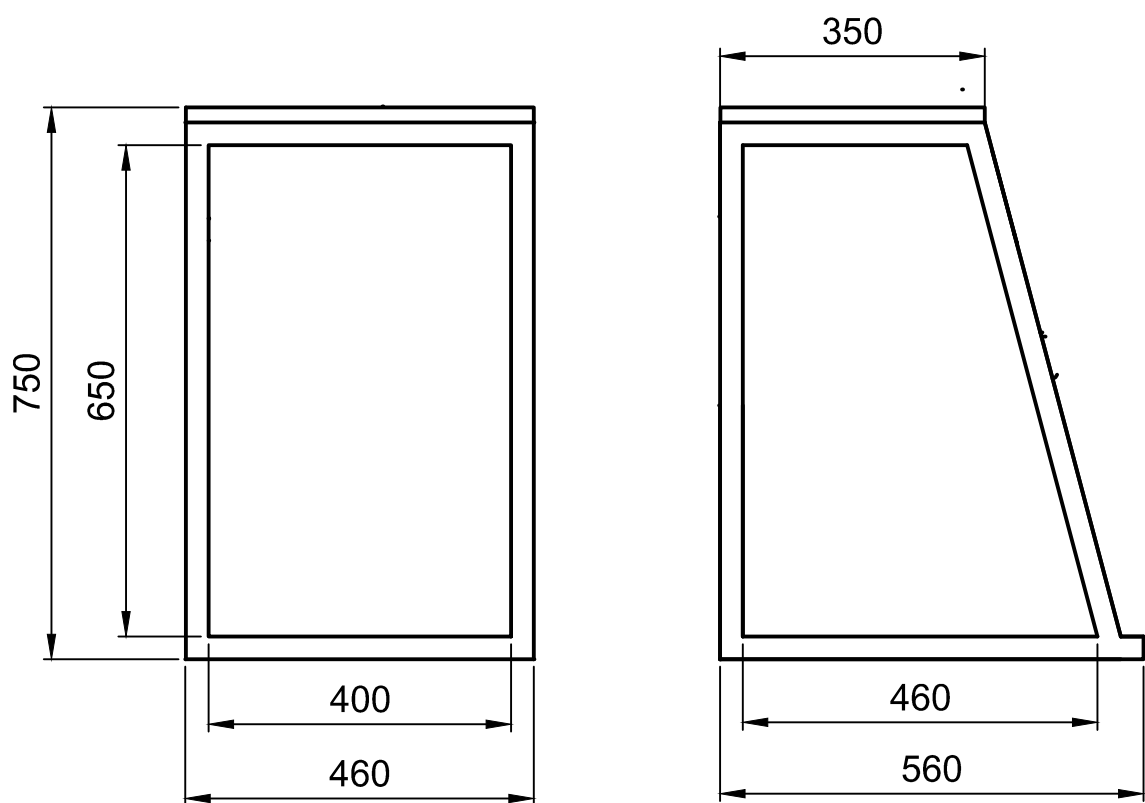
6	1	Punch	Tembaga	50 x 50 mm		
No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan	
Kekasaran Permukaan (μm)			Toleransi Umum			
	Skala : 2:1		Digambar : Kahfi & Mega		Peringatan :	
	Ukuran : mm		NRP : 013 & 040			
	Tgl : 20-07-16		Diperiksa : Ir. Arino Anzip			
ITS-DISNAKER		Punch			Tugas Akhir	A4

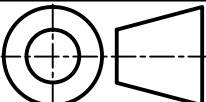
13

Toleransi : ± 0.2 

13	1	Penyangga	Plat Besi	-		
No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan	
Kekasaran Permukaan (μm)			Toleransi Umum			
	Skala : 1:5		Digambar : Kahfi & Mega		Peringatan :	
	Ukuran : mm		NRP : 013 & 040			
	Tgl : 20-07-16		Diperiksa : Ir. Arino Anzip			
ITS-DISNAKER		Penyangga			Tugas Akhir	A4

14

Toleransi : ± 0.3 

14	1	Kerangka Mesin	Besi Siku	30 x 30 mm		
No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan	
Kekasaran Permukaan (μm)			Toleransi Umum			
	Skala : 1:10		Digambar : Kahfi & Mega		Peringatan :	
	Ukuran : mm		NRP : 013 & 040			
	Tgl : 20-07-16		Diperiksa : Ir. Arino Anzip			
ITS-DISNAKER		Kerangka Mesin			Tugas Akhir	A4

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari proses perencanaan dan pembahasan Tugas Akhir dengan judul Mesin Hot Embossing Kertas dengan sistem elektro-pneumatik ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Didapatkan Blue print Mesin Hot Embossing Kertas.
2. Untuk proses pengembossan digunakan tekanan 7 Kgf/Cm², temperatur 232,22 °C dan holding time 7 detik.
3. Silinder pneumatik yang digunakan untuk mesin ini adalah jenis silinder double acting dengan diameter piston 32 mm dan diameter rod 18 mm.
4. Hasil hot embossing pada kertas art paper menunjukkan kertas tidak terbakar dan jelas sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya pemalsuan dokumen.

5.2 Saran

Saran yang diperlukan untuk membuat mesin hot embossing ini adalah :

1. Untuk proses hot embossing atau pemberian logo, perhatikan parameter gaya yang digunakan, temperatur dan holding time.
2. Perhatikan perpindahan panas yang terjadi pada stamping, hindarkan rambatan panas dari elemen pemanas merambat sampai ke dalam silinder pneumatik karena akan merusak komponen didalamnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

1. Majumdar, S.J (1995), "Pneumatic System Principle and Maintenance", First Edition, McGraw Inc
2. Esposito, A. (2003), "Fluid Power with Application", sixth edition, Prentice Hall International Inc, New Jersey
3. Krist, Thomas. (1993), "Dasar-dasar Pneumatik", Austria, Erlangga, Jakarta
4. Huda, Ismail dan Zainudin, Moch. (2009). "Pengembangan sistem kontrol elektropneumatik yang terintegrasi pada mesin hot embossing untuk keperluan industri kecil", Tugas Akhir Program studi D3 Teknik Mesin ITS.
5. Tanjung, Ilham dan Prayogi, S.A. (2013), "Rancang bangun mesin hot embossing pallet plastik dengan sistem kontrol elektropneumatik", Tugas Akhir Program studi D3 Teknik Mesin ITS.
6. Effendi, Novan dan Agung, W. (2014), "Rancang Bangun Mesin Hot Embossing Sandal dengan Material Ethylene Vinyl Asetat Menggunakan Sistem Elektro Pneumatik", Tugas Akhir Program Studi D3 Teknik Mesin ITS.
7. The Pneumatic Technical Centre (1991), "Tenaga Fluida Pneumatik – Pembelajaran Tingkat Menengah".

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BIODATA PENULIS

Muhammad Kahfi Nandiwardana (2113039013)



Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 10 Juni 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu SD AL-FALAH Tropodo 2 Sidoarjo, SMPN 22 Surabaya, dan SMAN 15 Surabaya. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan mengambil Program studi D3 Teknik Mesin Produksi ITS - DISNAKERTRANSDUK Surabaya.

Selain kuliah di ITS penulis juga kuliah di BLK/UPT-PK Surabaya yang merupakan program kerjasama antara ITS dengan Disnakertransduk. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. TUGAS ANDA Tbk.

Penulis juga aktif dalam organisasi yaitu menjadi anggota organisasi Forkom M3ner-ITS pada divisi Kewirausahaan tahun 2015-2016.

BIODATA PENULIS
Mega Esti Suci Sayekti (2113039040)



Penulis dilahirkan di Kabupaten Kediri, pada tanggal 27 Juni 1995. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu SDN Dawuhan Kidul, SMPN 1 Papar dan SMAN 2 Pare. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan mengambil Program studi D3 Teknik Mesin Produksi ITS - DISNAKERTRANSDUK Surabaya.

Selain kuliah di ITS penulis juga kuliah di BLK/UPT-PK Surabaya yang merupakan program kerjasama antara ITS dengan Disnakertransduk. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. GMF AeroAsia pada divisi GMF Power Services.

Penulis juga aktif dalam organisasi yaitu menjadi anggota organisasi Forkom M3ner-ITS pada divisi pendidikan tahun 2014-2015 dan Kepala divisi kesejahteraan mahasiswa tahun 2015-2016.