



TUGAS AKHIR – TM 145648

**MODIFIKASI MESIN PENYAYAT MENJADI
PENYERUT BAMBU UNTUK MENGHASILKAN
SERAT BAMBU SEBAGAI BAHAN UNTUK
MENAMBAL KAPAL**

**ZIYADATUR RIF'AH
NRP. 10211500010027**

**EZAR HAMED ALEM
NRP. 10211500010044**

**Dosen Pembimbing
Ir. Suhariyanto, MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
KERJASAMA ITS – DISNAKERTRANS JAWA TIMUR
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**



TUGAS AKHIR – TM 145648

**MODIFIKASI MESIN PENYAYAT MENJADI
PENYERUT BAMBU UNTUK MENGHASILKAN
SERAT BAMBU SEBAGAI BAHAN UNTUK
MENAMBAL KAPAL**

**ZIYADATUR RIF'AH
NRP. 10211500010027**

**EZAR HAMED ALEM
NRP. 10211500010044**

**Dosen Pembimbing
Ir. Suhariyanto, MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
KERJASAMA ITS – DISNAKERTRANS JAWA TIMUR
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**



FINAL PROJECT – TM 145648

**MODIFICATION OF THE CUTTING MACHINE INTO
BAMBOO FIBER MAKING AS MATERIAL FOR FIX
THE WOODEN SHIP**

**ZIYADATUR RIF'AH
NRP. 10211500010027**

**EZAR HAMED ALEM
NRP. 10211500010044**

**Consellor Lecturer
Ir.Suhariyanto, MT**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL INDUSTRIAL
ENGINEERING COOPERATION ITS -
DISNAKERTRANS EAST JAVA
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya
2019**

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ezar Hamed Alem
NRP : 10211500010044
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tuas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya, 07-08-2019
Yang Membuat Pernyataan

Ezar Hamed Alem
NRP. 102115000100 44

**MODIFIKASI MESIN PENYAYAT MENJADI
MESIN PENYERUT BAMBU UNTUK
MENGHASILKAN SERAT BAMBU SEBAGAI
BAHAN UNTUK MENAMBAL KAPAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

Oleh:

Ziyadatur Rif'ah
NRP.102115 000 100 27
Ezar Hamed Alem
NRP.102115 000 100 44

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Suhariyanto, MT.

NIP. 19620424 198903 1 005

SURABAYA, AGUSTUS 2019

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena atas ramat dan hidayahnya-Nya, tugas akhir yang berjudul “**MODIFIKASI MESIN PENYAYAT MENJADI MESIN PENYERUT BAMBU UNTUK MENGHASILKAN SERAT BAMBU SEBAGAI BAHAN UNTUK MENAMBAL KAPAL**” ini dapat disusun dan diselesaikan dengan lancar.

Penelitian yang kami lakukan dalam rangka menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir yang merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Departemen Teknik Mesin Industri Kerjasama Disnakertransduk Fakultas Vokasi - ITS, sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan. Selain itu penelitian ini juga merupakan suatu bukti nyata yang diberikan almamater dalam rangka pengabdian masyarakat dalam bentuk teknologi tepat guna.

Banyak pihak yang telah membantu selama pengerjaan penelitian ini, oleh karena itu pada kesempatan ini kami sampaikan tarima kasih kepada :

1. Allah SWT dan junjungan besar kami, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan ketenangan dalam jiwa kami.
2. Bapak dan Ibu tercinta beserta kakak, adik, anggota keluarga, dan orang - orang yang kami cintai atas doa dan dukungannya.
3. Bapak **Ir. Suhariyanto, M.T** dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin

Industri Fakultas Vokasi – ITS yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada kami.

4. Bapak **Ir. Suhariyanto, MT** selaku koordinator mata kuliah tugas akhir.
5. Bapak **Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT** selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri yang telah memberikan bimbingan.
6. Bapak Dosen tim penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar Departemen D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS, yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama menimba ilmu di bangku kuliah.
8. Seluruh Keluarga DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI - ITS serta berbagai pihak yang belum tertulis dan yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah berperan dalam pengerjaan penyusunan laporan ini.

Semoga segala keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Tuhan Yang Maha Esa, Amin..

Karena keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, sebagai manusia biasa kami menyadari dalam penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan, dan kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharap kritik dan saran membangun sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir

ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan, mahasiswa D3 Teknik Mesin Kerjasama Disnakertransduk Fakultas Vokasi - ITS pada khususnya.

Surabaya, Agustus 2019

Penulis

(Halaman sengaja dikosongi)

MODIFIKASI MESIN PENYAYAT MENJADI MESIN PENYERUT BAMBU UNTUK MENGHASILKAN SERAT BAMBU SEBAGAI BAHAN UNTUK MENAMBAL KAPAL

Abstrak

Proses produksi pembuatan serabut bambu memiliki berbagai tahapan dalam proses produksi, salah satunya proses penyerutan bambu sampai terbentuknya serabut bambu. Pada proses tersebut masih dilakukan secara manual. Dengan menggunakan pisau, memerlukan tenaga dan ketelitian dalam menjalankan prosesnya, mengakibatkan penyerutan membutuhkan waktu yang lama, sehingga usaha perbaikan kapal dengan menggunakan serat bambu digantikan oleh bahan lain.

Dalam mengatasi kekurangan yang didapat studi literature digunakan untuk mengetahui permasalahan dari usaha perbaikan kapal setelah itu barulah data didapat dan dilanjutkan dengan perhitungan setelah di dapat hasil yang di butuhkan barulah ditentukan komponen lalu dirancangan setelah dirancang direalisasikan dengan pembuatan alat setelah jadi alat di lakukan uji coba alat. Dari situ dilihat hasilnya ya atau tidak, apabila ya langsung dilanjutkan dengan pembuatan laporan dan selesai.

Dari percobaan didapatkan gaya penyerut sebesar 1765,26 N dan daya 187,47 Watt. Sedangkan kompresor yang digunakan memiliki tekanan 10 bar menggunakan silinder pneumatik berdiameter 100 mm dan stroke 700 mm. Dan Kapasitas produksi mesin sebesar 3090 gram/jam.

Kata kunci : serabut bambu, penyerutan, perbaikan kapal

MODIFICATION OF THE CUTTING MACHINE INTO BAMBOO FIBER MAKING AS MATERIAL FOR FIX THE WOODEN SHIP

Abstract

The production process of making bamboo fibers has various stages in the production process, one of which is the process of shaving bamboo until the formation of bamboo fibers. The process is still done manually. By using a knife, it requires energy and precision in carrying out the process, resulting in a long time consuming shrinkage, so the effort to repair the ship using bamboo fiber is replaced by other materials.

In overcoming the shortcomings obtained by the literature study, it was used to find out the problems of ship repair after that the data was obtained and continued with calculations after obtaining the required results, then the components were determined and then designed after being realized by making tools after testing tools . From there the results are yes or no, if yes, it is immediately followed by the making of the report and completion.

From the experiment, the shear force is 1765.26 N and 187.47 Watt power. While the compressors used have a pressure of 10 bars using pneumatic cylinders with a diameter of 100 mm and a stroke of 700 mm. And the engine production capacity is 3090 grams / hour.

Keywords: bamboo fibers, shaving, ship repair

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi

BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
1.6 Manfaat	4
1.7 Target Luaran.....	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Bambu	7
2.2 Proses Penghalusan Bambu	9
2.2.1 Penghalusan secara manual menggunakan pisau	9
2.2.2 Penghalusan semi otomatis menggunakan roll	9
2.3 Sistem Pneumatik	10
2.3.1 Persamaan Dasar Pneumatik	10

2.3.2 Sistem Kontrol Pneumatik.....	12
2.3.3 Ciri-Ciri Pneumatik	18
2.3.4 Komponen-komponen Pneumatik	19
2.4 Pegas	30
2.4.1 Macam-Macam Pegas	30
2.4.2 Bahan Pegas	30
2.4.3 Indek Pegas.....	32
2.4.4 Faktor Tegangan Wahl	32
2.4.5 Tegangan Maksimal Dalam Lilitan Pegas.....	33
2.4.6 Tegangan Maksimum Pegas Tekan.....	32
2.4.7 Lendutan Kawat	34
2.5 Pisau.....	34
2.5.1 Koefisien Gesek Pisau.....	34
2.5.2 Perencanaan Pisau	34
BAB III METODOLOGI.....	35
3.1 Observasi Lapangan.....	35
3.2 Study Literatur	36
3.3 Data-Data hasil survey	37
3.4 Gambar Perencanaan Alat.....	37
3.5 Perakitan Alat	44
3.6 Cara Kerja Alat	45
BAB IV PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN .	47
4.1 Perhitungan Gaya dan Daya	47
4.1.1 Perhitungan Gaya penyerut	47
4.1.2 Perhitungan Gaya.....	49
4.1.3 Perhitungan Daya.....	50
4.2 PerencanaanKomponenPneumatik.	50

4.2.1 Perhitungan Debit Udara di silinder.....	50
4.2.2 Perhitungan diameter silinder.....	51
4.2.3 Perhitungan diameter pipa.....	52
4.2.4 Perhitungan FRL.....	55
4.2.5 Perhitungan valve.....	55
4.3 Perencanaan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik...56	
4.3.1 Sistem operasi mesin serat bambu.....	57
4.3.2 Power supply.....	57
4.3.3 Pemilihan batang.....	59
4.3.4 Diagram sirkuit pneumatik.....	59
4.3.5 Diagram notasi silinder kerja.....	59
4.3.6 Diagram gerak langkah silinder.....	60
4.3.7 Rangkaian Kelistrikan.....	62
4.4 Perencanaan Pegas.....	65
4.5 Perencanaan Material Penyerut.....	67
4.6 Tabel Hasil Percobaan.....	74
BAB V Kesimpulan dan Saran.....	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Penyayat Bambu TA tahun 2015....	10
Gambar 2.2 Ilustrasi Hukum Pascal	11
Gambar 2.3 Ilustrasi Hukum Boyle Mariote	13
Gambar 2.4 Aliran pada Sistim Control Pneumatik.....	14
Gambar 2.5 Elektro Pneumatik Elements.....	15
Gambar 2.6 Rangkaian relly dan Rellay.....	17
Gambar 2.7 <i>Push Button On Off</i>	18
Gambar 2.8 Normally Open dan Normally Close Contact	19
Gambar 2.9 Limit Switch	20
Gambar 2.10 Lampu Indikator	20
Gambar 2.11 FRL.....	25
Gambar 2.12 One Way Flow Control Valve	31
Gambar 2.13 Katub Selenoid Ganda 5/2 Way	33
Gambar 2.14 <i>Double Acting Cylinder</i>	33
Gambar 2.15 Simbol <i>Double Acting Cylinder</i>	33
Gambar 2.16 Macam-Macam Pegas.....	34
Gambar 2.17 Faktor Tegangan dari Wahl	34
Gambar 2.18 Tegangan Maksimum Pegas Tekan	35
Gambar 3.1 Diagram alir atau flowchart	36
Gambar 3.2 Kondisi UKM	37
Gambar 3.3 Sketsa Desain Isometric	38
Gambar 3.4 Alat	39
Gambar 3.5 Box Bambu	40
Gambar 3.6 Pegas	41
Gambar 3.7 Pengunci Box.....	41
Gambar 3.8 Engsel	41

Gambar 3.9 Poros	42
Gambar 3.10 Panel box	43
Gambar 3.11 Limit Switch	43
Gambar 3.12 Pisau.....	44
Gambar 3.13 Roda.....	45
Gambar 3.14 Silinder Pneumatic.....	46
Gambar 4.1 Alat uji coba.....	47
Gambar 4.2 Analisa gaya-gaya.....	48
Gambar 4.3 Ilustrasi gaya dari silinder.....	50
Gambar 4.4 Sketsa posisi.....	57
Gambar 4.5Konfigurasi sistem.....	58
Gambar 4.6 Rangkaian sistem pneumatik.....	60
Gambar 4.7 Diagram Notasi.....	61
Gambar 4.8 Diagram gerak langkah.....	62
Gambar 4.9 Diagram kelistrikan	63
Gambar 4.10 Foto Mesin Penyerut Bambu	70
Gambar 4.11 Hasil Uji Alat.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proses Pembuatan Serutan Bambu	8
Tabel 2.2 Bahan pegas vc silindris berdasarkan pemakiannya.....	41
Tabel 2.3 Harga modulus geser G	42
Tabel 3.1 Perencanaan Dimensi Alat	58
Tabel 3.2 Material yang digunakan	63
Tabel 3.3 Proses Manufaktur.....	64
Tabel 3.4 Komponen Penggerak	65
Tabel 4.1 Data Gaya dari percobaan.....	69
Tabel 4.2 Identifikasi warna.....	84
Tabel 4.3 Arti kode.....	90

DAFTAR SIMBOL

F_p	= Gaya Penyerut , kgf
v	= Kecepatan Penyerutan, m/s
s	= Panjang Bambu yang diserut, m
t	= Waktu Penyerutan, s
F_{spring}	= Gaya Pegas, kgf
P	= Daya , Watt
Q	= Debit, m ³ /s
$\mu_{silinder}$	= Konstata Tegangan gesek silinder
A	= Luasan, m ³
P	= Tekanan, pascal
ΔP	= Perbedaan tekanan, pascal
D	= diameter lilitan rata-rata, mm
d	= diameter kawat, mm
τ	= Tegangan geser, kg/mm ²
K	= Faktor tegangan dari Wahl
Wl	= Beban, kg
δ	= Lendutan kawat, mm
n	= Jumlah lilitan aktif
G	= Modulus Geser
σ_{yp}	= Tegangan yeild point, N/mm ²

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bambu merupakan bahan baku yang dapat dipergunakan dalam berbagai macam hal misalnya, untuk rumah *gedeg* maupun *sesek* serta tiang rumah, bisa juga digunakan untuk kebutuhan rumah tangga yaitu gagang peniris minyak serta, bidang kesenian dan bambu dapat dijadikan serat yang banyak kegunaannya juga seperti menjadi sapu, kain termasuk serat bambu untuk penambal kapal kayu.

Melimpahnya hasil bambu di Indonesia dapat menjadi alternatif bahan tambahan untuk menambal kapal kayu menggantikan serbuk kayu dan *fiberglass*. Masa jenis yang kecil dan susah menyerap air daripada bahan baku tambahan yang lainnya.

Susahnya memproses dan membutuhkan waktu yang lama menjadikan nelayan tidak mau menggunakannya sebagai bahan baku menambal kapal kayu. Oleh karena itu, merancang “Modifikasi Mesin Penyayat menjadi Penyerut Bambu Untuk Menghasilkan Serat Bambu Sebagai Bahan untuk Menambal Kapal”.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa gaya dan daya penyerutan total yg dibutuhkan ?
2. Bagaimana cara menentukan diameter silinder pneumatik yang akan digunakan ?
3. Bagaimana menentukan bahan baku pisau penyerut ?
4. Berapa kapasitas serutan bambu yang akan didapat ?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan dan keseimbangan rangka pada mesin tidak dihitung atau dinyatakan aman
2. Batang dan bushing sliding tidak diperhitungkan atau dianggap aman
3. Gaya pegas diabaikan

1.5 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui gaya dan daya penyerutan yang dibutuhkan untuk mesin ini.
2. Dapat menentukan diameter silinder pneumatik dari hasil perhitungan yang sudah diperoleh.
3. Dapat menentukan material pisau yang digunakan.

4. Mengetahui kapasitas yang didapat setelah menjadi mesin dengan beberapa kali uji coba.

1.3 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang penulisan, permasalahan yang diangkat, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB II Dasar Teori

Membahas tentang teori serta konsep sistem kontrol elektropneumatik dan komponen-komponen yang berkaitan dengan mesin penyerutan bambu.

BAB III Metodologi

Membahas tentang diagram alir beserta penjelasan, dan menjelaskan prinsip kerja mesin penyerutan bambu.

BAB IV Perencanaan dan Perhitungan

Membahas tentang perencanaan dan perhitungan analisa gaya-gaya dan sistem elektro-pneumatik yang terjadi.

BAB V Penutup

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saransaran penulis.

1.6 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan produktivitas dengan mempercepat proses pembuatan serutan bamboo dan memperbanyak hasil serutan.
2. Mengurangi resiko kecelakaan kerja pada proses pembuatan serutan bambu.
3. Dapat menghasilkan rautan dengan ukuran yang konstan dan lebih banyak .

1.7 Target Luaran

Luaran yang diharapkan dari Program Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Terciptanya suatu produk mesin untuk proses penyerut bambu dengan sistem elektro pneumatik yang mudah dioperasikan dan bermanfaat bagi produsen serutan bambu maupun penambal kapal.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Bambu

Jenis bambu ada bermacam-macam seperti bambu petung, bambu batu, bambu cangkoreh, bambu apus dan lain-lain, Salah satunya bambu apus, yang merupakan jenis bambu memiliki batang tegak dan banyak tunas muda. Ciri-ciri batang bambu apus antara lain tinggi 1000-2000 cm, memiliki panjang buku 30-60 cm, dan tebal dinding batangnya 0,6-1,3 cm. Selain itu bambu apus memiliki pelepah dengan miang berwarna coklat kehitaman yang mengkilap. Pelepah ini tidak mudah jatuh, walaupun batangnya sudah tua (Sudarnadi 1996).

Bambu memiliki sifat fisis dan sifat mekanis. Sifat mekanis adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menaruh gaya yang datang dari luar yang biasa disebut gaya luar atau beban. Sifat-sifat mekanis tersebut meliputi kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan geser, kekuatan lentur, sifat kekakuan, sifat keuletan, sifat kekerasan, dan sifat ketahanan belah (Mardikanto, Karlinasari and Bahtiar 2011). Sifat mekanis bambu dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis bambu, umur, kelembaban, bagian buluh bambu (pangkal, tengah, dan ujung), serta letak dan jarak ruas (Frick 2004).

Dalam perancangan Mesin Penyerut Bambu Otomatis ini dibutuhkan data mengenai kekuatan geser bambu apus. Kekuatan geser adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya yang cenderung untuk menggeser satu bagian dengan bagian yang lain pada bahan yang sama (Anas 2002). Kekuatan geser dipengaruhi oleh tebalnya dinding batang bambu dan posisi ruas (*internode*) atau buku (*node*). Kekuatan geser pada dinding bambu 10 mm menjadi 11% lebih rendah daripada dinding bambu setebal 6 mm, serta bagian ruas memiliki kekuatan geser lebih besar 50% daripada bagian buku (Anas 2002).

2.2 Proses Penyerutan Bambu

2.2.1 Pembuatan Serutan Bambu secara manual dengan pisau

Selama ini, kebanyakan masih menggunakan cara manual untuk bambu sebagai bahan baku anyaman bambu. Proses-proses yang harus dilakukan dalam membuat kerajinan bambu secara manual adalah sebagai berikut:

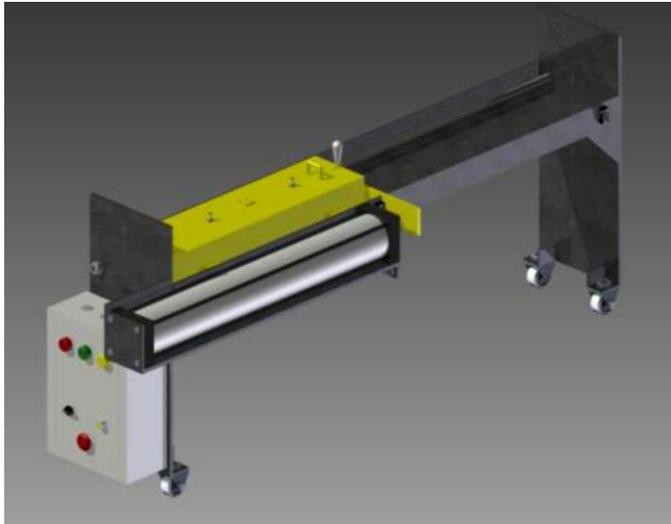
Tabel 2.1 Proses Pembuatan Kerajinan Bambu

No	Gambar	Keterangan
1.		Bambu Apus (<i>Gigantochloa Apus</i>)
2.		Proses pembuangan ruas-ruas ada bambu

3.		Proses pembelahan bambu jadi beberapa bagian
4.		Proses Pembuatan Serabut bambu

2.2.2 Penghalusan semi otomatis menggunakan roll

Dalam pelaksanaan studi literatur, selain pengumpulan data untuk kebutuhan dan perencanaan rancang bangun mesin juga perlu adanya studi literatur dari Tugas Akhir sebelumnya yang berfungsi untuk menyayat bambu. Tugas Akhir tersebut dibuat oleh Alfiana Nur Hidayati dan Muhamad Faisol dengan judul *Rancang Bangun Penyayat Bambu Otomatis dengan Sistem Elektro Pneumatik* (Alfiana Nur Hidayati dan Muhamad Faisol 2015).



Gambar 2.0 Mesin Penyayat Bambu TA Tahun 2015

2.3 Penambalan Kapal Kayu

Penambalan kapal kayu bisa menggunakan banyak cara serbuk gergaji yang halus, *Fiberglass*, serat bambu. Bahan perekatnya menggunakan dempul atau epoxy. Pencampuran bahan epoxy dengan bahan baku adalah 25 ml per 100 gram. Dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing bahan baku. Untuk serbuk gergaji untuk penambalan bagian luar yang bersentuhan dengan air. *Fiberglass* mempunyai kelebihan untuk kecepatan penambalan luar yang cepat dengan cara menempelkan *fiberglass* kemudian melapisi dengan epoxy akan tetapi cara ini sangat tidak efektif untuk kapal kayu karena fiberglass berkemungkinan besar menyerap air dengan jumlah yang banyak mengakibatkan kayu yang dilapisinya mudah rapuh.

Keuntungan penggunaan serat bambu untuk penambalan kapal kayu adalah serat bambu mempunyai

luasan yang sangat besar sehingga mudah mengisi bagian yang kosong di dalam lubang yang berongga dan kemampuan serat bambu yang dapat mengurangi getaran yang diakibatkan oleh mesin kapal dibanding bahan tambahan yang lain seperti serbuk bambu dan *fiberglass*.



Gambar 2.1 Epoxy dengan Serabut bambu



Gambar 2.2 Epoxy dengan serbuk gergaji



Gambar 2.3 Epoxy dengan *fiberglass*



Gambar 2.4 Pembuatan Kapal

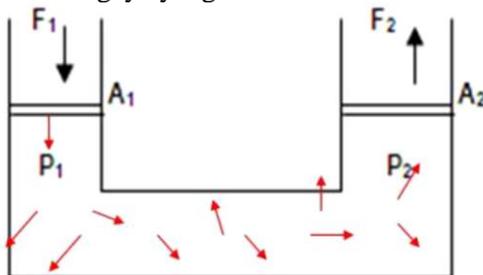
2.4 Sistem Pneumatik

2.4.1 Persamaan Dasar Pneumatik

Sebagai hukum-hukum dasar udara bertekanan, terdapat hukum pascal dan hukum boyle.

a. Hukum Pascal

Tentang perpindahan tekanan statis, terdapat hukum pascal yang secara eksperimen dibuktikan Blaise Pascal. Melalui penelitiannya, pascal berkesimpulan bahwa apabila tekanan diberikan pada fluida yang memenuhi sebuah ruangan tertutup, tekanan tersebut akan diteruskan oleh fluida tersebut ke segala arah dengan besar yang sama tanpa mengalami pengurangan. Berdasarkan hukum pascal ini diperoleh prinsip bahwa dengan gaya yang kecil dapat menghasilkan suatu gaya yang lebih besar.



Gambar 2.2 Ilustrasi Hukum Pascal

Secara analisis sederhana, Hukum Pascal dapat digambarkan seperti pada gambar 2.1. Tekanan oleh gaya sebesar F_1 terhadap pipa 1 yang memiliki luas penampang pipa A_1 , akan diteruskan oleh fluida menjadi gaya angkat sebesar F_2 pada pipa 2 yang memiliki luas penampang pipa A_2 dengan besar tekanan yang sama. Oleh karena itu, secara matematis Hukum Pascal ditulis sebagai berikut:

$$P_A = \frac{F_1}{A_1} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.1)}$$

(Esposito, 2003)

Sehingga tekanan sebesar P akan diteruskan ke segala arah atau ke semua bagian pada sistem, sehingga permukaan A_2 terangkat dengan gaya sebesar :

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 \\ \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.2)} \end{aligned}$$

(Esposito, 2003)

Dimana:

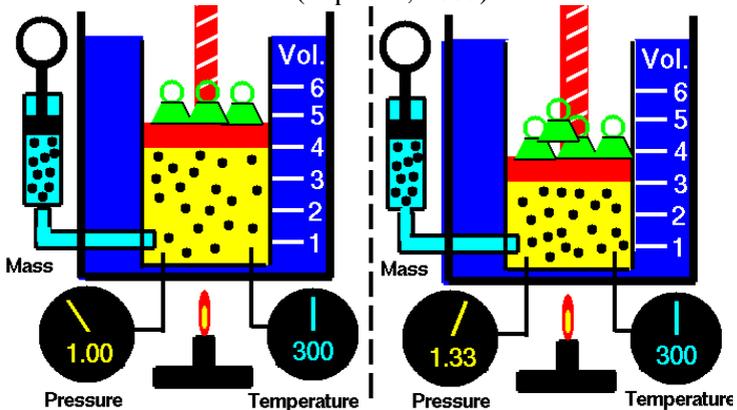
- F_1 = gaya pada pengisap pipa 1,
- A_1 = luas penampang pengisap pipa 1,
- F_2 = gaya pada pengisap pipa 2, dan
- A_2 = luas penampang pengisap pipa 2

b. Hukum Boyle

Robert Boyle menyatakan tentang sifat gas bahwa massa gas (jumlah mol) dan temperature suatu gas dijaga konstan, sementara volume gas diubah ternyata tekanan yang dikeluarkan gas juga berubah sedemikian hingga perkalian antara takanan (P) dan volume (V), selalu mendekati konstan. Dengan demikian suatu kondisi gas adalah sempurna (ideal).

Kemudian hukum ini dikenal dengan Hukum Boyle dengan persamaan:

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{konstan}$ (persamaan 2.3)
(Esposito, 2003)

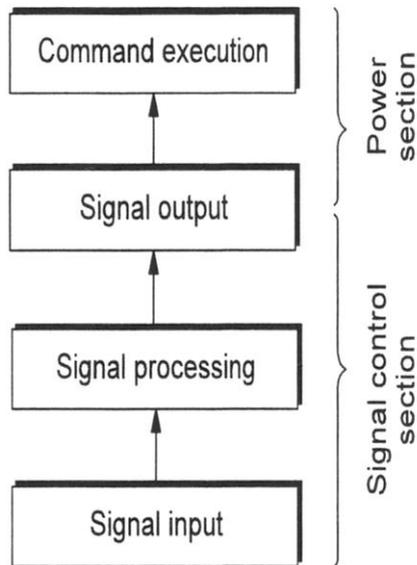


Gambar 2.5 Ilustrasi Hukum Boyle Mariote

2.4.2 Sistem Kontrol Pneumatik

a. Aliran Sinyal dalam Sistem Kontrol

Sistim kontrol yang digunakan pada sistim pneumatik pada dasarnya terdiri atas sinyal input, prosesiing 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 sistim kontrol. Komponen – komponen kontrol pada sistim pneumatik murni maupun sistim elektropneumatik disusun sedemikian rupa sehingga aliran sinyalnya jelas yaitu dari bawah ke atas.



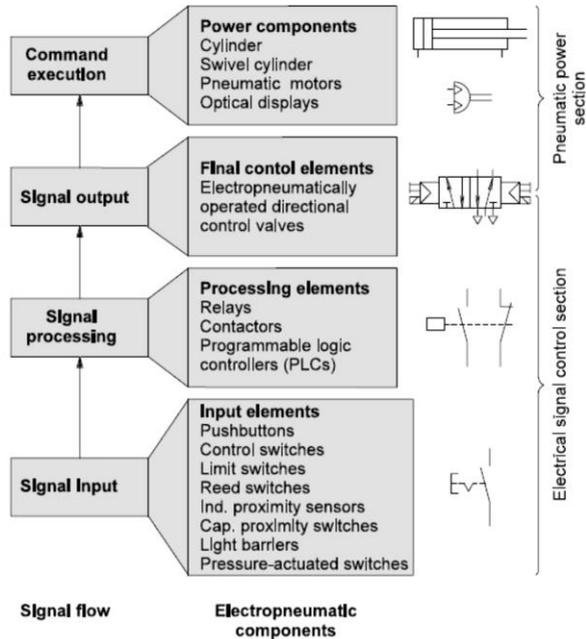
Gambar 2.6 Aliran pada Sistem Control Pneumatik

b. Elektro Pneumatik *Controller*

Pengertian Elektro Pneumatik *Controller*

Cara lain untuk mengontrol gerakan rangkaian peralatan pneumatik adalah dengan menggunakan rangkaian listrik. Sistem kontrol pneumatik jenis ini disebut Elektro Pneumatik Controller. Pada sistem kontrol ini untuk menggerakkan rangkaian peralatan pneumatik menggunakan sinyal listrik (AC atau DC) dari peralatan kelistrikannya.

Beberapa peralatan listrik yang sering digunakan dalam pengontrolan rangkaian peralatan pneumatik yaitu: solenoid, relay, push button switch. Solenoid merupakan salah satu peralatan utama control elektronik dalam rangkaian pneumatik.



Gambar 2.7 *Electro Pneumatik Elements*(G and D, 2002)

Komponen-komponen kontrol Elektro Pneumatik

1. Solenoid

Solenoid merupakan salah satu peralatan utama kontrol elektrik dalam rangkaian pneumatik. Solenoid biasanya di pasang pada directional control valve dan biasanya katup ini disebut dengan katup electro pneumatik atau katup solenoid seperti yang telah dijelaskan di sub bab berikutnya. Dengan adanya katup ini memungkinkan mengontrol suatu rangkaian pneumatik dengan menggunakan rangkaian listrik.

Keuntungan menggunakan katup solenoid dalam electro pneumatik adalah sebagai berikut:

1. Jangkauan pengiriman sinyal listrik lebih jauh daripada sinyal udara
2. Sinyal listrik lebih reaktif daripada sinyal udara
3. Sinyal listrik lebih efisien daripada sinyal udara, karena energi yang digunakan untuk pengontrolan dengan sinyal udara

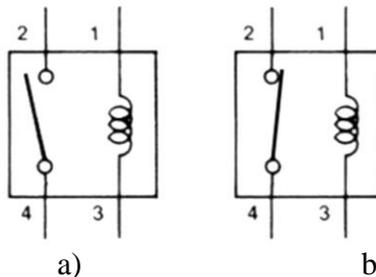
digunakan biasanya terbuka atau *Normally Open Contact*.



Gambar 2.9 *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.

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.



Gambar 2.10 a) Normally Open b) Normally Close Contact

4. 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*.



Gambar 2.11 *Limit switch*

5. Indikator Lampu

Indikator lampu yaitu sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai tanda dalam bentuk cahaya yang di dalamnya berupa gabungan antara beberapa kumpulan LED. Lampu indikator pada umumnya digunakan berbagai macam panel pada sistem kelistrikan mesin-mesin industri. Dibawah ini menunjukkan contoh lampu indicator.



Gambar 2.12 Lampu Indikator

2.4.3 Ciri – ciri Pneumatik

Pengertian pneumatik meliputi alat-alat pergerakan, pengukuran, pengaturan, pengendalian, perhubungan, dan perentangan yang meminjam (mengambil) gaya dan penggerakannya dari udara mampat.

Persaingan antara alat-alat pneumatik dengan alat-alat mekanik, hidrolik, atau elektrik makin menjadi besar, sering kali sistem-sistem pneumatik diutamakan karena :

1. Paling banyak dipertimbangkan untuk beberapa hal dalam mekanisasi dan otomasi
2. Dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan kerja tertentu.

Ciri-ciri pneumatik dapat dilihat dari keuntungannya dibandingkan dengan menggunakan peralatan hidrolik minyak atau peralatan listrik:

1. Fluida kerja yang mudah didapat dan mudah diangkat karena udara dimana saja tersedia dengan jumlah yang tak terhingga dan saluran balik tidak diperlukan karena udara bekas dapat dibuang dengan bebas sedangkan pada sistem elektrik dan hidrolik memerlukan saluran balik.

2. Aman terhadap kebakaran dan ledakan, dalam ruang dengan resiko timbulnya kebakaran, alat-alat pneumatik digunakan tanpa dibutuhkan pengamanan yang mahal dan luas.

3. Rasional (menguntungkan), pneumatik adalah 40-50 kali lebih murah dari pada tenaga otot. Hal yang sangat penting pada mekanisasi dan otomasi produksi serta komponen-komponen untuk peralatan pneumatik tanpa pengecualian adalah lebih murah jika dibandingkan dengan komponen-komponen peralatan hidrolik.

4. Energi pneumatik dihantarkan melalui pipa untuk menjalankan alat-alat mekanik, kecepatan dapat diatur secara bebas pengontrol dan gaya pendorong diatur oleh valve pengontrol tekanan, dan selang-selang elastik

memberi kebebasan pindah yang besar sekali dari komponen pneumatik ini

5. Sirkuit pneumatik pada umumnya memakai tekanan 6-12 kg/cm², menghasilkan output yang lebih dari sirkuit hidrolis, maka dari itu lebih cocok untuk pengerjaan ringan (light duty)

6. Udara bertekanan mempunyai tahanan dan resistansi yang kecil terhadap aliran (Flow) dan dapat disalurkan dengan cepat dari pada tenaga hidrolis.

7. Udara kempa merupakan media kerja yang sangat cepat. Ini memungkinkan kecepatan kerja tinggi untuk dapat tercapai. Dengan komponen-komponen udara kempa, kecepatan dan daya mampu diubah-ubah secara tak terbatas.

2.4.4 Komponen – komponen Pneumatik

a. Pipa Pneumatik

Pipa pneumatik ini berhubungan dengan sistem pendistribusian udara dalam pneumatik. Untuk mendistribusikan udara bertekanan dari kompresor ke peralatan pneumatik lainnya maka diperlukan pipa yang berfungsi untuk menyalurkan udara bertekanan. Pressure Losses Dalam Pipa Pneumatik

Didalam sistem pneumatik, kerugian tekanan pada pipa saluran pneumatik antara udara masuk kompresor hingga udara yang akan masuk ke dalam silinder (aliran terjual) tidak boleh lebih dari 0,05 bar (Majumdar 1995).

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,35} \times L}{d^5 p_1} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.4)}$$

(Majumdar, 1995)

Dimana :

ΔP = Preassure Loss (Pa)

L = Panjang pipa saluran (m)

Q = Kapasitas silinder (m³/s)

P_1 = Tekanan Operasi (Pa)

b. FRL

Udara yang dihisap oleh kompresor udara tidak bersih, karena adanya banyak jenis pencemar/pengotor di atmosfer. Untuk menghasilkan udara yang bersih dan bebas dari pencemaran, maka udara yang keluar harus disaring terlebih dahulu. 3 elemen yang ada didalam FRL adalah:

1. Air filter
2. Pressure regulator
3. Lubricator



Gambar 2.13 FRL

- **Air Filter (saringan udara)**

Udara di atmosfer 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 kempa 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* air filter yang terdapat pada system pneumatic yang berfungsi untuk membersihkan udara sebelum masuk kesistem.

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.

- **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 kebagian 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. Untuk membatasi aliran udara yang masuk ke sistem, dilakukan dengan cara memutar bagian warna biru (lihat gambar 2.11) sehingga tekanan akan sedikit demi sedikit berkurang.

Suatu sistem yang menggunakan tekanan harus mempunyai alat yang bisa mengukur tekanan yang dipakai untuk menjalankan sistem tersebut, Pressure Gauge pada sistem pneumatik digunakan untuk mengukur

tekanan yang digunakan, baik tekanan dari kompresor ataupun tekanan system.

- **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. Keuntungan menggunakan pelumas:

1. Terjadinya penurunan gesekan
2. Perlindungan terhadap korosi
3. Umur pemakaian lebih lama

Syarat yang harus dipenuhi oleh perangkat pelumas:

1. Pengoperasian pemeliharaan sederhana
2. Kerja perangkat pelumas harus otomatis
3. Banyaknya minyak untuk kontrol pneumatik harus dapat disesuaikan untuk kesesuaian ukurannya
4. Perangkat pelumas harus dapat berfungsi sekalipun udara bertekanan yang diperlukan hanya sesaat

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.

a) Valve

Sistem kontrol pneumatik terdiri dari komponen-komponen sinyal dan bagian kerja. Komponen-komponen sinyal dan kontrol menggunakan rangkaian atau urutan operasi dari bagian kerja, dan disebut katub. Penggunaan

katub dalam pneumatik yaitu untuk mengontrol tekanan, kecepatan aliran dan untuk mengatur arah aliran udara dalam sirkuit pneumatik.

Menurut fungsinya, katub dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

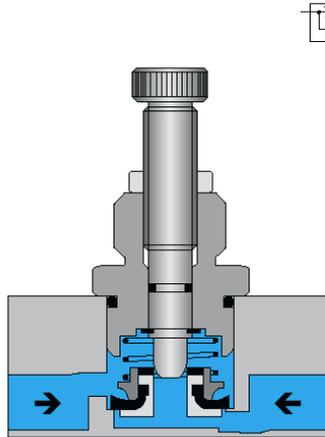
1. Pressure Control Valve (Katub Pengontrol Tekanan)
2. Directional Control Valve (Katub Kontrol Arah)
3. Flow Control Valve (Katub Pengontrol Aliran)
4. Pressure Control Valve (Katub Pengontrol Tekanan)

(Majumdar, 1995)

- **One Way Flow Control Valve**

Speed control valve adalah gabungan dari *throttle valve* dengan *check valve* yang disusun secara paralel. Katub ini juga disebut one way flow control valve.

Flow control valve digunakan untuk mengontrol kecepatan aktuator pneumatik. Dengan katub jenis ini, aliran udara diatur hanya pada satu arah. Sebuah katub satu arah menutup aliran udara dan udara bisa mengalir hanya melalui penampang yang telah diatur. Pada arah yang berlawanan udara bisa mengalir secara bebas melalui katup satu arah terbuka. Katup ini digunakan untuk pengaturan kecepatan aktuator, dan jika memungkinkan harus di pasang langsung pada silinder.



Gambar 2.14 *One Way Flow Control Valve*

Apabila udara mengalir, *check valve* terbuka dan udara dengan sendirinya akan mengalir baik melalui *throttle valve* maupun *check valve*. *Flow* seperti ini dinamakan dengan *free flow*. Apabila udara mengalir dengan arah yang terbalik, maka *check valve* otomatis akan tertutup dan aliran udaranya melalui *throttle valve*.

Umumnya *speed control valve* diletakkan di antara *directional control valve* dengan *actuator* (silinder). Dipakai dengan dua cara yaitu dengan *meter out* dan *meter in*. Dalam *meter out*, udara masuk dengan *free flow* tanpa ada halangan apapun sehingga tekanan udara dalam silinder naik segera. Udara *exhaust* dari silinder dikontrol oleh *control valve* sehingga speed dikontrol dengan stabil.

- **Direction Control Valve**

Directional control valve ini dipakai dalam sistem kontrol pneumatik dan berfungsi untuk mengubah arah aliran udara atau menghentikan aliran, sehingga mengontrol kinerja silinder. Mesin penyerut bambu ini menggunakan DCV jenis *double solenoid valve* (Katub Solenoid Ganda). *Valve* yang digerakkan oleh *solenoid* (magnet) *valve* ini dibuka dan ditutup dengan gaya tarik

solenoid. *Valve* jenis ini biasa digunakan dalam alat kontrol otomatis dengan sistem elektro pneumatik.

Tipe *double solenoid valve* mempunyai dua elektro magnet, seperti pada gambar, dan dibagi menjadi tipe *continuous magnetizing* (dimagnet terus-menerus) yang mempertahankan penggantian valve diposisinya dengan memagnet solenoid A atau B terus-menerus, dan tipe magnetisasi sekejap (*instananeous magnetizing*) yang mempertahankan penggantian posisi valve dengan memagnet salah satu solenoid dan mematikan magnetnya setelah itu.



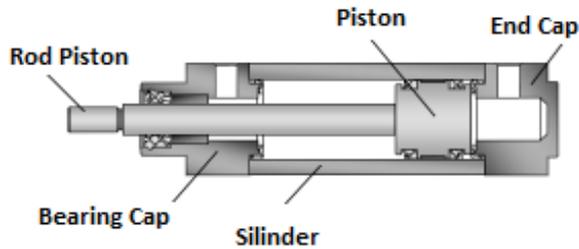
Gambar 2.13 Katub Solenoid Ganda 5/2 Way

b) **Akuator Pneumatik**

Tenaga udara bertekanan dari kompresor diubah menjadi gerakan lurus oleh silinder pneumatik. Besarnya tenaga yang dapat ditimbulkan tergantung pada besarnya tekanan, luas penampang silinder, serta gesekan yang timbul antara dinding dalam dengan batang toraknya.

Salah satu jenis aktuator yaitu *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, tetapi 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 silinder penggerak ganda dalam dua arah

Silinder pneumatik double acting terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

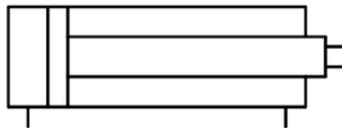


Gambar 2.15 *Double Acting Cylinder*

Udara mengalir dari port A ke ruang yang terdapat disebelah piston. Maka piston dan piston rod akan bergerak karena adanya tekanan dari piston area. Udara yang berada pada piston rod chamber akan pindah keluar silinder melalui port B.

Pada proses kebalikannya, udara mengalir melalui port B lalu ke piston ring area sehingga piston kembali ke posisi awal. Karena terdorong oleh piston, udara akan keluar melalui port A.

Adanya perbedaan ukuran dari piston area dan piston ring area mengakibatkan gaya yang dihasilkan ketika bergerak keluar dan ke dalam akan berbeda walaupun memiliki besar tekanan yang sama. Simbol dari silinder *double acting* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.16 *Simbol Double Acting Cylinder*

- **Penentuan Diameter Silinder**

Diameter silinder pneumatik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Silinder}} = \frac{F \times v}{P \times Q} = 0,85 \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.5})$$

(Majumdar 1995)

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

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

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

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 takanan kerja yang digunakan adalah 6 – 12 bar.

- **Gaya Dorogan Silinder**

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

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot P \cdot \mu \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.6)}$$

(Warring, 1982)

Dimana :

F = 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 bambu dengan bambu dan dengan landasan, beban pegas dan gesekan metal rod.

- **Gaya Tarikan Silinder**

Gaya tarikan silinder bisa diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \mu \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.7)}$$

(Warring, 1982)

Dimana :

F = Gaya Dorong Silinder (kgf)

D = Diameter Tabung Silinder (cm)

P = Tekanan Udara (kgf/cm²)

μ = Koefisien Tekanan Beban Tarik

Koefisien tekanan beban berubah tergantung dari diameter silinder, gesekan bambu dengan bambu dan dengan landasan, beban pegas dan gesekan metal rod.

- **Kecepatan Langkah Silinder**

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

$$Q = A \cdot V \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.8)}$$

(Esposito, 2003)

Dimana :

Q = Kebutuhan Udara (m³/min)

V = Kecepatan Langkah Silinder (m/sec)

A = Luasan silinder (m) 30

- **Konsumsi Udara**

Konsumsi udara adalah *piston stroke* \times *piston strokes* \times *compression ratio* dengan satuan NI/min. Dimana besarnya *Compression ratio* yaitu

$$\frac{1,013 + \text{operating pressure (bar)}}{1,013}$$

$$Q = S \cdot n \frac{D^2 \pi}{4} \text{ untuk SA silinder}$$

$$Q = S \cdot n \frac{D^2 \pi}{4} + S \cdot n \left(\frac{D^2 - d^2}{4} \right) \cdot n \text{ Compression ratio}$$

Dimana :

Q = volume udara (NI/min) = Normal Liter

S = *Stroke* (mm)

n = *Number of stroke per min*

$$Q = 0,7854 \frac{d^2 s}{t} \times \frac{p + 101,3 \times 10^3}{101,3} \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{s} \quad \dots \text{ (pers 2.9)}$$

(Majumdar, 1995)

c) Kompresor Udara

Pneumatik bekerja dengan memanfaatkan udara yang dimampatkan (*Compressed Air*). Dalam hal ini, udara yang dimampatkan akan didistribusikan kepada sistem yang ada sehingga kapasitas sistem terpenuhi.

Untuk menghasilkan udara yang dimampatkan, maka dibutuhkan kompresor untuk memampatkan udara sampai pada tekanan kerja yang diinginkan. Perlengkapan pneumatik disuplai udara bertekanan dengan melalui pipa saluran dari tempat kompresor. Penampung udara bertekanan (*receiver*) berfungsi untuk menstabilkan pemakaian udara bertekanan. Penampung udara bertekanan yang kebanyakan dipakai adalah tangki, karena mempunyai sifat akan memperhalus fluktuasi tekanan dalam jaringan ketika udara dipakai oleh jaringan udara tersebut. Dan lagi luas permukaan yang besar dari penampung akan mendinginkan udara dalam tangki itu sendiri.

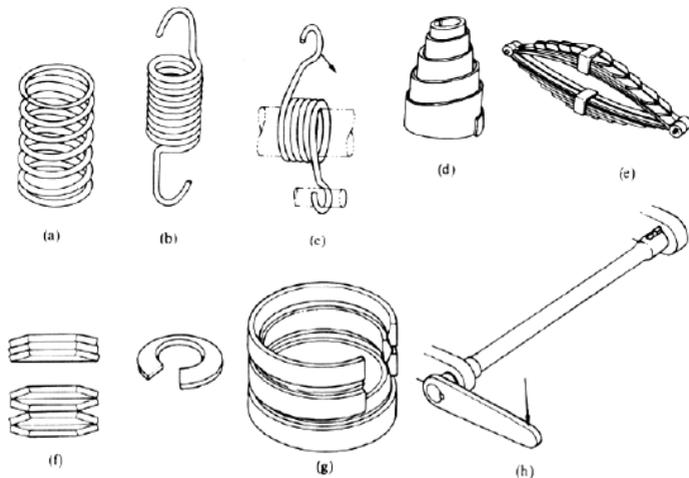
Jadi penampung udara bertekanan mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Menstabilkan pemakaian udara bertekanan.
- b. Mendinginkan udara dalam tangki
- c. Menghindari *pressure drop* (penurunan tekanan) apabila sejumlah besar udara dipakai dalam waktu yang relatif singkat.
- d. Menyediakan udara bertekanan untuk suatu jangka waktu tertentu dalam waktu tertentu dalam masa kecemasan seperti waktu kompresor dimatikan karena listrik padam. Perlu diperhatikan bahwa tangki udara harus dilengkapi dengan alat pengukur tekanan (*pressure valve*) dan *switch* tekanan.

2.5 Pegas

2.5.1 Macam – macam pegas

Pegas dapat digolongkan atas dasar jenis beban yang dapat diterima seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.16 sebagai berikut :



Gambar 2.17 Macam-macam Pegas
(Sularso, 1997)

Keterangan :

- | | |
|------------------|-------------------------|
| (a) Pegas tekan | (e) Pegas daun |
| (b) Pegas tarik | (f) Pegas piring |
| (c) Pegas puntir | (g) Pegas cincin |
| (d) Pegas volute | (h) Pegas batang punter |

2.5.2 Bahan Pegas

Pegas dapat dibuat dari berjenis-jenis bahan seperti diberikan dalam Tabel 2.2 berdasarkan pemakaiannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.2 Bahan pegas vc silindris berdasarkan pemakaiannya

Pemakaian	Bahan
Pegas biasa (dibentuk panas)	SUP, SUP4, SUP6, SUP7, SUP10, SUP11
Pegas biasa (dibentuk dingin)	SW, SWP, SUS, BsW, NSWS, PBW, BeCuW
Pegas tumpuan kendaraan	SUP4, SUP6, SUP7, SUP9, SUP11
Pegas untuk katup	SWPV
Pegas yang dialiri arus listrik	BsW, NSWS, PBW, BeCuW
Pegas anti magnet	SUS, BsW, NSWS, PBW, BeCuW
Pegas tahan panas	SUS
Pegas tahan korosi	SUS, BsW, NSWS, PBW, BeCuW

Baja yang paling umum dipakai untuk pegas yang dibentuk panas adalah baja pegas (SUP4), karena pembentukannya dilakukan pada temperature tinggi. Oleh karena itu, perlu diberi perlakuan panas setelah dibentuk (Sularso, 1997).

Harga-harga modulus geser bahan pada pegas diberikan dalam table sebagai berikut:

Tabel 2.3 Harga modulus geser G

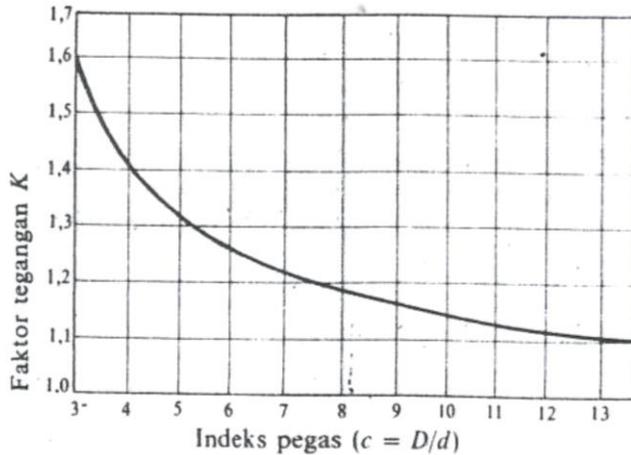
Bahan	Lambang	Harga G (Kg/mm ²)
Baja pegas	SUP	8×10^3
Kawat baja keras	SW	8×10^3
Kawat piano	SWP	8×10^3
Kawat baja tahan karat	SUS	$7,5 \times 10^3$
Kawat kuningan	BsW	4×10^3
Kawat perak nikel	NSWS	4×10^3
Kawat perunggu fosfor	PBW	$4,5 \times 10^3$
Kawat tembaga berilium	BeCuW	5×10^3

Dalam rancang bangun mesin ini menggunakan pegas tekan dalam kotak bambu, jadi yang dibahas adalah hanya pegas tekan dengan bahan SUP4.

2.5.3 Indeks Pegas

$$C = \frac{D}{d} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.10)}$$

Keterangan : C = Indeks pegas
 D = Diameter lilitan rata-rata (mm)
 d = Diameter kawat (mm)



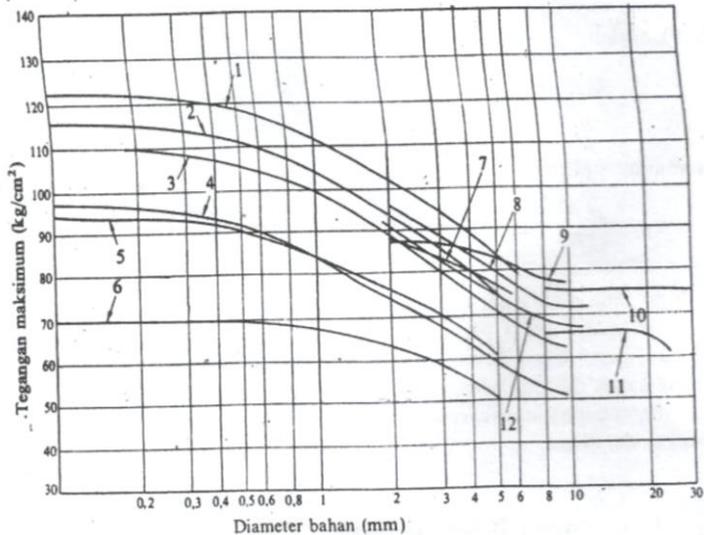
Gambar 2.18 Faktor Tegangan dari Wahl (Sularso, 1997)

2.5.4 Tegangan Maksimal dalam Lilitan Pegas

$$\tau = K \frac{8DWl}{\pi d^3} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.11)}$$

Keterangan : τ = Tegang geser (kg/mm²)
 K = Faktor tegang dari Wahl
 Wl = Beban (kg)

2.5.5 Tegangan Maksimum Pegas Tekan



Gambar 2.19 Tegangan Maksimum Pegas Tekan (Sularso, 1997)

Keterangan :

1. Kawat musik kelas B
2. Kawat musik kelas A
3. Kawat baja keras kelas C
4. Kawat baja keras kelas B
5. Kawat baja tahan karat No. 2
6. Kawat baja tahan karat No. 1
7. Kawat musik kelas V
8. Baja karbon, baja ditemper dengan minyak, kelas B
9. Kawat baja Cr-V
10. Baja paduan
11. Baja pegas
12. Kawat baja karbon ditemper dengan minyak, kelas A

2.5.6 Lendutan Kawat

$$\delta = \frac{8n D^3 Wl}{d^4 G} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.12)}$$

Keterangan : δ = Lendutan kawat (mm)
 n = Jumlah lilitan aktif
 G = Modulus Geser

2.6 Pisau

Pisau yang digunakan termasuk dalam perautanan ortogonal, dimana tepi sisi potong alat iris adalah lurus dan tegak lurus terhadap arah gerakan.

2.6.1 Koefisien Gesek Pisau

Koefisien gesek μ dapat diperoleh dari :

$$\mu = \frac{F}{N} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.20)}$$

2.6.2 Perencanaan Pisau

Perencanaan dapat ditentukan dengan mencari data tegangan tarik (τ_s) pada lampiran 4. Tegangan tarik dapat dicari melalui rumus :

$$\tau_s = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.21)}$$

$$\frac{F}{A} \leq \frac{|\tau_s|}{0,6 \cdot \sigma_{syp}} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.22)}$$

Dimana:

τ_s = Tegangan Tarik (N/mm²)

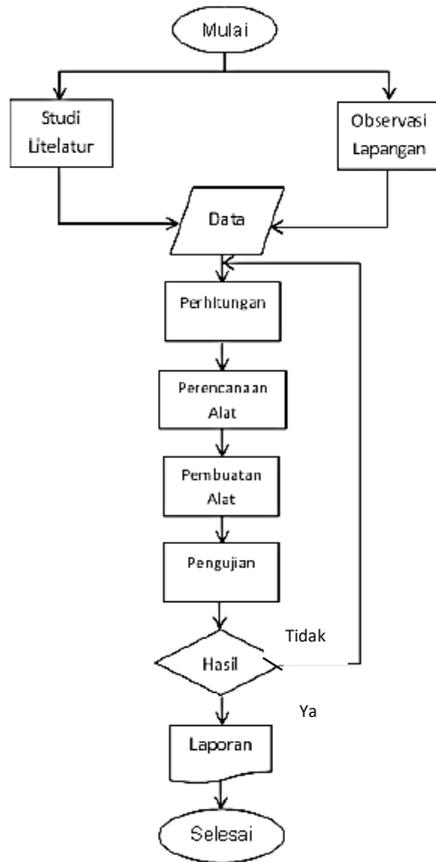
F = Gaya pisau (N)

A = Luas bambu yang diserut

BAB III

METODOLOGI

Pada bab ini dibahas secara detail tentang : perencanaan pembuatan, dan pengujian Mesin Penyerut Bambu yang digambarkan pada diagram alir atau *flowchart*.



Gambar 3.1 Diagram alir atau flowchart

Dari diagram alir (*flowchart*) di atas diperinci lagi sebagai berikut :

3.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan adalah pengamatan langsung untuk memperoleh data dari lokasi pengamatan. Lokasi pengamatan di Kec.Panceng, Kab.Gresik usaha membuat dan memperbaiki kapal.

Penambalan kapal dengan menggunakan epoxy dengan perbandingan 25 ml per 150 gram serat bambu, penggunaan bahan tambahan serabut bambu sangatlah bagus untuk penambalan bagian terdalam lapisan kayu yang tidak terkena air secara langsung karena masa jenisnya yang kecil dan susah untuk menyerap air akan tetapi susahnyanya memproses bambu menjadi serabut menjadikan nelayan tidak mau menggunakannya Sehingga dibuat penyerut bambu agar pembuatan serat bambu lebih mudah. Selain itu dapat mempertimbangkan peralatan yang harus dirancang ulang supaya penggunaannya lebih efektif dan efisien.



Gambar 3.1 Pengerjaan Kapal Kayu



Gambar 3.2 Epoxy



Gambar 3.3 Proses penambalan kapal

3.2 Study Literatur

Melakukan studi pustaka melalui internet, buku/*text book*, diktat yang mengacu pada referensi, dan tugas akhir yang berkaitan. Proses perencanaan menggunakan data-data untuk mengetahui prinsip mekanisme alat dengan permasalahan perencanaan. Dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan

kekurangan mesin-mesin terdahulu sebagai bahan referensi perancangan mesin yang lebih baik dan mudah dioperasikan. Selain itu untuk mengetahui literatur yang sesuai dalam perhitungan dan perencanaan komponen yang digunakan dalam pembuatan mesin

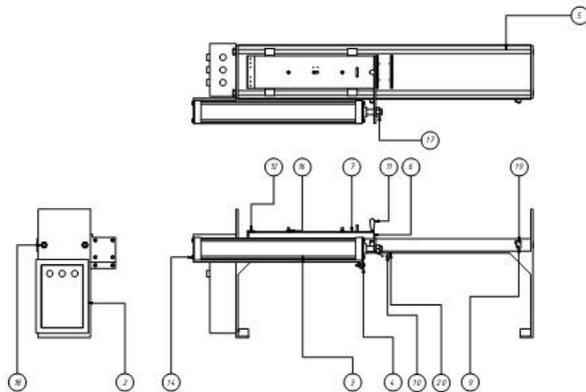
3.3 Data-data hasil survey

Pengambilan data ini berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara pada saat observasi lapangan, data yang diperoleh sebagai berikut :

1. Bambu yang digunakan jenis bambu Apus dengan kondisi layu (sudah dijemur setengah hari dimusim kemarau atau dipanggang 5 menit pada musim penghujan). Bambu apus yang digunakan memiliki panjang antara 30-60 cm dan lebar ± 5 cm.
2. Proses penyerutan masih dilakukan secara manual, menggunakan pisau untuk menjadikan serat satu per satu bambu.

3.4 Gambar Perencanaan dan Komponen-komponennya

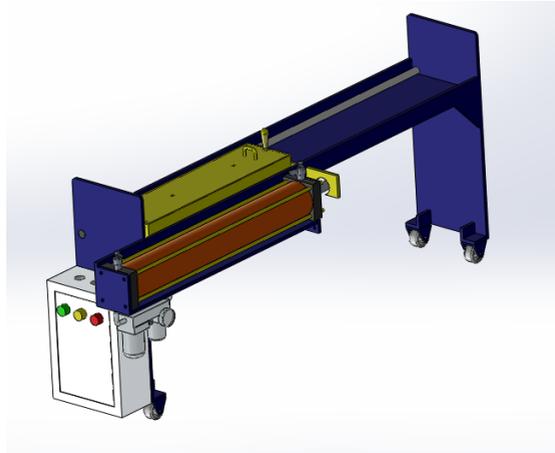
Desain alat digunakan sebagai awal perancangan alat. Desain ini belum memiliki dimensi yang pasti, hanya dalam bentuk gambaran alat yang akan dibuat. Adapun desain alat yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Sketsa desain isometric

Keterangan :

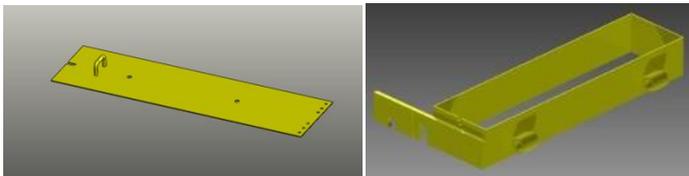
1. Mata pisau
2. Pegas tekan
3. Panel box
4. Tombol emergency
5. Tombol ON
6. Tombol Reset
7. Box tempat bambu
8. Silinder Pneumatik
9. Plat penyambung box bambu dan silinder
10. Batang penyanggah
11. Landasan kerangka
12. Limit switch
13. Kaki kerangka
14. Roda



Gambar 3.5 Mesin Penyerut bambu

Keterangan nomor pada gambar terinci sebagai berikut :

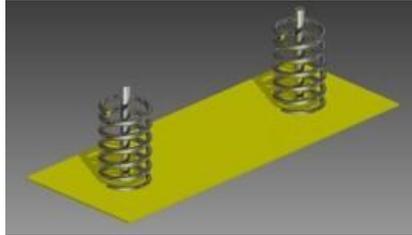
1. *Box* bambu



Gambar 3.6 *box* bambu

Box bambu merupakan tempat potongan bambu yang akan disayat. Bambu disusun dengan formasi 5 baris dan 5 tumpuk, jadi dalam *box* bambu mampu menampung sebanyak 25 potongan bambu. *Box* bambu dilengkapi oleh beberapa komponen lain, yaitu:

2. Spring / pegas



Gambar 3.7 Pegas

Pegas didalam *box* bambu ini dilengkapi dengan plat yang berfungsi untuk menekan bambu, sehingga bambu tidak akan terangkat ketika terjadi proses pemotongan

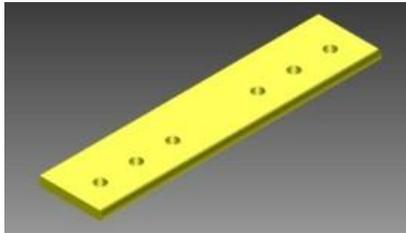
3. Pengunci *box*



Gambar 3.8 Pengunci *box*

Pengunci *box* ini berfungsi untuk membantu pegas agar dapat bekerja dengan baik selama proses penyerutan berlangsung.

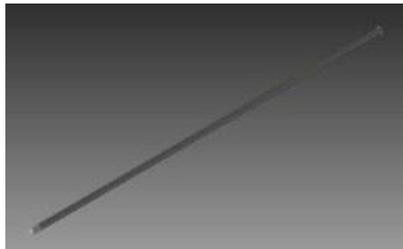
4. Engsel



Gambar 3.9 Engsel

Engsel pada *box* bambu ini berfungsi untuk mempermudah proses buka tutup penutup *box*.

5. Batang



Gambar 3.10 Poros

Batang ini berfungsi sebagai lintasan *box* bambu selama proses penyerutan dengan bantuan *bushing*.

6. *Bushing Sliding*

Bushing sliding yang digunakan untuk mempermudah gerakan secara linier.

7. Panel Box

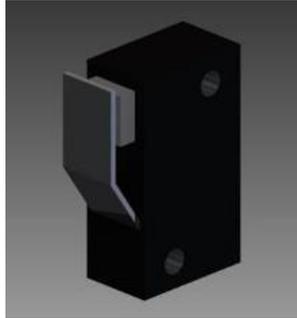


Gambar 3.11 Panel *box*

Panel box berfungsi sebagai tempat komponen pneumatik dipasang. Komponen yang ada di dalamnya meliputi:

- Tombol otomatis, reset dan emergency
- Valve 5/2 single selenoid
- FRL
- Relay dilengkapi socket
- Power supply
- Connecting
- One way flow control valve
- Lampu LED
- Kabel tunggal dan kabel isi 2
- Skun kabel
- Terminal kabel

8. Sensor *limit switch*

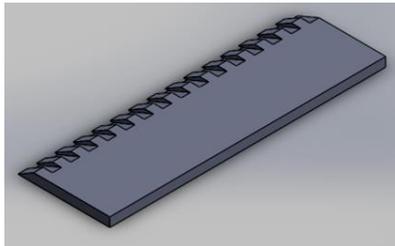


Gambar 3.12 *Limit switch*

Sensor limit switch ini berfungsi sebagai pengatur maju mundurnya silinder pneumatik. Dimana gerakan dari silinder pneumatik ini akan mempengaruhi gerakan dari box bambu.

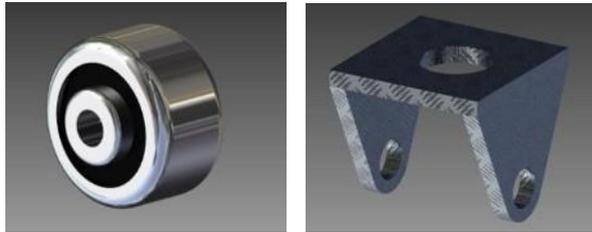
9. Pisau

Pisau ini berfungsi untuk penyerutan batang bambu yang ada di dalam *box*.



Gambar 3.13 Pisau

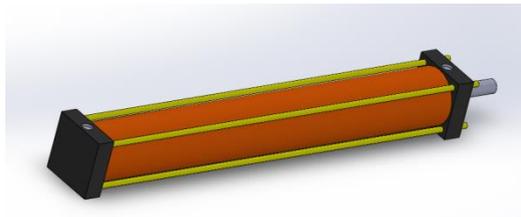
10. Roda



Gambar 3.14 Roda

Roda ini digunakan untuk mempermudah dalam pemindahan mesin.

11. Silinder pneumatik



Gambar 3.15 Silinder pneumatik

Silinder pneumatik berfungsi sebagai penghasil gaya yang akan mendorong dan menarik *box* bambu sehingga terjadi penyerutan.

3.5 Perakitan

Di dalam proses ini melakukan perhitungan-perhitungan yang berkaitan dengan pemasangan komponen, analisa statika serta desain rangka yang akan dibuat, dan elemen yang

dibutuhkan. Setelah itu, memulai untuk perangkaian alat dimana komponen-komponen yang telah sesuai dirangkai menjadi mesin.

3.6 Cara Kerja Alat

1. Potongan bambu disusun didalam box bambu dengan formasi 3 baris dan 5 tumpuk.
2. Box bambu ditutup dan dikunci, dimana penutup tersebut sudah dilengkapi dengan pegas yang berfungsi untuk menekan bambu.
3. Tekan tombol ON, maka box bambu akan bergerak linier menuju pisau dan menghasilkan serutan bambu. Box bambu akan bergerak secara otomatis dengan adanya sistem elektro pneumatik.
4. Mesin akan berhenti secara manual apabila tombol OFF ditekan.

BAB IV

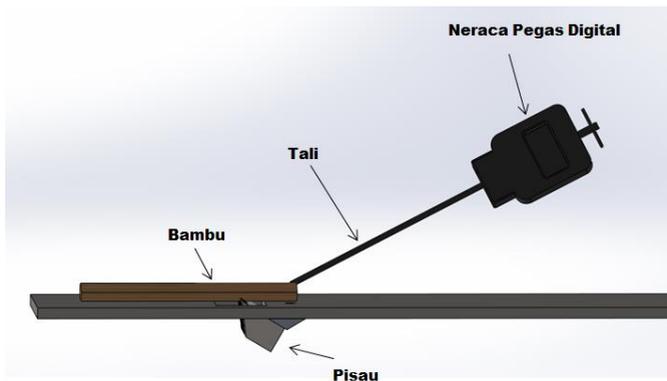
PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Gaya dan Daya

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan gaya dan daya yang dibutuhkan untuk mencari diameter silinder dengan analisa gaya-gaya sebagai ini

4.1.1 Perhitungan Gaya

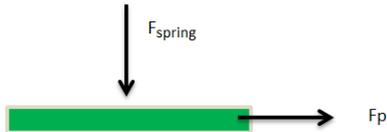
Dalam perencanaan mesin penyerut bambu terlebih dahulu dilakukan uji coba untuk mengetahui besarnya gaya penyerut yang dibutuhkan dalam menghaluskan bambu. Uji coba menggunakan neraca pegas dari penyerut bambu untuk mengetahui besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menyerut bambu apus.



Gambar 4.1 Mencari gaya penyerut

a. Gaya Penyerut

Dari percobaan yang dilakukan diperoleh dari penyerutan dan diukur menggunakan neraca pegas digital sebagai berikut



Gambar 4.2 analisa gaya

Tabel 4.1 Data gaya dari percobaan

No	Gaya (kgf)	Waktu (s)
1	36	3,2
2	34	2,9
3	32	3,0
4	35	3,1
5	36	3,0
Terbesar	36 kgf	3,2 s

$$F_{p1} = 36 \text{ kgf}$$

$$F_{p5} = 36 \text{ kgf} \times 5$$

$$= 180 \text{ kgf}$$

$$= 180 \times 9,807 \text{ N}$$

$$= 1765,26 \text{ N.}$$

Maka gaya penyerut (F_p) untuk menyerut bambu

berdasarkan data uji coba yaitu sebesar 1765,26 N.

b. Kecepatan Penyerutan

Kecepatan penyerutan yang diperoleh dari uji coba tersebut dapat dicari dengan menggunakan data jarak pemotongan bambu dengan pisau dan waktu ketika pisau mulai menghaluskan bambu.

$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{34 \text{ cm}}{3.2 \text{ s}} \\ &= 10,625 \text{ cm/s} \\ &= 0,1062 \text{ m/s} \end{aligned}$$

s = Panjang bambu yang diserut

t = Waktu penyerutan

v = Kecepatan penyerutan

4.1.2 Gaya Pegas

Gaya pegas harus lebih besar dari gaya penyerutan supaya ketika terjadi penyerutan bambu tidak akan terangkat. Dari perhitungan gaya penyerutan

$$F_{spring} > F_p$$

$$F_{spring} > 1765,26 \text{ N}$$

$$F_{spring} = 1800 \text{ N}$$

Sehingga didapatkan gaya pegas sebesar 1800 N.

4.1.3 Perhitungan Daya

Mencari daya yang dibutuhkan :

$$P = Fp \cdot v$$

$$P = 1765,26 \text{ N} \cdot 0,1062 \text{ m/s}$$

$$P = 187,47 \text{ Watt}$$

Fp = Gaya penyerut terbesar diserut

v = kecepatan penyerutan

P = Daya

4.2 Perencanaan Komponen Pneumatik

4.2.1 Perhitungan Debit Udara di silinder

Untuk mencari debit udara minimal yang dibutuhkan oleh silinder pneumatik dapat dihitung dengan persamaan (2.5). Untuk nilai μ diambil 0,85 (*Tenaga fluida pneumatik, 1991 :L78*)

$$\mu_{\text{Silinder}} = \frac{F \times v}{P \times Q}$$

Dimana : F = Fp = Gaya Penyerutan = 1765,26 N

$$P = \text{Tekanan silinder} = 10 \text{ bar} = 100 \text{ N/cm}^2$$

$$v = \text{kecepatan penyerutan} = 0,1062 \text{ m/s}$$

$$\mu_{\text{silinder}} = 0,85$$

$$\mu_{\text{Silinder}} = \frac{F_p \cdot v}{P \cdot Q} = 0,85$$

$$Q = \frac{F_p \cdot v}{P \cdot 0,85}$$

$$Q = \frac{1765,26 \text{ N} \cdot 0,1062 \text{ m/s}}{10 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,85}$$

$$Q = \frac{1765,26 \text{ N} \cdot 0,1062}{0,85 \cdot 10 \cdot 10^5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 22,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 220,55 \text{ cm}^3/\text{s}$$

4.2.2 Perhitungan Diameter silinder

Setelah diperoleh besar debit udara di silinder, maka akan diperoleh diameter minimal silinder pneumatik yang dibutuhkan menggunakan persamaan (2.8)

$$Q = A \cdot v$$

Dengan data yang ada Q dan v , diperoleh diameter silinder sebagai berikut:

$$Q = 220,55 \text{ cm}^3/\text{s} = 22,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 0,106 \text{ m}/\text{s}$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot v$$

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

$$D^2 = \frac{4 \cdot 22,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 0,106 \text{ m}/\text{s}}$$

$$D^2 = 264,99 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$D^2 = 264,99 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{264,99 \text{ cm}^2}$$

$$D = 5,14 \text{ cm}$$

$$D = 51,4 \text{ mm}$$

Dari perencanaan diatas didapat diameter minimal silinder pneumatik sebesar 51,4 mm. Maka untuk perencanaan ini dipilih silinder dengan diameter 100 mm dengan tipe *double acting cylinder* karena diperlukan gerakan maju mundur.

4.2.3 Perencanaan diameter pipa

1. Diameter pipa

Karena adanya gesekan aliran didalam pipa dan karena adanya kerugian yang lain, maka ada kerugian

tekanan maksimum yang diijinkan pada udara yang keluar. Rumus yang digunakan adalah:

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,35} \times L}{d^5 P_1} \quad (2.4)$$

Dimana :

ΔP = Kerugian tekanan maksimum yang diijinkan sebesar 0,05 bar (5000 Pa)

L = Panjang pipa yang direncanakan (m)
(direncanakan 5 m)

d = Diameter pipa (m)

P = Tekanan operasi (pascal)

Q = Debit udara di silinder (m^3/s)

Dengan data yang diketahui:

$$\Delta P = 0,005 \cdot 10^5 \text{ N/m}^3$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$P = 10 \cdot 10^5 \text{ N/m}^3$$

$$Q = 220,55 \text{ cm}^3/s = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

Sehingga diameter pipa minimum untuk silinder pneumatik yang dipilih dengan diameter 100 mm diperoleh sebagai berikut :

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{d^5 \cdot P}$$

$$d^5 = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot (0,22 \cdot 10^{-3})^{1,85} \cdot 5}{500 \times 10 \cdot 10^5}$$

$$d^5 = \frac{0,89 \times 10^{-3}}{5 \times 10^8}$$

$$d^5 = 2,739 \times 10^{-12}$$

$$d = \sqrt[5]{2,739 \times 10^{-12}}$$

$$= 4,8 \times 10^{-3} m$$

$$= 4,8 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas didapat diameter pipa minimum 4,8 mm. Untuk itu, dalam perencanaan ini dipilih pipa dengan diameter dalam pipa 8 mm dan diameter luar pipa 12 mm.

2. Cek Kerugian Tekanan pada Pipa

Kerugian tekanan pada pipa dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{d^5 \cdot P}$$

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \cdot (0,22 \cdot 10^{-3})^{1,85} \cdot 5}{(0,008)^5 \times 10 \cdot 10^5}$$

$$\Delta P = \frac{1,36 \times 10^{-3}}{3,2 \times 10^{-5}}$$

$$\Delta P = 41,86 \text{ N/m}^3$$

$$\Delta P = 41,86 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 0,0004186 \text{ bar}$$

Kerugian tekanan pada pipa sebesar 0,0004186 bar, karena masih dibawah dari kerugian tekanan maksimum

yang diijinkan yaitu 0,05 bar (*Majumdar, hal 26*) maka perencanaan untuk diameter pipa aman.

4.2.4 Perencanaan FRL

Pada perencanaan mesin mesin penyerut bambu perlu digunakan FRL untuk memfilter, mengetahui tekanan udara dan banyaknya luricator. Oleh karena itu, digunakan FRL dengan spesifikasi JAC 2000-02. Spesifikasi utama *rated flow* $500 \text{ m}^3/\text{s}$, *port size* 1/4", filter precision 25 μm , tekanan maksimal 1,0 MPa, dan tahan sampai tekanan 1,5 MPa.

4.2.5 Perencanaan Valve

1. Pemilihan Directional Control Valve

Perencanaan Mesin Penyerut Bambu ini menggunakan 1 buah katup *directional control valve*, yaitu katup 5/2 yang menggunakan aktuator solenoid karena mesin peraut bambu ini menggunakan sistem kontrol elektro-pneumatik. Katup 5/2 digunakan untuk mengatur arah silinder.

2. Pemilihan One Way Flow Control Valve

Pada perencanaan mesin penyerut bambu perlu digunakan 2 buah *one way flow control valve* untuk mengatur kecepatan gerak maju dan gerak mundur silinder. Berdasarkan data yang ada:

Aplicable Tubing = Nylon

O.D Tubing = 8 mm

Max Preasure = 1 Mpa = 10 Bar = 100 100N/cm²

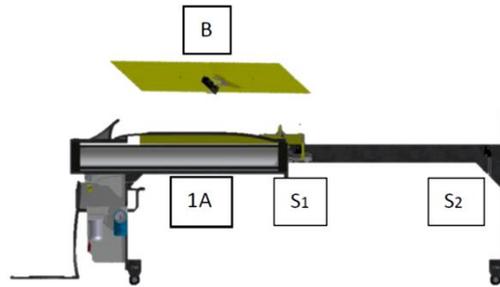
Maka berdasarkan standart yang ada pada katalog FESTO, dipilih *flow control valve type LSC. ¼ PK-8*.

4.3 Perencanaan Sistem Kontrol Elektro Pneumatik

Perangkat mendorong dan menarik benda kerja yang terdapat pada sebuah kotak pada ketinggian tertentu yang telah dihubungkan oleh sebuah batang.

sketsa posisi perangkat ditunjukkan pada gambar 4.5 ada empat perangkat pneumatik:

1. mendorong 1A untuk mendorong dan menarik benda kerja.
2. S1 adalah sensor yang digunakan untuk perintah gerakan maju.
3. S2 adalah sensor yang digunakan untuk perintah gerakan mundur.
4. B sensor proximity digunakan sebagai stopper, memberhentikan mesin ketika bambu habis.



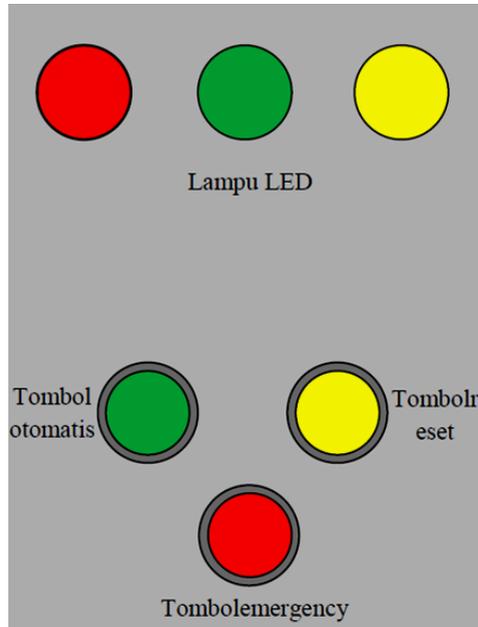
Gambar 4.4 Sketsa posisi

4.3.1 Sistem Operasi Mesin Penyerut Bambu

Sistem operasi pada mesin penyerut bambu diatur dalam *panel box*. Untuk menjalankan mesin peraut bambu perlu dibuat sistem operasi yang sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Berikut adalah sistem operasi mesin penyerut bambu.

Keterangan Konfigurasi Sistem:

- A. *Push button Automatic*: berfungsi untuk menjalankan sistem mesin penyerut bambu sehingga silinder pneumatik mulai teraktuasi.
- B. *Push button Reset*: berfungsi untuk memutuskan aliran pada sistem mesin penyerut bambu sehingga silinder pneumatik kembali ke posisi awal.
- C. *Push Button Emergency*: berfungsi untuk memutuskan aliran apabila terjadi yang darurat pada sistem.
- D. Lampu LED: berfungsi sebagai penunjuk mesin dalam posisi tertentu.



Gambar 4.5 Konfigurasi sistem

Tabel 4.2 identifikasi warna

Colour	Operating status	Examples of application
Merah	Abnormal status	Menunjukkan mesin dalam kondisi <i>Off</i> (akibat dari push button posisi <i>Off</i> atau tombol emergency dalam posisi <i>On</i>)
Hijau	Mesin siap dioperasikan	Menunjukkan mesin dalam kondisi siap dihidupkan
Kuning	Peringatan	Menunjukkan mesin dalam posisi <i>Off</i> karena tombol reset ditekan

4.3.3 Pemilihan Silinder Pneumatik

Silinder dipilih melalui kebutuhan dari gaya dan panjang langkah yang sudah dikeluarkan oleh pabrik pneumatik di katalognya.

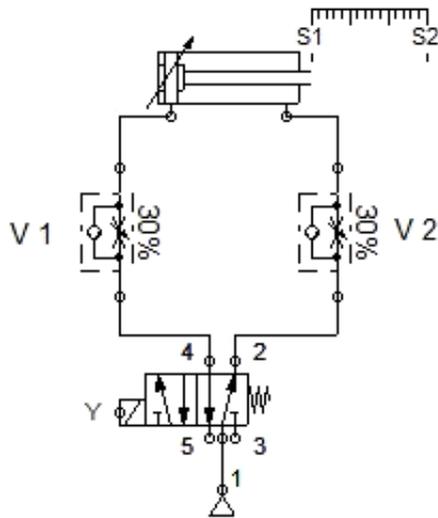
Untuk memenuhi gaya drive, silinder 1A setidaknya memiliki diameter piston 100 mm dan stroke 700 mm.

Untuk memastikan pengereman yang halus, silinder ditaruh secara benar dan diberi bantalan pada bagian akhirnya harus diberikan pada drives 1A. silinder berikut akan cocok, contohnya

Silinder 1A : Festo DNGUL-40-500PPV-A

4.3.4 Diagram Sirkuit Pneumatik

Setelah didapatkan hasil perhitungan mengenai komponen-komponen pneumatik, maka perlu direncanakan juga sistem pneumatik ataupun peralatan pendukungnya agar didapatkan hasil yang optimum sesuai dengan kebutuhan. Adapun skematis dari perencanaan sistem pneumatik yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Rangkaian sistem pneumatik

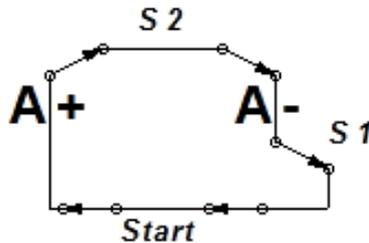
Keterangan Gambar :

1. V = One way flow control valve
2. S = Sensor limit switch
3. Y = Directional valve 5/2 – Single selenoid and spring return pneumatik.

4.3.5 Diagram Notasi Silinder Kerja

Setelah diagram sirkuit pneumatik diketahui, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan notasi langkah kerja dari

padasilinder. Adapun perencanaan diagram notasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Diagram Notasi

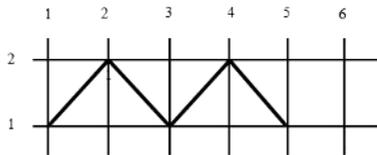
4.3.6 Diagram Gerak Langkah Silinder

Sebelum mulai menyusun circuit diagram, hal-hal yang harus diperhatikan antara lain:

1. Berapa banyak step yang dibutuhkan dalam rangkaian
2. Drive yang digerakkan pada setiap langkah
3. Sensor pemberi sinyal atau lamanya waktu jeda ke step selanjutnya dalam suatu rangkaian

Penjelasan dan ilustrasi dari rangkaian akan lebih mudah jika menggunakan metode grafis, sebagai contoh yaitu dengan menggunakan sebuah *displacement-step diagram*, *displacement-time diagram*, *function diagram* atau *function chart*. Disini kami menggunakan metode *displacement-step diagram*.

Diagram ini digunakan untuk gerakan yang berurutan didalam daerah kerja pneumatik dan menunjukkan langkah dari actuator (silinder). Pada saat posisi normal dengan diagram notasi maka silinder diam dan ketika sensor-sensor yang terdapat pada silinder bekerja, maka silinder ini akan bergerak maju maupun mundur sesuai dengan gambar diagram gerak langkah.



Gambar 4.8 Diagram Gerak Langkah

4.3.7 Rangkaian kelistrikan

Setelah diagram notasi dan diagram gerak langkah di dapat, perencanaan berikutnya adalah pembuatan rangkaian listrik untuk kontrol panel mesin penyerut bambu. Dalam rangkaian listrik ini terdiri dari dua buah relly yang mengaktusikan gerak silinder, dan terdapat lampu indikator sebagai sinyal processing ketika bambu didalam box habis.

Tabel 4.3 Arti Kode

Komponen	Kode
Limit Switch	S
Manually operated pushbutton, input elements	PB
Sesor proximity	B
Rellay	K
Kontaktor	K
Solenoid coil	Y

Komponen yang ditunjukkan pada circuit diagram (gambar 4.10) dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Manually operated switches PB, PBR, PBE
- Limit switch S1 dan S2
- Rellay K1 dan K2
- Solenoid coil Y

Rangkaian ini hanya dapat bekerja ketika ditekan tombol ON atau OFF saja. Reaksi berbeda ditunjukkan ketika kedua tombol ditekan bersamaan, kumparan relly tidak aktif/ tidak mendapatkan arus listrik. Rangkaian ini disebut dengan rangkaian dominan OFF latching.

Pada kasus ini, batang piston dan silinder akan bergerak maju (advance) ketika ditekan tombol PB dan akan mundur (retract) ketika tombol PBE atau PBR ditekan. Rellay dengan fungsi latching digunakan untuk menyimpan sinyal.

Mesin hanya bisa dioperasikan ketika sensor B aktif. Saat PB ditekan, relay akan terkontak. DCV teraktuasi melalui relay yang lain dan mengakibatkan batang piston dan silinder maju (advance). Saat kontak dilepas oleh aktuasi pada tombol PBE atau PBR, batang piston dan silinder akan mundur (retract).

4.4 Perencanaan Pegas

Untuk menentukan material, banyak lilitan, dan diameter yang dibutuhkan dapat dicari melalui cara berikut ini:

$$W_{LT} = F_{spring} = 1800 \text{ N} = 183,54 \text{ kgf}$$

$$W_{LT} = \frac{183,54}{2} \text{ kgf} = 91,77 \text{ kgf}$$

$$D = \text{Diameter pegas rata - rata} = 50 \text{ mm}$$

$$H_f = \text{Panjang Pegas} = 84 \text{ mm}$$

$$H_s = \text{Panjang Pegas Terpasang} = 90 \text{ mm}$$

$$H_L = \text{Panjang Pegas minimum} = 30 \text{ mm}$$

1. Misalkan $C=5$

$$C = \frac{D}{d} = 5 \quad \dots\dots\dots \text{(sesuai persamaan 2.10)}$$

$$d = \frac{50 \text{ mm}}{5}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

C = Indeks pegas

D = Diameter lilitan rata-rata (mm)

d = Diameter kawat (mm)

2. Dari grafik Faktor Tegangan Wohl dengan $C=5$ didapat $k=1,32$

3. $\tau = K \frac{8DWl}{\pi d^3} \dots\dots\dots \text{(sesuai persamaan 2.11)}$

$$\tau = 1,32 \frac{8 \cdot 50 \cdot 91,77}{\pi 10^3}$$

$$\tau = 14,56 \text{ kg/mm}^2$$

τ = Tegangan geser (kg/mm²)

K = Faktor tegangan dari Wahl

Wl = Beban (kg)

4. $SPU4, \tau = 65 \text{ kg/mm}^2, G = 8000 \text{ kg/mm}^2$

$$\tau_d = \tau \cdot sf$$

$$\tau_d = 65 \cdot 0,7$$

$$\tau_d = 45,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$5. \tau < \tau_d \\ 14,56 < 45,55 \quad (\text{kembali ke nomor 1})$$

$$6. d = 6 \text{ mm} \\ C = \frac{50}{6} = 8,33$$

$$7. \text{ Dengan } C = 8,33 \text{ didapat } k = 1,18$$

$$8. \tau = 1,18 \cdot \frac{8 \cdot 50 \cdot 86,65}{\pi 6^3} = 14,56$$

$$9. \tau < \tau_d \\ 14,56 < 45,55 \quad (\text{baik})$$

10. Lendutan kawat

$$\delta = H_S - H_L \\ = 90 - 30 \\ = 60 \text{ mm}$$

δ = Lendutan kawat (mm)

n = Jumlah lilitan aktif

G = Modulus Geser

4.5 Perencanaan Material Penyerut

Dalam proses pembuatan penyerut bambu di alat ini, ada saat dimana pisau akan dibebani oleh gaya pegas dan gaya penyerut secara bersamaan. Oleh karena itu, kekuatan pisau tidak boleh kurang dari pertambahan gaya pegas dan gaya potong supaya pisau tidak cepat rusak. Penyerut yang digunakan dalam alat ini harus memiliki kekuatan yang lebih besar dari pertambahan gaya pegas

dan gaya penyerut. Berikut ini adalah perencanaan pisau penyerut yang akan digunakan:

$$F_{pisau\ penyerut} > F_{spring} + F_p$$

$$F_{pisau\ penyerut} > 1800N + 1765,26\ N$$

$$F_{pisau\ penyerut} > 3565,26\ N$$

$$F_{pisau\ penyerut} = 3600\ N$$

Sehingga diperoleh besarnya gaya minimum yang harus dimiliki oleh penyerut, yaitu sebesar 3600 N. Untuk perhitungan selanjutnya, gaya pisau penyerut ini akan digunakan dalam menentukan bahan yang harus digunakan.

- Mencari tegangan tarik pisau penyerut (τ_s) untuk menentukan material yang akan digunakan untuk dibuat pisau.

$$\tau_s = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana:

F = Gaya pisau (N)

A = Luas bambu yang diserut

= p x l

$$\begin{aligned}
 &= 16 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} \\
 &= 1,6 \text{ cm}^2 \\
 &= 160 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Agar pisau aman digunakan, maka tegangan tarik pisau ($|\tau_s|$) yang digunakan harus lebih besar daripada tegangan tarik sebenarnya (τ_s). Dengan demikian nilai tegangan tarik yang dibutuhkan dapat dicari melalui rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tau_s &\leq |\tau_s| \\
 \frac{F}{A} &\leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{syp}}{sf} \dots\dots\dots \text{(sesuai persamaan 2.22)}
 \end{aligned}$$

$$sf = 4 \text{ (beban kejut)}$$

$$\frac{3600N}{160mm^2} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{syp}}{4}$$

$$\sigma_{syp} \geq \frac{4 \cdot 3600N}{0,6 \cdot 160mm^2}$$

$$\sigma_{syp} \geq 150 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian, material yang gunakan adalah jenis ST 34 F yang memiliki $\sigma_{syp} = 195 \text{ N/mm}^2$ (Lampiran 4)

4.6 Hasil Alat

Secara garis besar, modifikasi yang dilakukan adalah mengganti pisau dengan bentuk yang bergerigi. Berikut adalah foto Mesin Penyerut Bambu dengan tenaga Pneumatik :



Gambar 4.6 Foto Mesin Penyerut Bambu

4.7 Hasil Tabel Percobaan



Gambar 4.7 Hasil Uji Coba

No	Waktu	Massa
1	2menit	101ram
2	2menit	98gram
3	2menit	105gram
4	2menit	107gram
Rata-rata	2menit	103gram

Tabel 4.7 Hasil Uji Coba

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dari pembuatan serat bambu dengan panjang bambu 40 cm , lebar bambu 3 cm , dan tebal bambu 1 cm dengan rata-rata 2 menit didapatkan 103 gram serat bambu.

4.8 Pembahasan

Banyaknya bambu di Indonesia dapat menjadikan bambu sebagai bahan baku yang ramah lingkungan dalam proses pembuatan suatu kerajinan maupun alat misalnya, *sesek* , tiang rumah, bisa digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti gagang peniris minyak serta, dibidang kesenian dan bambu dapat dijadikan serat. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di lapangan. Bambu yang diolah menjadi serat bambu digunakan untuk menambal kapal kayu yang berlubang. Hal tersebut membuat nilai bambu meningkat dan dapat menggantikan kayu yang mulai susah dicari di Indonesia. Oleh karena itu para pengerajin kapal kayu mensiasati untuk mengganti kayu menjadi serat bambu untuk menambal kapal. Akan tetapi memproses bambu menjadi serat bambu tidaklah mudah dan membutuhkan banyak waktu.

Serat Bambu mempunyai karakteristik lentur, mudah dibentuk, sangat kokoh jika disatukan,

mempunyai massa jenis yang rendah dan tahan air, sehingga karakteristik inilah yang menjadikan serat bambu untuk menambal kapal kayu. Serat bambu dapat mengisi lubang yang mempunyai celah yang sempit sekalipun di kapal kayu yang diperbaiki. Banyak yang belum mengetahui bahwa serat bambu mempunyai keunggulan yang dapat meredam getaran, hal tersebut juga dapat mengurangi faktor getaran dari mesin kapal kayu sehingga daya rekat pada celah-celah yang ditambal menggunakan serat bambu tidak mudah untuk terurai atau rusak dibandingkan dengan bahan baku menambal yang lain.

Jenis bambu ada bermacam-macam seperti bambu petung, bambu batu, bambu cangkoreh, bambu apus dan lain-lain, Salah satunya bambu apus, yang merupakan jenis bambu memiliki batang tegak dan banyak tunas muda. Ciri-ciri batang bambu apus antara lain tinggi 1000-2000 cm, memiliki panjang buku 30-60 cm, dan tebal dinding batangnya 0,6-1,3 cm. Selain itu bambu apus memiliki pelepah dengan miang berwarna coklat kehitaman yang mengkilap. Pelepah ini tidak mudah jatuh, walaupun batangnya sudah tua, Bambu memiliki sifat fisis dan sifat mekanis. Sifat mekanis adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menaruh gaya yang datang dari luar yang biasa disebut gaya luar atau beban. Sifat-sifat mekanis tersebut meliputi kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan geser, kekuatan lentur, sifat kekakuan, sifat keuletan, sifat kekerasan, dan sifat ketahanan belah. Sifat mekanis bambu dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis bambu, umur, kelembaban, bagian buluh bambu (pangkal, tengah, dan ujung), serta letak dan jarak ruas

Bahan baku penambal kapal mempunyai banyak macam dan dapat disesuaikan dengan penggunaan.

Bahan baku penambal kapal yaitu dengan menggabungkan perekat dengan material yang mudah dibentuk dan mempunyai masa yang kecil. Untuk material biasa menggunakan serbuk kayu, serat bambu, dan fiberglass. Dan untuk perekatnya dapat menggunakan epoxy, dempul atau lem silicon. Dengan mencampurkan kedua bahan tersebut dapat diperoleh perekat dengan ketahanan yang sangat kuat untuk menambal kapal yang bocor. Pencampuran bahan epoxy dengan bahan baku adalah 25 ml per 100 gram. Dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing bahan baku. Untuk serbuk gergaji untuk penambalan bagian luar yang bersentuhan dengan air. *Fiberglass* mempunyai kelebihan untuk kecepatan penambalan luar yang cepat dengan cara menempelkan *fiberglass* kemudian melapisi dengan epoxy akan tetapi cara ini sangat tidak efektif untuk kapal kayu karena fiberglass berkemungkinan besar menyerap air dengan jumlah yang banyak mengakibatkan kayu yang dilapisinya mudah rapuh.

Berdasarkan uraian di atas, salah satu cara untuk mengurangi tenaga manusia untuk memproduksi serat bambu dengan membuat mesin penyerut bambu. Dalam perancangan mesin penyerut bambu otomatis ini dibutuhkan data mengenai kekuatan geser bambu. Kekuatan geser adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya yang cenderung untuk menggeser satu bagian dengan bagian yang lain pada bahan yang sama. Kekuatan geser dipengaruhi oleh tebalnya dinding batang bambu dan posisi ruas (internode) atau buku (node). Kekuatan geser pada dinding bambu 10 mm menjadi 11% lebih rendah daripada dinding bambu setebal 6 mm, serta bagian ruas memiliki kekuatan geser lebih besar 50% daripada bagian buku.

Pisau yang akan digunakan dapat dihitung kekuatannya agar tidak rusak atau patah saat proses penyerutan berlangsung. Pisau yang digunakan bermodel gigi dengan model pisau bergerigi sehingga dapat memisahkan antar serat bambu yang ada pada bambu yang sedang diproses. Untuk perencanaan pisau digunakan dari perhitungan yaitu menggunakan pisau dengan bahan ST 34 F mempunyai tegangan yield point atau σ_{syp} 195 N/mm². Pisau ini dapat diganti dengan pisau yang lain dan menghasilkan produk yang berbeda seperti mengganti pisau yang bergerigi dengan pisau yang tidak bergerigi hal tersebut menghasilkan produk berupa sayatan bambu yang dapat digunakan sebagai anyaman bambu atau dapat dipergunakan untuk kerajinan anyaman bambu yang lainnya. Dari hal tersebut dapat menjadikan alat ini sebagai alat multifungsi dan dapat merubah nilai bambu lebih tinggi daripada sebelumnya.

Diharapkan dengan adanya alat penyerut bambu dengan tenaga pneumatik ini dapat menyelesaikan masalah pada usaha penambal kapal kayu dalam memproduksi serat bambu dimana yang sebelumnya penggunaan serat bambu yang sedikit oleh penambal kapal kayu karena susahnya memproses bambu menjadi serat bambu yang memiliki resiko yang tinggi dalam pembuatannya. Dan dapat menghemat biaya dibandingkan dengan menggunakan bahan baku yang lainnya seperti *fiberglass* dan lebih ramah lingkungan dibandingkan *fiberglass* sehingga harapannya dengan kapasitas produksi serat bambu per 2 menit 103 gram serat bambu dapat menambah profit dari penambalan atau pembuatan kapal kayu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai hasil dari tujuan yang ingin dicapai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Dalam proses penyerutan diperoleh gaya penyerut sebesar 1765,26 N dan daya 187,47 Watt.
2. Kompresor yang digunakan memiliki tekanan 10 bar sehingga menggunakan silinder pneumatik jenis *double acting* berdiameter 100 mm dan *stroke* 700 mm.
3. Material pisau yang digunakan adalah ST 34 F yang memiliki $\sigma = 195 \text{ N/mm}^2$ dan material pegas yang digunakan adalah jenis SUP4 diameter 6 mm.
4. Kapasitas produksi mesin sebesar 3090 gram per jam.

5.2 Saran

Saran yang diperlukan agar Mesin Penyerut Bambu ini dapat beroperasi dengan lebih baik lagi adalah:

1. waktu dan gaya tekan yang dapat diatur, sehingga dapat menghasilkan kehalusan dari serabut bambu yang diproduksi.
2. Penataan kabel dan selang dipertimbangkan sejak awal berapa kebutuhannya, agar tidak berserakan dalam proses pemasangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, Azhar. *Karakteristik Bilah Bambu dan Buluh Utuh pada Bambu Tali dan Bambu Ampel [Skripsi]*. Bogor, 2002.
- Dransfield, Sa, and Er Am Widjaja. *Plant Resources of South East Asia (PROSEA) No. 7: Bamboos* . Leiden: Backhuys Publisher, 1995.
- Dwiranda, Afristian Arief, and Didik Supriyanto. *Rancang Bangun Mesin Penyayat Bambu untuk Produksi Sayatan Bambu sebagai Bahan Baku Anyaman Bambu [Tugas Akhir]*. Surabaya, 2011.
- Faisol, Muhamad, and Alfiana Nur Hidayati. *Rancang Bangun Mesin Penyayat Bambu Dengan System Control Elektro-Pneumatik [Tugas Akhir]*. Surabaya, 2015.
- Esposito, Anthony. *Fluid Power with Application sixth edition*. New Jersey: Prentice Hall International Inc, 2003.
- Frick, H. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta: KANISIUS, 2004.
- G, Prede, and Scholz D. *Electro-Pneumatics*. Festo Didactic, 2002.
- Majumdar, S.J. *Pneumatic Systems - Principles and Maintenance*. New York: Mc Graw - Hill, 1995.
- Mardikanto, TR, L Karlinasari, and ET Bahtiar. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: IPB Press, 2011.

Rao, P N. *Manufacturing Technology Metal Cutting & Machine Tools*. Malaysia: MARA, 2000.

Schey, John A. *Proses Manufaktur* . Ontario: ANDI Yogyakarta, 2000.

Sudarnadi, H. *Tumbuhan Monokotil*. Jakarta: Penebar Swadaya, 1996.

Suhariyanto. *Elemen Mesin II*. Surabaya, 2006.

Sutiyono. "Bamboo Cultivation." In *Proceeding of the International Seminar on Plantation forest Research and Development in Yogyakarta*. Bogor: campus of FORDA, 2006.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kekuatan geser sejajar serat bambu tali dan bambu ampel pada bagian pangkal tengah, dan ujung.

Jenis Bambu	Nilai Tekan Sejajar Serat						Rata-rata
	Bagian pangkal		Bagian Tengah		Bagian Ujung		
	Buku	Ruas	Buku	Ruas	Buku	Ruas	
Tali/Apus	74	86	70	88	70	96	81
Ampel	106	109	96	113	104	117	108

Lampiran 2 : Hasil perhitungan rekat sejajar permukaan bambu apus (Mardikanto, TR, L Karlinasari, and ET Bahtiar 2011)

Sample	S	P	I	I _{max}	KGT	Koeff	KR	PI	P2	PR	I1	I2	IR	IK	IB	IK
CPV51	30.8	2.57	2.39	6.14	5.01	1.2	6.02	2.42	2.3	2.36	2.12	2.14	2.13	5.6208	6.14	61.86
CPV52	29	2.57	2.39	6.14	4.07	1.2	4.88	2.10	1.05	2.095	2.1	2	2.1	4.9995	6.14	71.68
CPV53	114.71	2.57	2.39	6.14	21.93	1.2	26.32	0.95	0.96	0.955	0.75	0.87	0.81	0.77355	6.14	11.59
Rata-rata	63.53333	2.57	2.39	6.14	10.34	1.20	12.41	1.84	1.77	1.80	1.60	1.67	1.68	3.40	6.14	55.35
CEP51	161.16	2.57	2.39	6.14	26.24	1.2	31.49	1	1	1	0.6	0.6	0.6	0.6	6.14	5.77
CEP52	158.25	2.57	2.39	6.14	25.70	1.2	30.92	0.8	0.8	0.8	0.41	0.42	0.415	0.332	6.14	5.41
CEP53	5.78	2.57	2.39	6.14	0.94	1.2	1.13	1.8	2.2	2	1.12	0.92	1.02	2.04	6.14	33.21
Rata-rata	108.907	2.57	2.39	6.14	17.65	1.20	21.18	1.20	1.33	1.27	0.71	0.65	0.68	0.90	6.14	16.13
52P/51	18.18	2.57	2.39	6.14	2.95	1.2	3.55	0.22	0.2	0.21	0.1	0.14	0.12	0.0252	6.14	6.41
52P/52	110.76	2.57	2.39	6.14	18.03	1.2	21.64	0.85	0.8	0.825	0.75	0.68	0.715	0.58875	6.14	5.60
52P/53	122.35	2.57	2.39	6.14	19.92	1.2	23.90	2.05	2	2.025	2.05	2.1	2.08	4.212	6.14	66.57
Rata-rata	83.76333	2.57	2.39	6.14	13.64	1.20	16.36	1.04	1.00	1.02	0.97	0.97	0.97	1.61	6.14	26.20
52RP51	157.42	2.57	2.39	6.14	25.63	1.2	30.75	0.24	0.24	0.24	0.18	2	1.29	0.2615	6.14	4.26
52RP52	98.97	2.57	2.39	6.14	14.43	1.2	17.38	1.72	1.2	1.21	0.43	0.43	0.43	0.5203	6.14	6.47
52RP53	58.44	2.57	2.39	6.14	9.51	1.2	11.42	2.04	2.04	2.04	0.34	0.34	0.34	0.6930	6.14	11.29
Rata-rata	105.61	2.57	2.39	6.14	16.54	1.20	19.85	1.17	1.16	1.16	0.32	0.92	0.62	0.49	6.14	8.01

Lampiran 3: Tabel Konversi

TABLE. 1 Conversion Factors		
Area		
1 mm ² = 1.0 × 10 ⁻⁶ m ²	1 ft ² = 144 in. ²	
1 cm ² = 1.0 × 10 ⁻⁴ m ² = 0.1550 in. ²	1 in. ² = 6.4516 cm ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ²	
1 m ² = 10.7639 ft ²	1 ft ² = 0.092 903 m ²	
Conductivity		
1 W/m-K = 1 J/s-m-K = 0.577 789 Btu/h-ft-R	1 Btu/h-ft-R = 1.730 735 W/m-K	
Density		
1 kg/m ³ = 0.06242797 lbm/ft ³	1 lbm/ft ³ = 16.018 46 kg/m ³	
1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³		
1 g/cm ³ = 1 kg/L		
Energy		
1 J = 1 N-m = 1 kg-m ² /s ²	1 lbf-ft = 1.355 818 J	
1 J = 0.737 562 lbf-ft	= 1.28507 × 10 ⁻³ Btu	
1 cal (Int.) = 4.1868 J	1 Btu (Int.) = 1.055 056 kJ	
1 erg = 1.0 × 10 ⁻⁷ J	= 778.1693 lbf-ft	
1 eV = 1.602 177 33 × 10 ⁻¹⁹ J		
Force		
1 N = 0.224809 lbf	1 lbf = 4.448 222 N	
1 kp = 9.80665 N (1 kgf)		
Gravitation		
g = 9.80665 m/s ²	g = 32.17405 ft/s ²	
Heat capacity, specific entropy		
1 kJ/kg-K = 0.238 846 Btu/lbm-R	1 Btu/lbm-R = 4.1868 kJ/kg-K	
Heat flux (per unit area)		
1 W/m ² = 0.316 998 Btu/h-ft ²	1 Btu/h-ft ² = 3.15459 W/m ²	
Heat transfer coefficient		
1 W/m ² -K = 0.176 11 Btu/h-ft ² -R	1 Btu/h-ft ² -R = 5.67826 W/m ² -K	
Length		
1 mm = 0.001 m = 0.1 cm	1 ft = 12 in.	
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.39370 in.	1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m	
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.	1 ft = 0.3048 m	
1 km = 0.621 371 mi	1 mi = 1.609344 km	
1 mi = 1609.3 m (US statute)	1 yd = 0.9144 m	

Lampiran 3 Tabel konversi

TABLE (Continued) Conversion Factors	
Specific kinetic energy (V²)	
1 m ² /s ² = 0.001 kJ/kg	1 ft ² /s ² = 3.9941 × 10 ⁻⁵ Btu/lbm
1 kJ/kg = 1000 m ² /s ²	1 Btu/lbm = 25037 ft ² /s ²
Specific potential energy (Zg)	
1 m-g _{std} = 9.80665 × 10 ⁻³ kJ/kg	1 ft-g _{std} = 1.0 lbf-ft/lbm
= 4.21607 × 10 ⁻³ Btu/lbm	= 0.001285 Btu/lbm
	= 0.002989 kJ/kg
Specific volume	
1 cm ³ /g = 0.001 m ³ /kg	
1 cm ³ /g = 1 L/kg	
1 m ³ /kg = 16.018 46 ft ³ /lbm	1 ft ³ /lbm = 0.062 428 m ³ /kg
Temperature	
1 K = 1 °C = 1.8 R = 1.8 F	1 R = (5/9) K
TC = TK - 273.15	TF = TR - 459.67
= (TF - 32)/1.8	= 1.8 TC + 32
TK = TR/1.8	TR = 1.8 TK
Universal Gas Constant	
R = N ₀ k = 8.31451 kJ/kmol-K	R = 1.98589 Btu/lbmol-R
= 1.98589 kcal/kmol-K	= 1545.36 lbf-ft/lbmol-R
= 82.0578 atm-L/kmol-K	= 0.73024 atm-ft ³ /lbmol-R
	= 10.7317 (lbf/in. ²)-ft ³ /lbmol-R
Velocity	
1 m/s = 3.6 km/h	1 ft/s = 0.681818 mi/h
= 3.28084 ft/s	= 0.3048 m/s
= 2.23694 mi/h	= 1.09728 km/h
1 km/h = 0.27778 m/s	1 mi/h = 1.46667 ft/s
= 0.91134 ft/s	= 0.44704 m/s
= 0.62137 mi/h	= 1.609344 km/h
Volume	
1 m ³ = 35.3147 ft ³	1 ft ³ = 2.831 685 × 10 ⁻² m ³
1 L = 1 dm ³ = 0.001 m ³	1 in. ³ = 1.6387 × 10 ⁻⁵ m ³
1 Gal. (US) = 3.785 412 L	1 Gal. (UK) = 4.546 090 L
= 3.785 412 × 10 ⁻³ m ³	1 Gal. (US) = 231.00 in. ³

Lampiran 3. Tabel Konversi

TABLE (Continued) Conversion Factors	
Mass	
1 kg = 2.204 623 lbm	1 lbm = 0.453 592 kg
1 tonne = 1000 kg	1 slug = 14.5939 kg
1 grain = 6.47989 × 10 ⁻⁵ kg	1 ton = 2000 lbm
Moment (torque)	
1 N·m = 0.737 562 lbf·ft	1 lbf·ft = 1.355 818 N·m
Momentum (mV)	
1 kg·m/s = 7.232 94 lbm·ft/s = 0.224809 lbf·s	1 lbm·ft/s = 0.138 256 kg·m/s
Power	
1 W = 1 J/s = 1 N·m/s = 0.737 562 lbf·ft/s	1 lbf·ft/s = 1.355 818 W = 4.626 24 Btu/h
1 kW = 3412.14 Btu/h	1 Btu/s = 1.055 056 kW
1 hp (metric) = 0.735 499 kW	1 hp (UK) = 0.7457 kW = 550 lbf·ft/s = 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration = 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration = 12 000 Btu/h
Pressure	
1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/in·s ²	1 lbf/in. ² = 6.894 757 kPa
1 bar = 1.0 × 10 ⁵ Pa = 100 kPa	
1 atm = 101.325 kPa = 1.01325 bar = 760 mm Hg [0°C] = 10.332 56 m H ₂ O [4°C]	1 atm = 14.695 94 lbf/in. ² = 29.921 in. Hg [32 F] = 33.899 5 ft H ₂ O [4°C]
1 torr = 1 mm Hg [0°C]	1 Pa = 0.000 453 592 bar
1 m n Hg [0°C] = 0.133 322 kPa	1 in. Hg [0°C] = 0.49115 lbf/in. ²
1 m H ₂ O [4°C] = 9.806 38 kPa	1 in. H ₂ O [4°C] = 0.036126 lbf/in. ²
Specific energy	
1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm = 334.55 lbf·ft/lbm	1 Btu/lbm = 2.326 kJ/kg 1 lbf·ft/lbm = 2.98907 × 10 ⁻³ kJ/kg = 1.28507 × 10 ⁻³ Btu/lbm

Lampiran 4. Spesifikasi baja ST

Number Standart	Mechanical Properties	
	Tensile Strength (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)
St 34 F	335 - 410	195
St 37 F	365 - 440	222
St 42 F	410 - 490	235
St 50 F	490 - 590	295
St 52 F	510 - 610	335
St 60 F	590 - 705	355
St 70 F	685 - 835	365
St 02 F	270 - 410	280
St 03 F	270 - 370	250
St 04 F	270 - 350	220

(Suhariyanto, 2006)

Lampiran 5. 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 6. Tabel Kebutuhan Udara

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	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 8. Spesifikasi Konektor

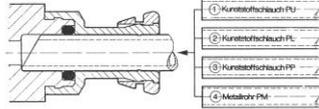
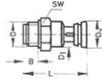
Accessories

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

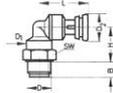
Accessories: See sheet 6.510

Order code	For tubing/ tube inside dia.	Connection	Nominal size	Material	Weight kg	Dimensions					
Part No.	Type	D	mm			B	D ₁	D ₂	L	SW	
With metal connector and sealing ring											
5787	LCS-M 5-PK-3	3	M 5	2.4	Steel/ plastic	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
12963	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
6899	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°



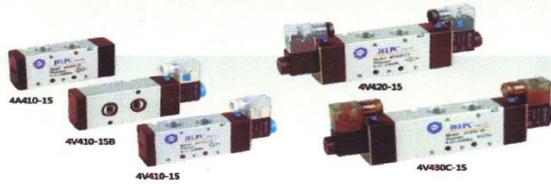
Order code	For tubing/ tube inside dia.	Connection	Nominal size	Material	Weight kg	Dimensions						
Part No.	Type	D	mm			B	D ₁	D ₂	H	L	SW	
With metal connector and sealing ring												
12 952	LCS-M 5-PK-3	3	M 5	3	Steel	0.01	3.5	—	12.5	21.8	26.4	10
13 988	LCS-M 5-PK-4	4/4	M 5	4	plastic	0.01	3.5	—	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
8833	LCS-1/4-PK-4-KU	4/4	G 1/4	4		0.005	6.5	14.2	14	18.5	26.3	13
8935	LCS-1/4-PK-6-KU	4/4	G 1/4	4		0.007	8.5	14.2	14	18.7	26.3	17
8836	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 6 mm: -0.95 to +7 bar

Subject to change

Lampiran 9. Spesifikasi Valve

4V400 Series Solenoid Valve, Air Piloted Valve



Ordering Code

4V	4	10	15	B	AC220V	W	F
Configuration	Series Code	Coil and Port Type	Port Size	Connector and Mount Status	Standard Voltage	Warning	Mount
4V: 5/2W way solenoid valve 4A: 5/2W way air pilot valve 3V: 3/2 way solenoid valve 3A: 3/2 way air pilot valve	400 Series	10: Single coil 20: Double coil 30C: 3rd-position closed 30D: 3rd-position vented 30P: 3rd-position open	15: 1/2"	Mark: Threaded B: Sub-plated mounted (for 3/2: 5/3 way only) HC: 3/2 Way normally closed HO: 3/2 Way normally open	DC12V DC3W AC24V 50Hz/60Hz AC110V 50Hz/60Hz AC220V 50Hz/60Hz AC180V 50Hz/60Hz	Mark: Without light indicator LD: Brown with light indicator LDE: 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)	
Symbol	SV410-15	SV420-15	SV410-15	SV420-15	
Valve Type	3/2 Way				
Effective Cross Section Area	50 mm 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 10. Spesifikasi Air Service Unit

CE
ISO9001:2000

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

Ordering Code

J	C	4000	04	D	N
JAC2000-02	F.R.L. Combination	2000 2000 2500 3000 4000 5000	MS: MS x 0.8 02: G 3/8" 02: G 1/4" 02: G 3/8" 04: G 1/2" 06: G 3/4" 10: G 1"	Blank: Semi-automatic Dr: Automatic	Blank: Standard N: Metal cup
JAC3000-03					

Symbol

Specification

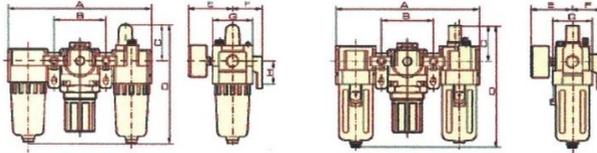
Model	JAC1000-01	JAC1500-01	JAC2000-01	JAC2500-01	JAC3000-01	JAC3500-01	JAC4000-01	JAC4500-01	JAC5000-01	JAC5500-01
Rated Flow	90	500	500	1500	1500	2000	2000	4000	4000	5000
Port Size	MS	1/8	1/4	1/4	3/8	1/4	3/8	3/8	1/2	3/4
Filter Precision	25 µm									
Max. Adjustable Pressure	1.0 MPa									
Rated 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 Cap Cover	Not Available					Iron				
Drain Function	Differential Drain					Differential Drain, Automatic Drain				
Valve Type	With Overflow									
Assembly	Filter	JAF1000-01	JAF2000-01	JAF3000-01	JAF3500-01	JAF4000-01	JAF4500-01	JAF5000-01	JAF5500-01	JAF5000-01
	Regulator	JAR1000-01	JAR2000-01	JAR3000-01	JAR3500-01	JAR4000-01	JAR4500-01	JAR5000-01	JAR5500-01	JAR5000-01
	Lubricator	JAL1000-01	JAL2000-01	JAL3000-01	JAL3500-01	JAL4000-01	JAL4500-01	JAL5000-01	JAL5500-01	JAL5000-01

Lampiran 10. Spesifikasi Air Unit

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

Overall Dimension

JAC1000 ~ JAC5000



Dimension

Model	Bore	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		Length per roll	
Size	Symbol	Symbol	Roll size
		39	66 ft.
		39	100 ft.
		159	500 ft.
		309	1000 ft.
		609	1640 ft.

Color Indication: Symbol Color. See Color Chart Below.

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

TU 0425 BU 20

Polyurethane Tubing		Length per roll	
Size	Symbol	Symbol	Roll size
		39	50m
		39	100 ft.
		159	500 ft.
		309	1000 ft.
		609	1640 ft.

Color Indication: Symbol Color. See Color Chart Below.

4mm (3/32")
6mm
8mm (5/16")
10mm
12mm
16mm

Green, Brown, Blue
* Standard for 4mm (3/32") & 6mm (5/16") tube size
Longer 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.

BIODATA PENULIS

Ziyadatur Rif'ah

10211500010027

Penulis lahir di Gresik , 04 April 1997 merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di SDN Gading I Surabaya, SMP Khadijah Surabaya dan SMAN 19 Surabaya, kemudian melanjutkan ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan DIII Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-Disnakertrans. Selama kuliah, penulis pernah mengikuti Pra-FMD di BLK serta FMD di Puslatpur Purbaya Malang selatan, ikut serta Pra-TD FTI, pernah mengikuti PKM-T sampai terdanai dan Pernah mengikuti UKM Teknopreneurship Development Center ITS. Penulis pernah melaksanakan On The Job Training di PT. Dok dan Perkapalan (persero),Tbk di Surabaya.

Email : rziyadatur@gmail.com

BIODATA PENULIS

Ezar Hamed Alem

10211500010044



Penulis lahir di Kediri , 19 September 1996 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di SDN Keling I, SMPN 4 Pare dan SMAN 2 Pare, kemudian melanjutkan ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan DIII Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-Disnakertrans. Selama kuliah, penulis pernah mengikuti Pra-FMD di puslatpur Purbaya, Pra-TD, dan Pernah mengikuti UKM Teknopreneurship Development Center ITS. Penulis pernah melaksanakan On The Job Training di PT. Semen Indonesia (persero),Tbk.

Email : ezar_hamed@ymail.com