

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Mesin Pemotong Sabun dengan Sistem Pneumatik

Mesin adalah peralatan yang di gerakan oleh suatu kekuatan atau tenaga yang dipergunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagian produk tertentu. (Assauri, 2008). Sehingga mesin pemotong sabun adalah mesin yang dirancang untuk membantu memotong sabun yang memiliki pisau dengan sisi tajam untuk memotong dan *stopper* sebagai batas sabun. Mesin pemotong sabun ini menggunakan mekanisme gerak maju mundur, sehingga dapat memotong sabun dengan ukuran ketebalan yang telah ditentukan.

Alat ini menggunakan sistem pneumatik sebagai penggerak utama pisau. Pisau tersebut dihubungkan dengan silinder aksi ganda pneumatik (*Double acting cylinder*), yang menggerakkan pisau maju dan mundur saat proses pemotongan sabun. Ketebalan pemotongan sabun dapat disesuaikan dengan mengatur jarak antara pisau pemotong dengan *stopper* sehingga mendapatkan ukuran sabun yang diinginkan.

2.2 Sistem Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu "pneuma" yang berarti napas atau udara. Istilah pneumatik selalu berhubungan dengan teknik penggunaan udara bertekanan, baik tekanan di atas 1 atmosfer maupun tekanan dibawah 1 atmosfer (vacum). Sehingga pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan (udara kempa). Selama ini penggunaan udara bertekanan tidak hanya untuk keperluan menambah tekanan udara ban mobil/motor, melepaskan ban mobil dari peleknya, membersihkan mesin, namun sudah dapat digunakan untuk keperluan sistem gerak otomatis yang dapat menggantikan pekerjaan manusia seperti mengangkat, menggeser, menekan memutar, seperti yang diperlukan pada proses produksi/manufaktur. (Sumbodo dkk., 2017).

Pneumatik adalah cabang ilmu fisika atau teknologi yang berkaitan dengan

sifat mekanik dari gas. Pneumatik juga dapat didefinisikan sebagai cabang kekuatan fluida yang menggunakan gas sebagai fluida. Ada dua jenis gas yang digunakan dalam sistem pneumatik seperti udara terkompresi dan nitrogen. Udara terkompresi adalah campuran dari semua gas yang terdapat di atmosfer. Pasokan udara yang tidak terbatas dan kemudahan kompresi membuat udara terkompresi menjadi fluida yang paling banyak digunakan untuk sistem pneumatik. (Shmouty dkk., 2023).

2.2.1 Prinsip Kerja

Sistem pneumatik adalah sistem tenaga yang menggunakan udara terkompresi sebagai medium kerja untuk transmisi tenaga. Prinsip kerjanya mirip dengan sistem tenaga hidrolik. Kompresor udara mengubah energi mekanik penggerak utama menjadi energi tekanan udara terkompresi. Transformasi ini memfasilitasi transmisi, penyimpanan, dan pengendalian energi. Setelah terkompresi, udara terkompresi harus dipersiapkan untuk digunakan. Persiapan udara meliputi penyaringan, pendinginan, pemisahan air, pengeringan, dan penambahan minyak pelumas. Udara terkompresi disimpan dalam tangki penyimpanan udara terkompresi dan ditransmisikan melalui jalur transmisi: pipa dan selang. Tenaga pneumatik dikendalikan dengan menggunakan seperangkat katup seperti katup tekanan, aliran, dan kontrol arah. Kemudian, energi tekanan diubah menjadi energi mekanik yang dibutuhkan melalui silinder pneumatik dan motor. (Lihat gambar 2.4). (Rabie, 2009).



Gambar 2. 1 Transmisi daya dalam sistem tenaga pneumatik.
(M. Galal Rabie, 2009)

2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Pneumatik

Menurut M. A. Shmouty dkk. (2023), beberapa keuntungan utama dari sistem pneumatik adalah sebagai berikut:

- a. Ketersediaan udara.
- b. Kemampuan udara untuk dimampatkan.
- c. Udara terkompresi mudah diangkut dalam wadah tekanan, kontainer, dan pipa.
- d. Konstruksinya sederhana dan mudah dioperasikan.
- e. Kemampuan untuk mengontrol tekanan, kecepatan, dan gaya sangat tinggi.
- f. Biaya perawatan yang rendah.
- g. Karakteristik anti-ledakan dari mediumnya.
- h. Biaya yang rendah dibandingkan dengan sistem lain.
- i. Karakteristik tahan api dari mediumnya.
- j. Kemungkinan pengendalian jarak jauh yang mudah namun dapat diandalkan.

Menurut P. B. Pawar (2020), beberapa keuntungan utama dari sistem pneumatik adalah sebagai berikut:

- a. Hanya cocok untuk aplikasi tekanan rendah dan oleh karena itu gayanya rendah.
- b. Aktuator udara terkompresi ekonomis hingga 50 kN saja.
- c. Pembangkitan udara terkompresi mahal dibandingkan dengan listrik.
- d. Kebisingan udara buang tidak menyenangkan dan harus menggunakan peredam suara.
- e. Kekakuan sistem buruk.
- f. Rasio berat terhadap tekanan besar.
- g. Kurang presisi. Tidak mungkin mencapai kecepatan yang seragam karena kompresibilitas udara.
- h. Sistem pneumatik rentan terhadap kotoran dan kontaminasi.

2.3 Komponen Mesin yang digunakan

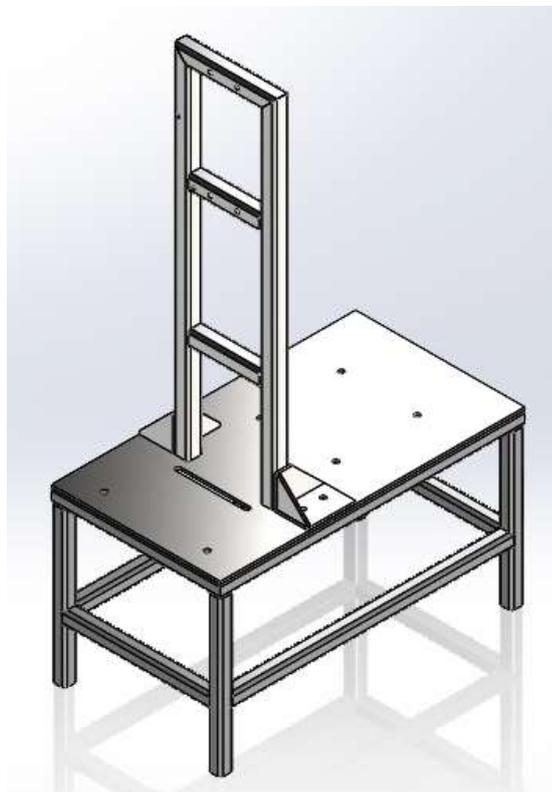
Komponen mesin yang digunakan dalam rancang bangun mesin pemotong sabun dengan sistem pneumatik adalah sebagai berikut:

2.3.1 Rangka (*frame*)

Perancangan rangka dan struktur mesin sebagian besar merupakan seni dalam hal mengakomodasi komponen-komponen mesin. Tentu saja persyaratan teknis harus terpenuhi, ada beberapa parameter perancangan yang lebih penting meliputi hal-hal, antara lain: kekuatan, penampila, ketahanan korosi, ukuran, pembatasan getaran, kekakuan, biaya manufaktur, berat, reduksi kebisingan, dan umur. (Nur dan Suyuti, 2018).

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada awal perancangan, yaitu:

- a. Gaya yang ditimbulkan oleh komponen mesin melalui titik-titik pemasangan seperti bantalan, engsel, siku dan kaki-kaki dari elemen mesin lainnya.
- b. Cara dukungan rangka itu sendiri.
- c. Kepresisian sistem: defleksi komponen yang diizinkan.
- d. Lingkungan tempat mesin akan beroperasi.
- e. Jumlah produksi dan fasilitas yang tersedia.
- f. Ketersediaan alat-alat analitis seperti analisa tegangan dengan komputer. Keterkaitan dengan mesin lain, dinding dan sebagainya.



Gambar 2. 2 Desain Rangka Utama Alat Pemocong Sabun dengan Pneumatik

2.3.2 Kompresor

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang mengisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor bekerja sebagai penguat (*booster*). Sebaliknya ada pula kompresor yang mengisap gas yang bertekanan lebih rendah dari pada tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor disebut pompa vakum. (Sularso dan Tahara, 2000).



Gambar 2. 3 Kompresor

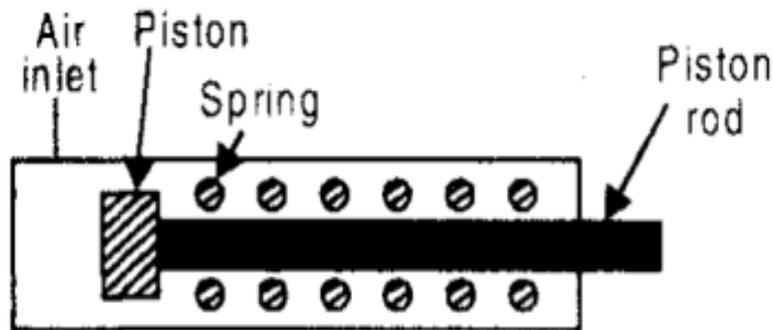
2.3.3 *Cylinder Head Pneumatic*

Silinder pneumatik mengubah tenaga pneumatik menjadi gerakan reciprocating lurus. Konstruksi silinder pneumatik memanfaatkan banyak bahan paduan aluminium dan non-ferrous lainnya untuk mengurangi berat dan efek korosif udara serta meningkatkan kemampuan transfer panas. (Rajput, 2007).

Silinder udara, berdasarkan prinsip operasinya, diklasifikasikan dan dijelaskan sebagai berikut:

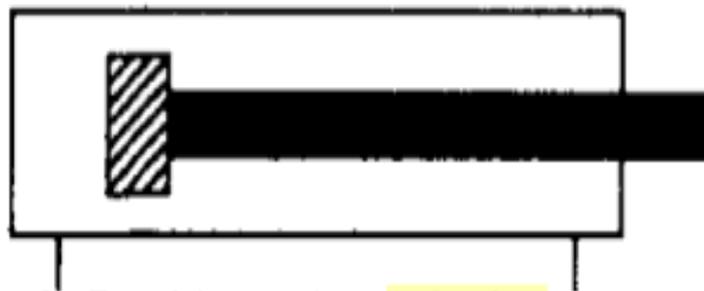
- a. *Single-acting cylinder*: Pada silinder ini, udara bertekanan disuplai hanya pada satu sisi. Oleh karena itu, silinder ini hanya dapat menghasilkan kerja dalam satu arah. Gerakan balik piston dilakukan dengan menggunakan pegas bawaan atau dengan menerapkan gaya eksternal. Pegas dirancang untuk

mengembalikan piston ke posisi awal dengan kecepatan yang cukup tinggi. Keuntungan dari silinder satu arah terletak pada konsumsinya yang rendah, karena udara tidak terbuang saat piston ditarik kembali.



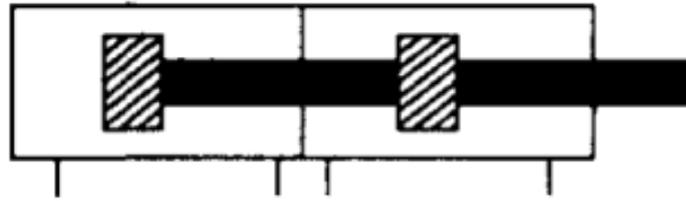
Gambar 2. 4 *Single-acting pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- b. *Double-acting cylinder*: Pada jenis silinder ini, gaya yang dihasilkan oleh udara bertekanan memindahkan piston ke arah dua sisi. Silinder ini menghasilkan kekuatan yang lebih rendah saat ditarik, karena luas penampang batang piston dikurangi dari luas piston di bawah tekanan. Pada prinsipnya, panjang langkah tidak terbatas, meskipun kekakuan dan kelengkungan harus dipertimbangkan sebelum memilih ukuran diameter piston, panjang batang, dan panjang langkah tertentu. -Silinder ini digunakan terutama saat piston diperlukan untuk melakukan pekerjaan tidak hanya pada saat gerakan maju tetapi juga pada saat gerakan mundur.



Gambar 2. 5 *Double-acting pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- c. *Tandem cylinder*: Di sini dua silinder diatur secara seri sehingga gaya yang diperoleh dari silinder hampir dua kali lipat. Karena gaya yang tersedia di dua kali lipat, desain ini berguna ketika kekuatan yang lebih besar dibutuhkan, tetapi silinder tunggal dengan diameter yang lebih besar tidak dapat diakomodasi.



Gambar 2. 6 *Tandem pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- d. *Three position cylinder*: Silinder tiga posisi cukup mirip dengan silinder tandem, kecuali bahwa batang piston kiri tidak terhubung ke piston kanan dan silinder kiri lebih pendek dari yang kanan. Dengan batang piston kiri diperpanjang, retraksi piston kanan dibatasi pada posisi menengah yang ditentukan oleh kemampuan piston kanan untuk sepenuhnya diretraksi.



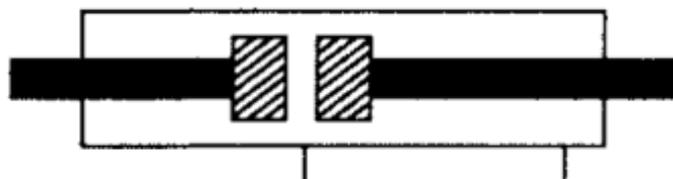
Gambar 2. 7 *Three position pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- e. *Through rod cylinder*: Di sini batang piston diperpanjang pada kedua ujung piston. Hal ini akan memastikan kekuatan dan kecepatan yang sama di kedua sisi silinder.



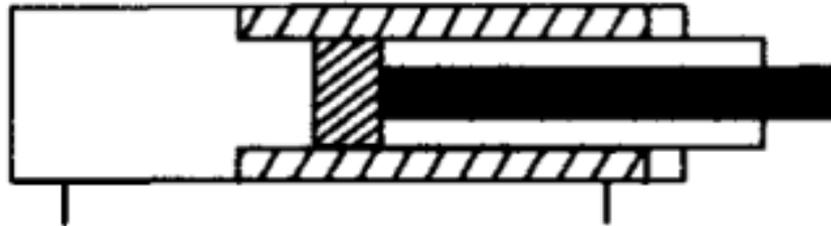
Gambar 2. 8 *Through rod pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- f. *Adjustable stroke cylinder*: -Panjang langkah silinder dapat disesuaikan dengan memutar piston kiri secara masuk atau keluar. -Dengan menggunakan langkah yang paling pendek yang dibutuhkan untuk pekerjaan tertentu, siklus cepat yang lebih baik dicapai dan konsumsi udara berkurang.



Gambar 2. 9 *Adjustable stroke pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)

- g. *Telescoping cylinder*: Ketika tekanan diterapkan pada sisi kiri, silinder dalam bertindak sebagai piston dan diperpanjang. Begitu mencapai akhir langkah, piston paling dalam mulai diperpanjang. Langkah yang tersedia hampir dua kali lipat dibandingkan dengan silinder normal yang memiliki panjang ditarik yang sama.



Gambar 2. 10 *Telescoping pneumatic cylinder* (RK Rajput, 2007)



Gambar 2. 11 *Double acting cylinder*

2.3.4 Katup Pneumatik

Untuk mengontrol aktuator pneumatik, energi udara harus diatur, dikontrol, dan dibalik dengan urutan yang telah ditentukan. Ini dicapai dengan bantuan katup pneumatik; ini diuraikan sebagai berikut:

- a. Katup kontrol arah (*direction control valves*):
 - (i) Katup dua arah

- (ii) Katup tiga arah
 - (iii) Katup empat arah
 - (iv) Katup lima arah.
- b. Katup periksa pneumatik (*pneumatic check valve*).
 - c. Katup kontrol aliran (*flow control valve*).
 - d. Katup shuttle pneumatik atau katup tipe 'OR'.
 - e. Katup tipe 'AND' atau katup dua tekanan.
 - f. Katup pembuangan cepat (*quick exhaust valve*).
 - g. Katup tunda waktu (*time delay valve*).

Katup-katup ini digunakan terutama untuk mengarahkan aliran fluida tekanan ke arah yang diinginkan. Fungsi utama dari katup-katup ini adalah memulai, menghentikan, dan mengatur arah aliran udara serta membantu distribusi udara di jalur yang diinginkan.

Mereka dapat diaktifkan untuk mengambil posisi yang berbeda oleh berbagai media pengaktifan, yaitu listrik, mekanik, pneumatik, atau mode kontrol lainnya. Ini menghasilkan koneksi atau putusnya aliran antara berbagai pembukaan *port*.

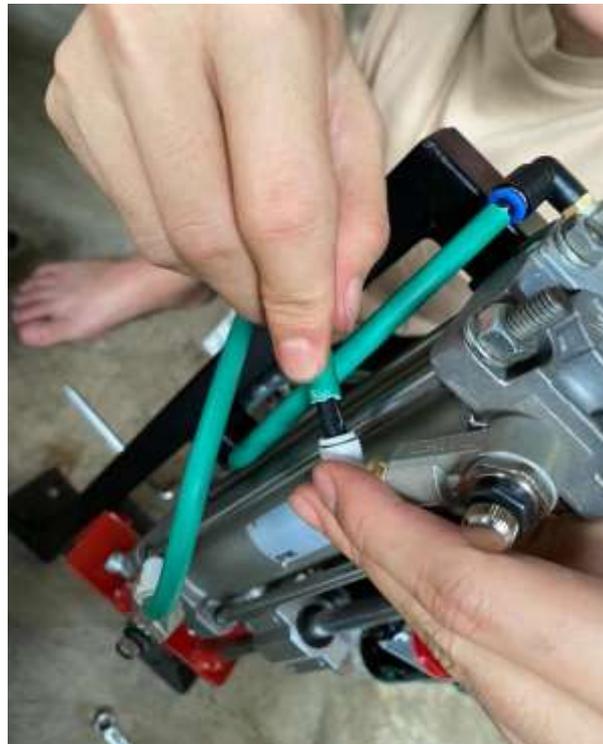


Gambar 2. 12 Katup Pneumatik 5/2

2.3.5 Selang Pneumatik

Selang digunakan untuk mendistribusikan udara terkompresi dari kompresor atau tanki akumulator ke berbagai sistem aktuator. Diameter selang yang digunakan pun bermacam-macam tergantung dari desain dan tujuan penggunaan sistem pneumatik tersebut. Pada sebuah sistem pneumatik besar (menggunakan lebih dari dua aktuator), untuk area sistem supply (area kompresor dan tanki) digunakan pipa berdiameter lebih besar daripada yang digunakan pada area aktuator.

Namun jika sistem pneumatik yang ada kecil, misal hanya untuk menggerakkan satu saja aktuator, maka diameter selang yang digunakan pun akan seragam di semua bagian. (Yudianto, 2017).



Gambar 2. 13 Selang Pneumatik

2.3.6 Push Button Pneumatik

Push button (Tombol tekan), tombol tekan terbagi menjadi dua jenis, yaitu tombol tekan ON dan tombol tekan OFF. Mereka juga disebut sebagai sakelar tombol tekan. Sebuah tombol tekan tertentu ditekan melawan tekanan pegas yang berada di dalam batang tombol tekan, sehingga dapat membuat atau memutuskan kontak.

Tombol tekan ON, ketika ditekan, akan membuat kontak, dan ketika tekanan dilepaskan, kontak tersebut terputus. Sebaliknya, hal tersebut berlaku untuk tombol tekan OFF. (Panigrahi dan Gaur, 2015)



Gambar 2. 14 *Push Button* Pneumatik

2.3.7 Air Service Unit

Dari sudut pandang desainer pneumatik, komponen terakhir dalam penyediaan udara terkompresi adalah unit layanan (*air service unit*). Unit layanan terdiri dari filter udara, regulator tekanan, dan pelumas. Filter udara berfungsi untuk menghilangkan partikel dan cairan terkondensasi. Regulator tekanan dipasang setelah filter udara dan memiliki tugas untuk menjaga tekanan operasional tetap konstan. Pelumas mengatomisasi minyak, yang kemudian melumasi komponen pneumatik. (Shin dan Lee, 1998)



Gambar 2. 15 FRL

2.3.8 Baut dan Mur

Baut adalah suatu batang silinder atau tabung dengan alur heliks pada permukaannya, dengan penggunaan utamanya adalah sebagai pengikat (fastener) untuk menahan dua atau lebih obyek bersama. (Pranata dkk., 2013).

Mur adalah sebuah alat mekanik yang berbahan dasar campuran logam dengan membentuk segi 6 dan di tengahnya terdapat lubang yang sudah ada ulirnya, fungsi dari mur sebagai pengencang atau pengunci antara baut dan benda. (Putri dan Aprilman, 2021)

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, terdapat berbagai faktor yang harus diperhatikan seperti sifat gaya yang akan bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian, dll.

2.3.9 Pisau pemotong

Pisau pemotong berfungsi untuk memotong sabun yang dihubungkan/digerakkan oleh silinder pneumatik sehingga dapat memotong sabun. Pisau pemotong sendiri terbuat dari besi hitam dengan ukuran 100 x 100 x 2 mm yang diasah sehingga tajam.



Gambar 2. 16 Pisau Pemotong Sabun

2.4 Pertimbangan Dasar Memilih Material

Setiap perencanaan rancang bangun memerlukan pertimbangan-pertimbangan bahan agar bahan yang digunakan sesuai dengan yang direncanakan. Hal-hal penting dan mendasar harus di perhatikan dalam pemilihan bahan. (Sularso, 1997),

Dalam membuat dan merencanakan rancang bangun suatu alat atau mesin perlu sekali mempertitungkan pemilihan material yang akan di gunakan. Pemilihan material yang sesuai akan sangat menunjang keberhasilan pembuatan rancang bangun dan perencanaan alat tersebut. Material yang akan diproses harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada desain produk, dengan sendirinya sifat-sifat material akan sangat menentukan proses pembentukan.

Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut, adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan yaitu :

a. Fungsi dari komponen

Dalam perencanaan ini, komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Yang dimaksud dengan fungsinya adalah bagian-bagian utama dari perencanaan atau bahan yang akan dibuat dan dibeli harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing.

Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang mendapat beban yang lebih besar, bahan yang dipakai tentunya lebih keras. Oleh karena itu penulis memperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu untuk diperhatikan.

b. Sifat mekanis bahan

Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari bahan maka akan diketahui pula kekuatan daribahan tersebut. Dengan demikian akan mempermudah dalam perhitungan kekuatan atau kemampuan bahan yang akan dipergunakan pada setiap komponen. Tentu saja hal ini akan berhubungan dengan beban yang akan

diberikan pada komponen tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas dan sebagainya.

c. Sifat fisis bahan

Sifat fisis perlu diketahui untuk menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat fisis yang dimaksud disini seperti : kekasaran, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap gesekan dan lain sebagainya.

d. Bahan mudah didapat

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk komponen suatu mesin yang akan direncanakan hendaknya diusahakan agar mudah didapat dipasaran, karena apabila nanti terjadi kerusakan akan mudah dalam pengantiannya. Meskipun bahan yang akan direncanakan telah diperhitungkan dengan baik, akan tetapi jika tidak didukung oleh persediaan bahan yang ada dipasaran, maka pembuatan suatu alat tidak akan dapat terlaksana dengan baik, karena terhambat oleh pengadaan bahan yang sulit. Oleh karena itu perencana harus mengetahui bahan-bahan yang ada dan banyak dipasaran

e. Harga relatif murah

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut. Dengan demikian dapat mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan.

f. Daya guna yang efisien

Dalam pembuatan komponen permesinan perlu juga diperhatikan penggunaan material yang efisien mungkin, dimana hal ini tidak mengurangi fungsi dari komponen yang akan dibuat. Dengan cara ini maka material yang akan digunakan untuk pembuatan komponen menghemat biaya produksi.

2.5 Dasar – dasar Perhitungan Perancangan

Beberapa hal yang perlu dilakukan perhitungan untuk rancang bangun mesin pemotong sabun dengan sistem pneumatik ini adalah:

2.5.1 Perhitungan Gaya Potong

Gaya potong untuk pisau dapat ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$F_c = L \cdot t \cdot \tau_g \quad (2.1)$$

$$\tau_g = (0,5 - 0,7)\sigma \quad (2.2)$$

Keterangan:

F_c = Gaya potong (N)

τ_g = Tegangan geser bahan yang akan dipotong (sabun) (N/mm²)

L = Panjang pemotongan (mm)

t = Tebal bahan (mm)

σ = Kekuatan tarik bahan (sabun) (N/mm²)

2.5.2 Perhitungan Gaya Efektif Silinder

Gaya piston dari silinder pneumatik dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

- a. Gaya Efektif Silinder Saat Maju

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} P \quad (2.3)$$

Keterangan:

F = Gaya piston (N)

D^2 = Diameter piston (m),

P = Tekanan kerja (Pa)

- b. Gaya Efektif Silinder Saat Mundur

$$F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} P \quad (2.4)$$

Keterangan:

F = Gaya piston (N)

D^2 = Diameter piston (m),

d^2 = Diameter batang piston (m),

P = Tekanan kerja (Pa)

2.5.3 Konsumsi Udara Yang Diperlukan Tiap Menit

- a. Perbandingan Kompresi

$$C_R = \frac{1,031 + P}{1,031} \quad (2.5)$$

- b. Saat Langkah Maju

$$Q_1 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D^2 \times h \times n \times C_R \quad (2.6)$$

Keterangan:

Q_1 = Konsumsi udara (liter/menit)

P = Tekanan kerja untuk Pneumatic (N/mm²)

D = Diameter piston (mm)

h = Panjang langkah (mm)

C_R = Perbandingan kompresi

- c. Saat Langkah Mundur

$$Q_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D^2 - d^2) \times h \times n \times C_R \quad (2.7)$$

Keterangan:

Q_1 = Konsumsi udara (liter/menit)

P = Tekanan kerja untuk Pneumatic (N/mm²)

D = Diameter piston (mm)

d = Diameter *rod* piston (mm)

h = Panjang langkah (mm)

C_R = Perbandingan kompresi

- d. Konsumsi Udara Total Tiap Menit

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \quad (2.8)$$

2.5.4 Perhitungan Kecepatan Piston

$$Q = v \cdot A \quad (2.9)$$

Keterangan:

Q = Debit udara (liter/menit)

v = Kecepatan piston (m/s)

A = Luas silinder pneumatik (mm²)

2.5.5 Perhitungan Kapasitas Waktu Pemotongan

- a. Perhitungan Waktu Langkah Maju

$$t_1 = \frac{(A \times h)}{(Q_u \times 1000)} \quad (2.10)$$

$$A = \left(\frac{\pi}{4} \cdot (D_s)^2\right) \quad (2.11)$$

Keterangan:

A = Luasan silinder pneumatik (mm²)

h = Panjang langkah (mm)

Q_u = Debit udara (1/menit)

D_s = Diameter silinder (mm)

- b. Perhitungan Waktu Langkah Mundur

$$t_2 = \frac{((A_1 - A_2) \times h)}{(Q_u \times 1000)} \quad (2.12)$$

$$A = \left(\frac{\pi}{4} \cdot (D_p)^2\right) \quad (2.13)$$

Keterangan:

A = Luasan silinder pneumatik (mm²)

h = Panjang langkah (mm)

Q_u = Debit udara (1/menit)

D_p = Diameter batang piston (mm)

- c. Perhitungan Waktu Untuk 1 Kali Pemotongan

$$t_{total} = t_1 + t_2 \quad (2.14)$$

2.5.6 Menghitung Daya Kompresor

- a. Menghitung Debit Kompresor

$$Q_s = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (d_s)^2 \cdot (v) \quad (2.15)$$

Keterangan:

Q_s = Debit kompresor

d_s = diameter silinder

v = kecepatan piston direncanakan

b. Menghitung Daya Kompresor

$$P_{Output} = Q_v \cdot P \quad (2.16)$$

$$P_{Motor} = P_{Output} / \eta \quad (2.17)$$

Keterangan:

P_{Output} = Daya output kompresor (kW)

Q_v = Debit kompresor (m^3/s)

P = Tekanan yang terjadi (Bar)

P_{Motor} = Daya motor kompresor (kW)

η = Efisiensi kompresor (80%-90%)

2.5.7 Rangka (*frame*)

a. Massa Pelat

$$V = p \cdot l \cdot t \quad (2.18)$$

$$m = V \cdot \rho \quad (2.19)$$

Keterangan:

V = Volume komponen (m^3)

p = Panjang pelat (m)

l = Lebar pelat (m)

t = Tebal pelat (m)

m = Massa pelat (kg)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

b. Beban Pelat

$$w = m \cdot g \quad (2.20)$$

Keterangan:

w = Beban pelat (N)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

c. Total Massa Pelat

$$M_{total} = M_1 + M_2 + \dots \text{dst.} \quad (2.21)$$

M_{total} = Total massa pelat (kg)

M_1 = Massa pelat pertama (kg)

M_2 = Massa pelat kedua (kg)

2.6 Proses Pengerjaan

2.6.1 Proses pemesinan gerinda

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja Mesin Gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan. (Widarto dkk., 2008).

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Menggerinda bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat atau juga dapat bertujuan untuk memotong dan membentuk benda kerja, seperti merapikan hasil pemotongan, hasil pengelasan, membentuk lengkungan pada benda kerja yang memiliki sudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk di las, dan lain-lain.

2.6.2 Proses pemesinan bor/gurdi (*drilling*)

a. Pengertian proses bor/gurdi

Proses gurdi digunakan untuk pembuatan lubang silindris. Pembuatan lubang dengan bor spiral di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar.

Jika terhadap benda kerja itu dituntut kepresisian yang tinggi (ketepatan ukuran atau mutu permukaan) pada dinding lubang, maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan pembenam atau penggerek. (Widarto dkk., 2008).

b. Perhitungan mesin bor

Kecepatan putaran:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d.} \quad (2. 22)$$

Tabel 2. 1 Putaran mata bor dan gerak makan pada beberapa jenis bahan.
(Widarto dkk., 2008)

MATERIAL AND CUTTING SPEED (FT PER MINUTE)											
Diameter of drill (in.)	Aluminum	Brass & Bronze	Cast iron	Mild steel 0.2-0.3 carbon (LOW)	Steel 0.4-0.5 carbon (MED)	Tool steel 1.2 carbon and drop forgings	Conn. rod molyb- denum steel	3.5 nickel steel	Stainless steel and monel metal	Malleable iron	Feed per revo- lution (in.)
	300	200	100	110	80	60	55	60	50	85	
Revolutions per minute											
1/16	18,338	12,224	8,112	6,724	4,683	3,668	3,404	3,078	3,058	5,192	0.0015
1/8	8,188	6,112	3,058	3,382	2,444	1,834	1,702	1,988	1,528	2,598	0.002-0.003
3/16	5,108	4,072	2,038	2,242	1,630	1,222	1,120	1,324	1,018	1,734	0.004
1/4	4,584	3,058	1,528	1,681	1,222	917	851	994	784	1,298	0.006
5/16	3,988	2,444	1,222	1,344	978	733	672	794	611	1,038	0.006
3/8	3,054	2,038	1,018	1,121	815	611	560	682	509	867	0.008
7/16	2,822	1,748	874	921	699	524	481	588	437	742	0.007
1/2	2,282	1,528	784	840	611	489	420	487	382	649	0.008
9/16	2,037	1,358	679	747	543	407	373	441	340	677	0.008
5/8	1,536	1,224	612	673	489	387	337	388	306	620	0.009
1 1/16	1,595	1,110	565	611	444	333	300	380	273	472	0.009
3/4	1,824	1,018	508	559	408	308	270	330	264	433	0.010
13/16	1,422	948	474	521	379	285	261	308	237	423	0.010
7/8	1,314	878	438	482	348	262	241	285	218	371	0.011
1 5/16	1,221	814	407	448	328	244	224	280	204	348	0.012
1	1,148	764	382	420	306	229	210	258	191	328	0.013
1 1/8	1,077	718	360	398	287	216	197	238	180	305	0.013
1 1/8	1,020	680	340	374	272	204	187	221	170	288	0.014
1 3/8	988	644	322	354	258	193	177	208	161	274	0.014
1 1/4	918	612	308	337	248	183	168	199	153	260	0.015
1 5/8	873	582	291	320	233	175	160	189	146	248	0.015
1 3/8	834	556	278	308	222	167	153	180	139	236	0.015
1 7/8	796	530	265	292	212	159	148	172	133	225	0.015
1 1/2	762	508	254	279	204	150	140	165	127	218	0.015
1 9/16	732	488	244	268	195	146	134	160	122	207	0.016
1 5/8	702	468	234	267	188	141	129	152	117	201	0.018
1 11/16	678	452	225	249	181	136	124	147	113	192	0.018
1 3/4	654	438	218	240	175	131	120	142	109	186	0.018
1 13/16	630	420	210	231	168	126	116	137	105	179	0.018
1 7/8	612	408	204	224	163	122	112	133	102	173	0.018
1 15/16	591	394	197	216	158	118	108	128	99	168	0.018
2	573	382	191	210	153	115	105	124	96	162	0.018

1. Rotational speed value for carbide twist drills are 200 to 300 percent higher than H.S.S.

Atau:

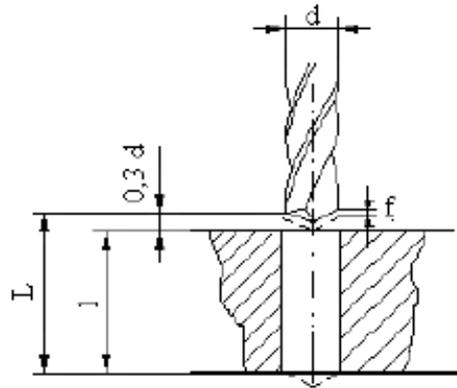
Tabel 2. 2 Kecepatan Potong Mata Bor
(Yusnadi dkk. 2022)

Bahan	Kecepatan Potong (m/menit)
Baja <i>Carbon</i> Rendah	30 - 50
Baja <i>Carbon</i> Sedang	20 - 30
Baja <i>Carbon</i> Tinggi	15 - 20
Baja Perkakas	10 - 30
Baja Campuran	15 - 25

Tabel 2. 3 Nilai Feeding Bor
(Yusnadi dkk. 2022)

Diameter Mata Bor (mm)	Besarnya Pemakanan dalam Satu Kali Putaran (mm)
0 - 3	0.025 - 0.050
3 - 6	0.050 - 0.100
6 - 12	0.100 - 0.175
12 - 25	0.175 - 0.375
25 dan seterusnya	0.375 - 0.675

Jarak pemakanan mata bor:



Gambar 2. 17 Jarak Pemakanan pada Proses Pengeboran
(Yusnadi dkk. 2022)

$$L = l + 0,3d \quad (2.23)$$

Waktu pemotongan:

$$T_m = \frac{L}{f \times n} \quad (2.24)$$

Keterangan:

- v = kecepatan potong (mm/s)
- n = kecepatan putaran (rpm)
- d = diameter mata bor (mm)
- f = gerak makan (mm/menit)
- L = jarak pemakanan mata bor (mm)
- T_m = waktu pemotongan (s)

2.6.3 Proses pengelasan

a. Pengertian proses pengelasan

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas. (Yunianto dkk., 2021)

Dalam proses kerangka penyambung besi digunakan las listrik dengan elektroda 2.0 mm, elektroda 6013 dan arus listrik yang digunakan 30-80 Ampere dengan menggunakan mesin las arus bolak-balik (AC). Untuk spesifikasi elektroda dan arus yang digunakan dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2. 4 Ukuran Besar Arus dalam Ampere dan Diameter (mm)
(Fenoria Putri, 2016)

Diameter elektroda (mm)	Tipe elektroda dan besarnya arus dalam Ampere					
	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5		80 - 125	70 - 100	100 - 145		
3,2	80 – 120	110 – 160	115 – 165	140 – 190	125 – 285	140 -190
4	120 – 160	150 – 210	160 – 220	180 – 260	180 - 240	180 – 250
5	160 - 200	200 – 275	200 – 275	230 – 305	210 – 300	230 – 305
5,5		260 – 340	260 – 340	275 – 285	250 – 350	275 - 365
6,3		330 – 415	315 – 400	335 - 430	300 - 420	335 - 430
8		390 - 500	375 – 470			

b. Perhitungan proses pengelasan

Tebal las:

$$t = s \sin 45^\circ \quad (2. 25)$$

Keterangan :

t = tebal las (mm)

s = tebal plat (mm)

Luas minimum las:

$$A = t \cdot l \quad (2. 26)$$

Keterangan :

A = luas minimum las (mm)

l = ukuran las (mm)

Tegangan geser pada sambungan

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2. 27)$$

τ = tegangan geser (N/mm²)

F = gaya (N)

Tegangan Tarik yang Diizinkan dan Tegangan Geser yang Diizinkan pada Sambungan Las

$$\sigma_{t_{izin}} = \frac{\sigma_t}{sf} \quad (2.28)$$

$$\tau_{izin} = (0,5 - 0,7) \sigma_{t_{izin}} \quad (2.29)$$

Keterangan :

$\sigma_{t_{izin}}$ = tegangan tarik yang diizinkan (N/mm²)

τ_{izin} = tegangan geser yang diizinkan (N/mm²)

sf = faktor keamanan

Tinjauan keamanan:

$$\tau \leq \tau_{izin} \quad (2.30)$$

2.7 Pehitungan Biaya Produksi

2.7.1 Biaya Material

$$V_b = l \cdot b \cdot h \quad (2.31)$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \quad (2.32)$$

$$W = V \cdot \rho \quad (2.33)$$

$$T_H = H_S \cdot W \quad (2.34)$$

Keterangan:

V_b = Volume balok (mm³)

l = Panjang (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

V_s = Volume silinder (mm³)

d = Diameter (mm)

W = Berat bahan (kg)

ρ = Massa jenis bahan (mm³)

T_H = Total harga per material (rupiah)

H_s = Harga satuan (rupiah)

2.7.2 Biaya Listrik

$$B_L = T_M \cdot B_{PL} \cdot P \quad (2.35)$$

Keterangan:

B_L = Biaya listrik (rupiah)

T_M = Waktu permesinan (jam)

B_{PL} = Biaya pemakaian listrik (Rp1.444,70/kWh)

P = Daya mesin (kW)

2.7.3 Biaya Operator

$$S = \frac{UMP}{J_K} \quad (2.36)$$

$$B_O = S \cdot T \quad (2.37)$$

Keterangan:

S = Upah (jam)

UMP = Upah minimum SUMSEL (Rp3.404.177)

J_K = Jam kerja dalam sebulan (terhitung senin - sabtu (8 jam))

B_o = Biaya operator (rupiah)

T = Total pengerjaan (jam)

2.7.4 Biaya Sewa Mesin

$$B_M = T_M \cdot B \quad (2.38)$$

Keterangan:

B_M = Biaya sewa mesin (rupiah)

B = Harga sewa mesin/jam (rupiah)

2.7.5 Biaya Tak Terduga

$$B_T = 15 \% (H_M + B_M) \quad (2.39)$$

Keterangan:

B_T = Biaya tak terduga (rupiah)

H_M = Harga material (rupiah)

2.7.6 Total Biaya Produksi

$$T_{BP} = H_M + B_L + B_O + B_M + B_T \quad (2.40)$$

Keterangan:

T_{BP} = Biaya produksi total (rupiah)

2.7.7 Keuntungan

$$K = 15 \% T_{BP} \quad (2.41)$$

Keterangan:

K = Keuntungan (rupiah)

2.7.8 Harga Jual

$$H_J = T_{BP} + K \quad (2.42)$$

Keterangan:

H_J = Harga jual (rupiah)