

DESAIN MESIN BENDING AKRILIK BERBASIS PNEUMATIC

Muhammad Ryan Nugroho, Muhammad Shafi'il Anam, Mohammad Mufti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ryanugroho08@gmail.com.

ABSTRAK

Proses bending merujuk pada teknik pembentukan material dengan memberikan tekanan terkonsentrasi pada suatu area, sehingga menimbulkan deformasi plastis di bagian tersebut. Deformasi permanen terjadi apabila tekanan yang diberikan melebihi titik yield strength material, menyebabkan ikatan antaratom terputus dan material kehilangan kemampuan untuk kembali ke bentuk awalnya. Dalam proses pengolahan akrilik, dibutuhkan alat yaitu mesin bending akrilik. Saat ini masih banyak yang menggunakan alat penekuk akrilik dengan cara yang manual, contohnya saat menekuk akrilik yang telah dipanaskan masih menggunakan tangan secara manual sedangkan di skala Industri untuk ukuran akrilik yang akan ditebuk panjang dan lebar jika masih menggunakan cara manual maka sangat tidak efisien. Dari data yang didapatkan kebutuhan gaya dalam proses bending akrilik adalah sebesar 100 N dan besar tekanan yang dibutuhkan yaitu 1,04 bar. Pada bagian rangka bahan yang digunakan adalah aluminium profile. Alat tersebut harapannya dapat digunakan pada setiap pekerjaan untuk menekuk akrilik supaya lebih, cepat, mudah dan efisien.

Kata Kunci: Mesin bending, akrilik, sistem pneumatik

ABSTRACT

Bending refers to the technique of forming materials by applying concentrated pressure to an area, resulting in plastic deformation of that area. Permanent deformation occurs when the applied pressure exceeds the yield strength of the material, causing the bond between atoms to break and the material to lose the ability to return to its original shape. In the acrylic processing process, a tool is needed, namely an acrylic bending machine. At present there are still many who use acrylic bending tools in a manual way, for example when bending heated acrylic still using hands manually while on an industrial scale for the size of acrylic to be bent in length and width if you still use the manual method it is very inefficient. From the data obtained, the force requirement in the acrylic bending process is 100 N and the required pressure is 1.04 bar. In the frame the material used is aluminum profile. The tool is expected to be used in every job to bend acrylic so that it is more, fast, easy and efficient.

Keywords: *Bending machine, acrylic, pneumatic system*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan terkini dalam ilmu teknik kimia telah melahirkan suatu material polimer transparan bernama akrilik. Material ini menampilkan karakteristik visual mirip kaca, namun memiliki sejumlah kelebihan fisik yang signifikan. Salah satu keunggulan utamanya terletak pada sifat elastisitasnya yang lebih baik dibandingkan material kaca konvensional. Dari segi optik, material akrilik mampu mempertahankan transparansi optimal dalam jangka panjang tanpa mengalami degradasi warna seperti menguning atau buram, bahkan ketika terus-menerus terpapar radiasi ultraviolet. Selain itu, material ini menunjukkan ketahanan mekanik yang unggul dengan nilai impact strength yang lebih tinggi, membuatnya lebih tahan terhadap benturan dibandingkan kaca biasa.

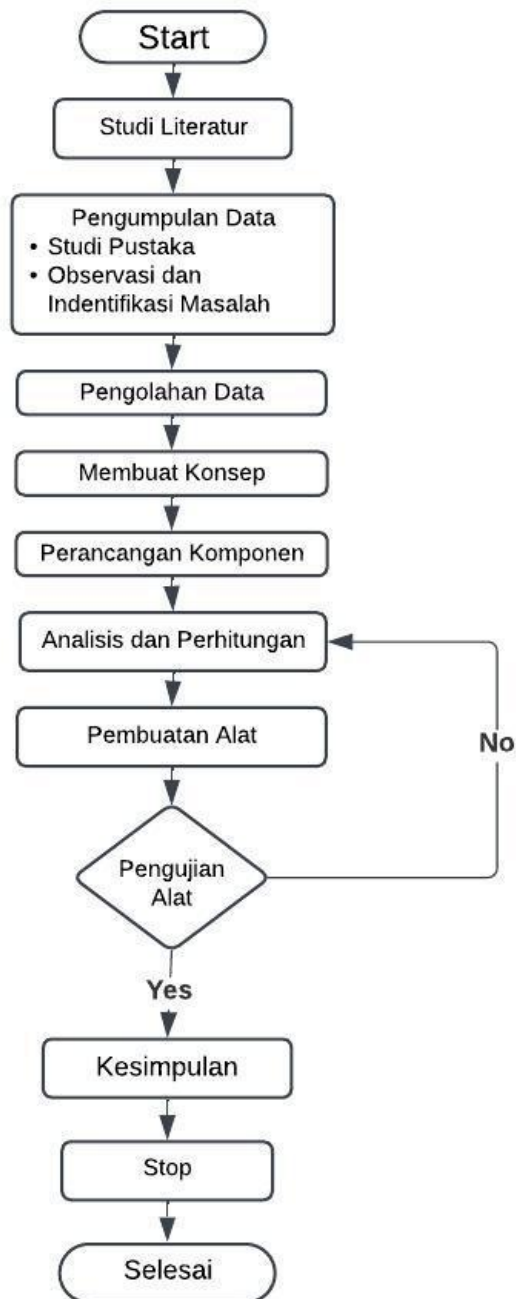
PT. Environeer merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur conveyor, perusahaan ini menawarkan berbagai mesin conveyor sesuai permintaan konsumen. PT. Environeer melakukan pengembangan usaha dengan membuat mesin produksi bending akrilik yang dapat menghasilkan bending dengan kualitas yang baik dimana mesin bending tersebut menggunakan sistem pneumatic. Perencanaan mesin dibutuhkan guna memberikan kemudahan dalam kegiatan produksi di PT. Environeer.

Berdasarkan penelitian Robith Urwatal Wusko (2013) yang kami gunakan sebagai dasar yang berjudul “Rancang Bangun Acrylic Bending Machine Dengan Sudut Yang Dapat Ditentukan”, Menghasilkan alat bending akrilik yang mengimplementasikan sistem aktuasi berbasis motor DC yang dikendalikan secara elektronik. Sistem kontrol utama menggunakan mikrokontroler tipe ATmega8535 sebagai pengatur presisi sudut tekukan. Mekanisme lengan penekuk digerakkan oleh motor DC melalui rangkaian kontrol yang terintegrasi dengan modul mikrokontroler, memungkinkan penetapan sudut bending secara akurat sesuai parameter yang ditentukan.

Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem automasi pada mesin bending akrilik berbasis pneumatik, agar penekukan akrilik tidak menggunakan hand bend serta hasil penekukan sudut akrilik sesuai yang diinginkan.

2. PROSEDUR EKSPERIMEN

Berikut merupakan prosedur eksperimen pada penelitian ini:



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Studi ini dilaksanakan dengan mengikuti prosedur kerja terstruktur yang meliputi beberapa fase penting, yaitu :

1. **Pengumpulan Data**

Observasi dilakukan di PT. Envirooneer yang sedang melakukan pengembangan dengan membuat mesin bending akrilik yang dapat menghasilkan bending akrilik dengan kualitas dan sudut penekukan yang baik dimana mesin bending akrilik tersebut menggunakan sistem pneumatik. Perencanaan mesin dibutuhkan guna memberikan hasil produk yang diinginkan dan mempermudah efisiensi produksi.

2. **Pengolahan Data**

Seluruh data penelitian dikumpulkan dan diolah melalui metode analitik tertentu, kemudian digunakan sebagai dasar penetapan parameter desain alat sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah diidentifikasi. Data – data yang didapat yaitu :

Ukuran akrilik yang akan digunakan = 112 mm x 112 mm

- Tekanan yang dibutuhkan dalam proses penekukan akrilik = 100 N
- Kapasitas tekanan pneumatik 1,24 bar.

3. **Membuat Konsep**

Merumuskan ide – ide dasar, tujuan dan karakteristik alat yang akan dibuat berdasarkan data yang sudah didapatkan untuk dijadikan sebuah konsep alat tersebut. Konsep dapat mencakup alur proses kerja alat, dimensi alat dan bagian – bagian alat tersebut. Melakukan perencanaan untuk menentukan apa saja komponen – komponen yang dibutuhkan dalam membuat alat tersebut dengan mengacu standar yang ada. Berikut adalah komponen alat :

- Aluminium profile
- Plat aluminium
- Pneumatic

4. **Desain dan Perhitungan Komponen / Elemen Mesin**

Sebelum membuat desain perancangan mesin, dilakukan perhitungan terlebih dahulu seperti tekanan yang dibutuhkan pada proses penekukan, perhitungan diameter aman dari silinder pneumatik, serta kekuatan material yang digunakan pada pembuatan mesin tersebut.

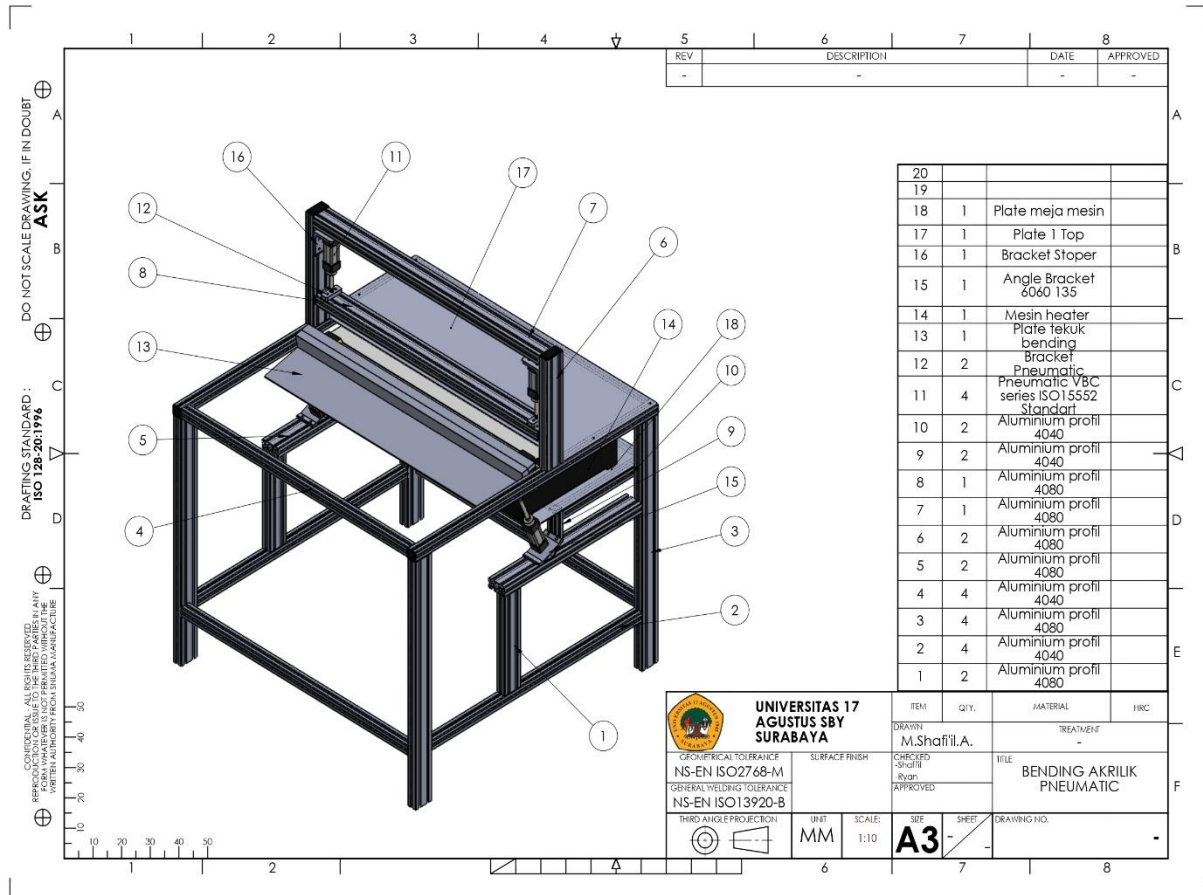
5. **Analisis dan Kesimpulan**

Mengevaluasi rancangan alat yang sudah diteliti untuk menilai apakah desain dari alat tersebut sudah sesuai dengan tujuan penelitian. Serta mengidentifikasi kendala yang muncul selama proses penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pra Desain Pada Mesin

Berikut adalah pra mesin bending akrilik yang direncanakan :

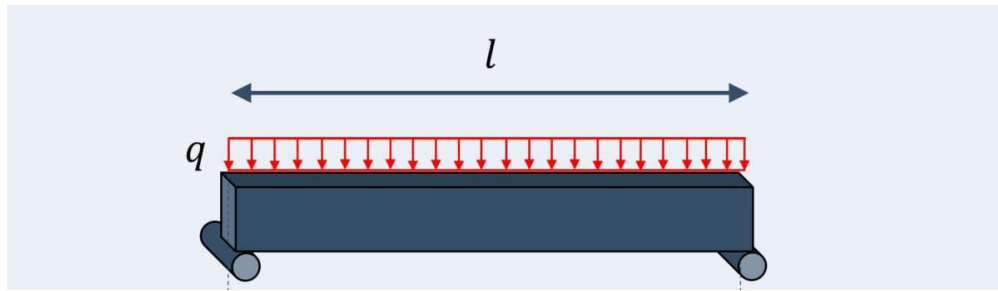


Gambar 2 Detail pada mesin bending

Berikut adalah komponen pada desain mesin bending akrilik berbasis pneumatic :

1. Aluminium Profile
2. Selenoid Valve
3. Pressure Gauge
4. Air Dryer
5. Pneumatic
6. Plat Aluminium
7. Bracket
8. Selang Kompresor
9. Plate Alas Bending
10. Mesin Heater
11. Angle Bracket 6060 135
12. Bracket Stoper
13. Plate 1 Top
14. Plate Meja Mesin

3.2 Perhitungan Tegangan Bending



Gambar 3 Tegangan Bending

Pada penelitian ini *Bending* atau penekukan adalah suatu proses penekukan atau pembengkokan material akrilik yang telah dipanaskan terlebih dahulu sehingga menghasilkan sudut yang diinginkan. Untuk menentukan tegangan bending perlu mengetahui, yaitu nilai momen lentur dan modulus lentur akrilik.

Data yang direncanakan :

Lebar material akrilik = 1,12 mm

Tinggi material akrilik = 0,05 mm

- Menghitung momen inersia terhadap sumbu Y :

$$I_y = \left(\frac{1}{12}\right) b \cdot h^3$$

$$I_y = \left(\frac{1}{12}\right) 1,12 \cdot 0,05^3$$

$$I_y = 0,116 \text{ m}^4$$

- Menghitung arah terhadap sumbu Y :

$$y = \frac{h}{2}$$

$$y = \frac{0,05}{2}$$

$$y = 0,025 \text{ m}$$

- Menghitung Momen Tahan Bending :

$$W_b = \frac{I_y}{y}$$

$$W_b = \frac{0,116}{0,025}$$

$$W_b = 4,64 \text{ m}^3$$

- Menghitung Momen Lentur Bending :

Untuk mengetahui beban merata kita harus menghitung berat jenis material dan luas penampang material, beban merata dapat dihitung sebagai berikut :

Direncanakan :

Berat Jenis Material akrilik = 11,28 kN

Luas Penampang akrilik = 1,25 m²

$$q = y \times A$$

$$q = 11,28 \text{ kN} \times 1,25 \text{ m}^2$$

$$q = 14,1 \text{ kN/m}^2$$

Setelah kita mengetahui beban merata yang terjadi pada material akrilik, kita dapat menghitung momen lentur bending sebagai berikut :

$$M_b = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$M_b = \frac{14.1,12^2}{8}$$

$$M_b = 2,2 \text{ N}$$

- Menghitung Nilai Tegangan Bending :

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahan Bending} &= 4,64 \text{ m}^4 \\ \text{Momen Lentur Bending} &= 2,2 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma = \frac{2,2}{4,64}$$

$$\sigma = 0,47 \text{ N/m}^2$$

Jadi, tegangan bending yang dibutuhkan adalah 0,47 N/m²

3.3 Perhitungan Komponen Sistem Pneumatic

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Daya Tampung Pada Kompresor} &= 150 \text{ ltr/menit} \\ \text{Pressure drop yang diizinkan} &= 0,1 \text{ bar} \\ \text{Kapasitas Tabung Kompresor} &= 0,3 \text{ m}^3 \\ \text{Tekanan Izin Pada Kompresor} &= 9 \text{ bar} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Udara Mampat pada pneumatic

Dalam perancangan sistem pneumatic, besaran udara termampatkan yang diperlukan ditentukan oleh tiga parameter yaitu, dimensi penampang silinder pneumatic, jarak tempuh gerakan torak dan durasi siklus operasi yang diperlukan, maka dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang Piston} &= 0,000803 \text{ m}^2 \\ \text{Panjang rod} &= 0,148 \text{ m} \\ \text{Tekanan Pengukuran} &= 9 \text{ bar} \\ \text{Tekanan Udara Luar} &= 1 \text{ bar} \\ \text{Kontak per menit} &= 1 \text{ kali} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_v &= A \times S \times n \times \frac{(P_e \times P_{atm})}{P_{atm}} \times 2 \\ &= 0,000803 \text{ m}^2 \times 0,148 \text{ m} \times 1 \times \frac{(9 \text{ bar} \times 1 \text{ bar})}{1 \text{ bar}} \times 2 \\ &= 0,0021 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 2,1 \text{ ltr/menit} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan udara mampat pada pneumatic adalah 2,1 ltr/menit

Kecepatan Gerak Silinder

Direncanakan :

$$\text{Kebutuhan Udara Mampat} = 2,1 \text{ ltr/menit}$$

$$\text{Luas Penampang Batang Piston} = 0,000803 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q_v}{A} \\ &= \frac{0,0021 \text{ m}^3/\text{menit}}{0,000803 \text{ m}^2} \\ &= 2,61 \text{ m/menit} \\ &= 0,04 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Jadi kecepatan gerak silinder yang direncanakan sebesar 0,04 m/detik

Menghitung Waktu Yang Dibutuhkan

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan silinder maju dan mundur . faktor yang mempengaruhi yaitu kecepatan dan panjang langkan pada piston, maka dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Direncanakan :

$$\text{Panjang rod} = 0,148 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Gerak Piston} = 0,04 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{s}{v} \\ &= \frac{0,148}{0,04} \\ &= 3,7 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi, hasil pengukuran menunjukkan bahwa interval waktu yang diperlukan untuk melakukan gerakan maju dan mundur pada silinder memiliki nilai yang identik, yakni selama 3,7 detik untuk setiap arah gerakan.

3.4 Perhitungan Komponen Sistem Pneumatic

Berdasarkan data yang direncanakan dari perusahaan, tekanan yang dibutuhkan dalam penekukan akrilik manual sebesar 20 N. Data tersebut berdasarkan dari kekuatan rata – rata tangan manusia. Perusahaan ingin mengembangkan tekanan dalam penekukan akrilik yang nantinya menggunakan sistem pneumatik dengan tujuan agar mempermudah efisiensi produksi meningkat, maka ditentukan bahwa besar tekanan pneumatik yang direncanakan adalah sebesar 5 kali dari besar tekanan dalam penekukan akrilik secara manual yaitu 100 N.

3.4.1 Perhitungan Tekanan yang Dibutuhkan

Berikut adalah data ukuran yang direncanakan :

- Diameter piston pneumatic = 32 mm
- Diameter rod pneumatic = 25 mm
- Panjang rod pneumatic = 148 mm

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{Piston}^2) \\ A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,032^2) \\ A &= 0,000803 \text{ m}^2 \\ A &= 8,03 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{100 \text{ N}}{0,000803 \text{ m}^2}$$

$$P = 124533,0012 \text{ N/m}^2$$

$$P = 124533,0012 \text{ Pa}$$

Konversi Pa ke bar

$$Pa = \frac{N}{m^2}$$

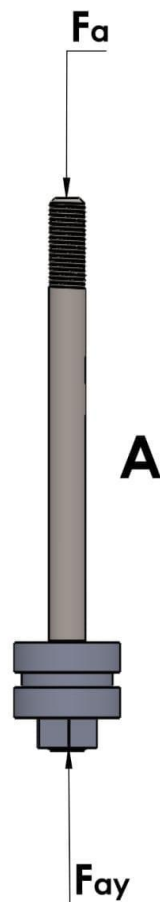
$$Pa = 124533,0012 \text{ Pa} \left(\frac{10 \text{ bar}}{1 \text{ Pa}} \right)$$

$$Pa = 1,24 \text{ bar}$$

Jadi, tekanan yang dibutuhkan lebih dari tekanan maksimum yang diizinkan (1,24 bar < 10 bar), maka dinyatakan aman.

3.4.2 Perhitungan Pada Rod Pneumatic

FBD :



Gambar 4 Free body diagram *rod* pneumatic

Untuk menghitung

Direncanakan :

Gaya kerja (L) = 100 N

Diameter rod pneumatic (d) = 25 mm

Modulus elastisitas (E) = 210 Gpa = $2,1 \times 10^{11}$ Pa

Yield Strength (σ_y) = 345 mpa = $3,45 \times 10^8$ Pa

Untuk menghitung tegangan buckling rumus yang digunakan adalah :

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A} \approx A = \frac{\pi}{4} d^2$$

syarat aman :

$$\sigma_b \leq \sigma_{ijin} \approx \frac{Sub}{FK} = \frac{570}{2} = 285 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{4P}{\pi \cdot d^2} \leq \sigma_{ijin}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot \sigma_b}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 124533,0012}{3,14 \cdot 285}} = 23,5 \text{ mm}$$

dengan demikian diameter minimal rod nya adalah 23,5 mm.

3.5 Perhitungan Lock Nut Silinder Pneumatik

Berdasarkan spesifikasi pneumatic yang kami gunakan, diameter rod adalah 12 mm. Karena ukuran rod adalah $\varnothing 12$ mm, maka besar ukuran ulir adalah M12x1,2.

Tegangan Crush (Crushing Stress)

Data yang direncanakan :

Mur M12x1,2

Tinggi mur = 10 mm

Perhitungan diameter ulir bagian dalam mur :

D_{ulir dalam} = dia. ulir luar – pitch

D_{ulir dalam} = 12 mm – 1,2

D_{ulir dalam} = 10,8 mm

$$\sigma_{crush} = \frac{F}{A_{crush}}$$

$$A_{crush} = \pi \cdot d \cdot l$$

$$A_{crush} = 3,14 \cdot 10,8 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}$$

$$A_{crush} = 339,12 \text{ mm}^2$$

Dikonversi ke m²

$$A_{crush} = 0,00033912 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{crush} = \frac{F}{A_{crush}}$$

$$\sigma_{crush} = \frac{100}{0,00033912}$$

$$\sigma_{crush} = 294.880,86 \text{ N/m}^2 \approx 0,29488086 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan crushing mur adalah 0,29488086 N/mm²

Tegangan Geser (shear stress)

Tegangan geser merupakan jenis tegangan yang timbul ketika dua gaya bekerja dengan arah berlawanan dan sejajar terhadap permukaan suatu material. Fenomena ini terjadi akibat adanya pembebanan yang paralel terhadap bidang penampang benda.

Untuk menentukan besaran tegangan geser secara kuantitatif, dapat digunakan persamaan matematis khusus dengan formulasi sebagai berikut:

$$P_s = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot f_s \cdot n$$

Tegangan geser ijin diambil dari tegangan tarik nilai tegangan tarik didapat dari tabel sifat mekanik baja karbon S45C sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{1}{2} \sigma_t \\ &= \frac{1}{2} \cdot 570 \\ &= 285 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$P_s = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot f_s \cdot n$$

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot f_s \cdot n}}$$

Maka d dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3,14 \cdot 285 \cdot 1}} \\ &= 0,66 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka diameter minimum mur locknut yang dihasilkan adalah 0,66 mm

3.6 Perhitungan dan Analisa Gaya Pada Bagian Penampang Plat Aluminium

Pada bagian penampang, plat yang digunakan adalah plat berjenis alumunium yang memiliki massa jenis 2,7 g/m³.

Data yang direncanakan :

Panjang penampang = 1,12 m

Lebar penampang = 0,235 m

Tinggi penampang = 0,003 m

$$V = p \times l \times t$$

$$V = 1,12 \times 0,235 \times 0,003$$

$$V = 0,00078 \text{ m}^3$$

Massa = (kepadatan x volume) x jumlah komponen

$$= (2700 \text{ kg/m}^3 \times 0,00078 \text{ m}^3) \times 1$$

$$= 2,1 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan pada bagian plat penampang didapatkan total berat nya adalah 2,1 kg atau jika dikonversi dalam satuan gaya yaitu :

$$2,1 \text{ kg} \times 9,81 = 20,6 \text{ N}$$

Jika ditambahkan dengan berat bahan baku akrilik yang dikonversi menjadi satuan gaya maka :

Akrilik = berat akrilik x gaya gravitasi

$$= 10 \text{ kg} \times 9,81$$

$$= 100 \text{ N}$$

Maka, massa total pada bagian penampang yaitu :

$$F_{\text{total}} = \text{Penampang} + \text{berat akrilik}$$

$$= 20,6 \text{ N} + 100 \text{ N}$$

$$= 120,6 \text{ N}$$

Jadi besar gaya yang bekerja pada penampang sebesar 120,6 N

4. KESIMPULAN

Perancangan mesin bending akrilik berhasil dilakukan dengan pendekatan sistem pneumatic yang dapat memberikan tekanan lebih stabil dan kuat disbanding dengan metode manual. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, sudut penekukan yang diinginkan dan efisiensi pada produksi.

Mesin ini dirancang untuk memproduksi akrilik dengan target 800 per hari yang sebelumnya hanya menghasilkan produksi 200 per hari

Dari perhitungan teknis pada sistem pneumatic, termasuk luas penampang piston, gaya kerja, dan tekanan yang dibutuhkan, dapat disimpulkan bahwa tekanan sistem sebesar 1,04 bar masih berada jauh dibawah batas aman sistem (10 bar), sehingga sistem dinyatakan aman.

Rod pneumatic yang dirancang berdiameter 12 mm telah memenuhi semua aspek kekuatan seperti tegangan buckling dan tegangan tekan, dengan faktor keamanan sebesar 2, serta hasil perhitungan gaya kerja yang jauh lebih kecil disbanding gaya tekuk maksimum yang diizinkan.

Analisis kekuatan mur (Locknut) juga menunjukkan bahwa tegangan crushing yang terjadi masih berada jauh dibawah tegangan izin bahan, sehingga sambungan mur – baut pada silinder pneumatic aman terhadap beban kerja sebesar 100 N.

5. SARAN

Peningkatan Desain Ergonomis dan Keselamatan : perlu dilakukan evaluasi lanjutan terhadap ergonomi kerja operator, serta tambahan fitur pengaman seperti sensor tekanan agar pengguna mesin terhindar dari resiko cedera

Optimalisasi Sistem Pneumatik : meskipun sistem pneumatik yang digunakan sudah memenuhi kebutuhan tekanan, perlu melakukan inspeksi rutin pada komponen pneumatik untuk mencegah kebocoran udara dan memastikan efisiensi sistem.

Pertimbangan Material Alternatif : disarankan untuk melakukan studi lebih lanjut mengenai penggunaan material ringan dan tahan korosi untuk beberapa bagian struktur non- kritis, agar dapat mengurangi beban keseluruhan tanpa mengorbankan kekuatan.

REFERENSI

- Darto, S.T.,M.T. (2015). Perencanaan Dan Simulasi Pneumatic Pada Mesin Pres Briket Blothong Berbantuan Perangkat Lunak. Malang: Jurusan Teknologi & Manajemen Informatika Universitas Merdeka Malang, 1(1), 9-10.
- Bayu Satrio Prasojjo, Bambang Priyadi, Muhammad Rifa'I. (2021). Alat Penekuk Akrilik Dengan Suhu Yang Dapat Dikontrol Menggunakan Metode PID. Malang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang, 8(2), 1-2.
- Yosua Sirait, Albert Maychardo Sipayung, Sawin Sebayang, Hotmiantua Sitanggang. (2022). Perencanaan Kompresor Pengkondisian Udara Ruangan Operator Crane Di PT. INALUM. Medan: Jurnal Teknologi Mesin Universitas Darma Agung, 3(2), 3.
- Sahidul Anam. (2021). Analisis Kinerja Mesin Pengering Udara (Air Dryer) FX 16 4,13 KW Untuk Penggerak Katup Aktuator Pneumatik. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, 12(1), 1.
- Lazuardi Akmal Islami, Dani Mardiyana, Fabrobi Fazlir Ridha. (2022). Analisis Struktur Aluminium Profile V-Slot Sebagai Desain Rangka Mesin 3D Printer. Sukabumi: Jurusan Teknik Mesin Universitas Nusa Putera Sukabumi, 1(2), 5.
- Jones Victor Tuapetel, Rohdi Narwalutama. (2022). Perencanaan Sistem Pneumatic Sebagai Penggerak Pada Pintu Gerbong Kereta. Banten: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia Tangerang Selatan, 6(3), 3.
- Noviyanti Nugraha, M.P.N Sirodz, M.Dzaki.F.A, Dzarrghifa R.M, Gamal S.S.W, Pengujian Bending Akrilik Pada Mesin Pemanas Akrilik Tubular. Bandung: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung.