

PERANCANGAN SISTEM HIDROLIK PADA MESIN PRESS BAMBU LAMINASI

Theo Satria Gumilang ¹⁾, Radhian Krisnaputra ¹⁾ ✉, Sugiyanto ¹⁾, Ignatius Aris Hendaryanto ¹⁾, Inggar Septhia Irawati ¹⁾, Galuh Bahari ¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi
Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Caturtunggal, Kapanewon
Depok, Kabupaten Sleman, Daerah
Istimewa Yogyakarta 55281.
radhian_kp@ugm.ac.id
inggar_septhia@ugm.ac.id

Abstract

The hydraulic system is a power transmission system by using the compressive energy of the fluid into mechanical energy to obtain a power greater than the initial power released. The press machine is one of the pieces of equipment that apply the hydraulic system. In the process of making laminated bamboo, the bamboo gluing technique is assisted using a press machine. Based on observations, the press machine used is a manual press machine, so the pressing process is not efficient. This study aims to increase the effectiveness of pressing laminated bamboo. The results of the study found that the press machine has 4 hydraulic cylinders so the pressing process can be carried out at several points simultaneously. The results of the hydraulic system analysis diagram show hydraulic cylinder moves in 16,9 seconds with a pressure of 100 bar, so the pressing process is fast. Mathematical calculations produce data, a hydraulic gear pump with a displacement of 13 cc/rev, electric motor power of 3,7 kW, hydraulic cylinder diameter of 63 mm, cylinder rod of 35 mm, rod of 400 mm, and a hydraulic tank capacity of 12 liters.

Keywords: Press Machine, Hydraulic System, Circuit Diagram, Bamboo Laminate

1. PENDAHULUAN

Sistem hidrolik merupakan sistem penerusan daya dengan memanfaatkan energi tekan dari fluida menjadi energi mekanik untuk memperoleh daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan. Sistem hidrolik ini memanfaatkan fluida oli yang bersifat *incompressible* dan dialirkan ke semua sistem hidrolik dengan tekanan yang sama. Prinsip kerja sistem hidrolik yang menerapkan hukum Pascal dapat menghasilkan *output* daya yang besar dengan *input* daya yang kecil ^[1,2].

Mesin *press* merupakan salah satu alat yang mengaplikasikan sistem hidrolik. Mesin *press* merupakan alat yang digunakan untuk memampatkan, memotong, menekan suatu benda ^[3]. Sumber tenaga dari mesin *press* dapat menggunakan sistem hidrolik, pneumatik, dan sistem ulir. Pemilihan sistem hidrolik sebagai sumber tenaga dikarenakan memiliki kemudahan dalam perawatan, mudah dalam pemasangan, dan memiliki efisiensi yang tinggi. Dalam proses pembuatan bambu laminasi, mesin *press* digunakan untuk membantu dalam proses perekatan bambu ^[4].

Corresponding Author:
✉ Radhian Krisnaputra
Received on: 2023-02-06
Revised on: 2023-07-21
Accepted on: 2023-09-01

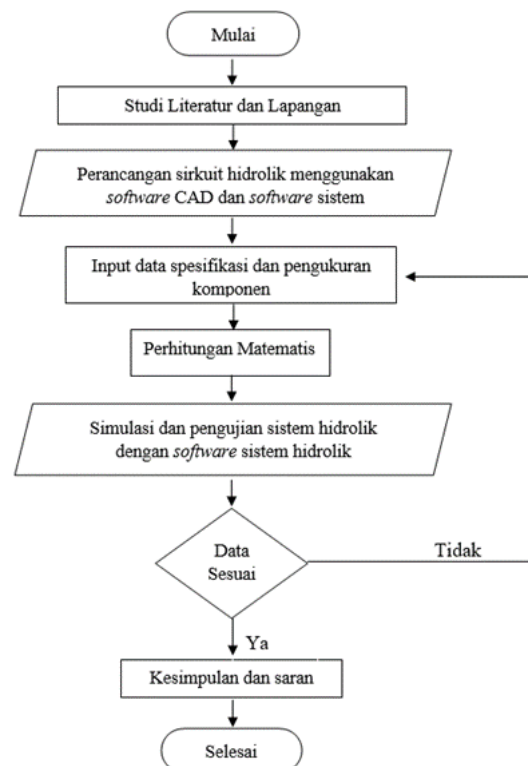
Bambu laminasi merupakan rekayasa struktur untuk memperbaiki sifat mekanika bambu dengan menggabungkan bilah-bilah bambu dengan menggunakan perekat (*glue laminated beam*) sehingga memiliki dimensi yang dapat ditentukan sesuai kebutuhan dan memiliki sifat mekanika yang lebih baik dibandingkan bentuk alami bambu yang non prismatic dan tidak seragam^[4].

Berdasarkan pengamatan di salah satu Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) pengolahan bambu laminasi, proses *press* bambu laminasi masih menggunakan alat *press* manual. Kendala yang dialami menggunakan mesin *press* manual yaitu apabila membutuhkan bambu laminasi dengan bentang yang panjang (di atas 1,5 meter), proses pengepresan dilakukan pada tiap titik secara bergantian. Hal ini menyebabkan gaya tekan pada setiap titik menjadi berbeda-beda. Proses pengepresan secara manual membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga bahan perekat cepat mengering sebelum dilakukan proses pengepresan.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dan perancangan sistem hidrolik pada mesin *press* bambu laminasi yang bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dan produktivitas pembuatan bambu laminasi.

2. METODE

2.1. Diagram Alir (*Flowchart*)



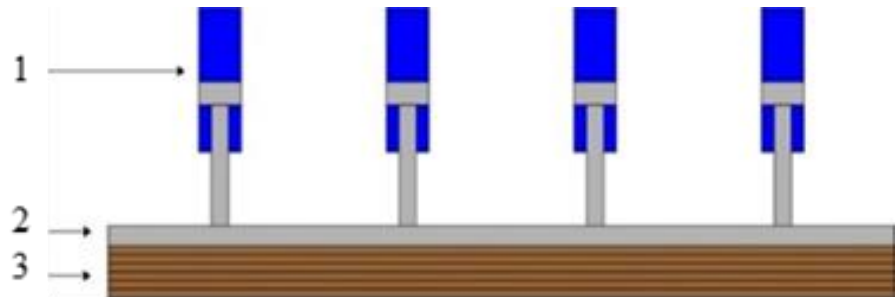
Gambar 1. Diagram Alir

Tahap pertama dari penelitian ini adalah melakukan observasi dengan cara mengamati secara langsung bagaimana proses pembuatan bambu laminasi dan bentuk dari mesin *press* bambu laminasi yang digunakan, serta mencari literatur mengenai sistem hidrolik pada mesin

press pada pembuatan bambu laminasi. Tahap kedua dari penelitian ini adalah merancang rangkaian sistem hidrolik menggunakan *software* sistem hidrolik dan *software CAD*. Setelah melakukan perancangan pada sistem hidrolik maka dilakukan pengukuran dan perhitungan pada komponen sistem hidrolik untuk menentukan spesifikasi dari komponen sistem hidrolik. Setelah data spesifikasi komponen hidrolik diperoleh langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan serta melakukan simulasi dan analisis diagram sistem hidrolik menggunakan *software* hidrolik dilakukan untuk mengetahui laju aliran (*flow rate*), tekanan, dan waktu silinder saat bergerak *extend* maupun *retract*. Analisis dan simulasi dapat dinyatakan sesuai jika mencapai kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas maksimal yang dihasilkan oleh mesin *press* 15 ton.
- Tekanan yang dihasilkan oleh silinder hidrolik dapat mencapai 2 MPa.
- Waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik saat bergerak *extend* / menekan kurang dari 5 menit.
- Daya listrik yang dibutuhkan oleh unit tenaga kurang dari 5500 Watt 1 Phase.

2.2. Spesifikasi Mesin *Press* yang Dibutuhkan



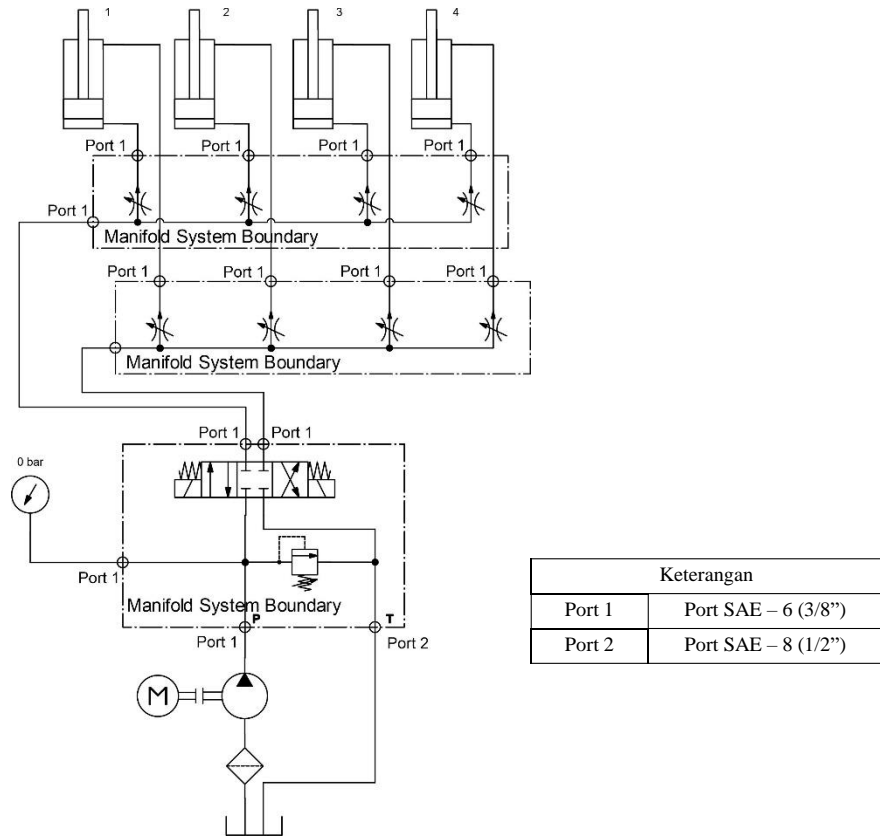
Gambar 2. Proses Pengepresan Bambu Laminasi

Keterangan:

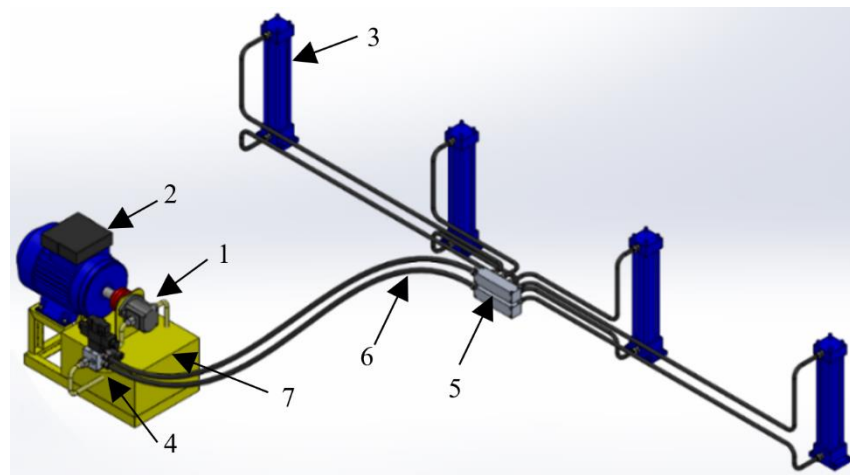
- Silinder Hidrolik
- Ram
- Susunan bamboo

Pada pembuatan bambu laminasi, kapasitas tekanan yang dibutuhkan yaitu 3 - 15 ton dengan tekanan 2 MPa. Sehingga dapat dipilih mesin *press* dengan kapasitas maksimal 15 ton. Perancangan mesin *press* ini memiliki panjang 4 m dan memiliki 4 silinder hidrolik dengan tiap silinder hidrolik berjarak 1 meter. Silinder hidrolik bergerak secara bersamaan sehingga proses pengepresan dapat dikerjakan dalam satu kali proses. Waktu yang dibutuhkan lem *Polivinyl Acetate* (PVAC) untuk mengeras kurang lebih 5 menit sehingga waktu yang dibutuhkan dalam proses pengepresan yaitu kurang dari 5 menit. Tempat pembuatan dan pengolahan bambu laminasi yaitu Rosse Bambu, memiliki listrik 1 *phase* dengan daya 5500 Watt.

2.3. Digram Sistem Hidrolik



Gambar 3. Diagram Sistem Hidrolik



Gambar 4. Desain Sistem Hidrolik

Keterangan:

1. Pompa hidrolik dengan tipe *positive displacement pump* dengan jenis pompa *external gear pump*.
2. Motor listrik dengan daya 5500 Watt, 1 phase.

3. Silinder hidrolik jenis *double acting cylinder* dengan tipe *mounting* yaitu *flange mounting*. Dengan jumlah silinder 4 buah.
4. *Hydraulic valve block* sebagai unit kontrol dengan *pressure relief valve* untuk mengatur tekanan fluida dan *directional control valve* untuk mengontrol arah aliran fluida.
5. *Hydraulic parallel manifold* yang berfungsi untuk membagi jalur aliran fluida yang menuju silinder hidrolik. *Hydraulic parallel manifold* terdapat *flow control valve* yang berfungsi untuk mengatur debit aliran fluida.
6. *Hydraulic hose* dengan jenis SAE100 R1AT dengan ukuran *3/8 inch*.
7. *Reservoir* / tangki.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan bambu laminasi, kapasitas tekanan yang dibutuhkan yaitu 3 - 15 ton. Sehingga dapat dipilih mesin *press* dengan kapasitas maksimal 15 ton. Gaya yang dibutuhkan pada mesin *press* hidrolik kapasitas 15 ton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1):

Diketahui:

$$m = 15.000kg$$

$$g = 9,81m / s^2$$

$$F = m \times g \tag{1}$$

$$F = 147.000 N$$

Perancangan mesin *press* laminasi bambu memiliki 4 silinder hidrolik sehingga gaya pada tiap silinder:

$$F = \frac{147000}{4} N$$

$$F = 36750N$$

3.1. Perhitungan dan Pemilihan Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan memiliki daya 3,5 kW/5HP dengan listrik 1 *phase*. Motor dengan pompa disambungkan menggunakan fleksibel kopling. Efisiensi dari fleksibel kopling diasumsikan sebesar 95%. *Output* daya dan torsi yang dihasilkan dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\eta_m = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{2}$$

$$P_{out} = P_{in} \times \eta_m$$

$$P_{out} = 3,5kW$$

Torsi yang dihasilkan oleh motor listrik:

$$T = \frac{Daya(kW) \times 9550}{\omega} \tag{3}$$

$$T = 22,89 Nm$$

3.1 Perhitungan dan Pemilihan Pompa Hidrolik

Pompa jenis *gear pump* memiliki efisiensi sebesar 90%.

Daya yang dihasilkan pompa:

$$\eta_m = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

$$P_{out} = P_{in} \times \eta_m$$

$$P_{out} = 3,15 kW$$

Torsi yang dihasilkan oleh pompa

$$T = \frac{3,15 \times 9550}{\omega}$$

$$T = 20,6 Nm$$

Debit aliran dan tekanan maksimal yang dihasilkan oleh pompa dipengaruhi oleh *volumetric displacement* pompa.

Tabel 1. Perhitungan debit dan tekanan pompa berdasarkan *volumetric displacement*

D (cc/rev)	speed (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Pressure (Bar)	Flow Rate (l/min)
4	1460	20.6	3.15	323.4	5.843
6	1460	20.6	3.15	215.6	8.764
8.4	1460	20.6	3.15	154.0	12.270
11	1460	20.6	3.15	117.6	16.068
13	1460	20.6	3.15	99.5	18.990
14.3	1460	20.6	3.15	90.5	20.889
16.5	1460	20.6	3.15	78.4	24.102
19.2	1460	20.6	3.15	67.4	28.046
23	1460	20.6	3.15	56.2	33.597
25	1460	20.6	3.15	51.7	36.519
28	1460	20.6	3.15	46.2	40.901
30	1460	20.6	3.15	43.1	43.822
33	1460	20.6	3.15	39.2	48.205
35	1460	20.6	3.15	37.0	51.126

Berdasarkan hasil perhitungan debit dan tekanan pompa berdasarkan *volumetric displacement*, dapat ditentukan pompa dengan *volumetric displacement* 13 cc/rev dengan debit 16 l/min dan tekanan maksimal 99,5 bar.

3.2. Perhitungan Silinder Hidrolik

Luas penampang silinder dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

Diketahui:

$$P = \text{Tekanan} (10.000.000 \text{ N} / \text{m}^2)$$

$$F = \text{Gaya} (36750 \text{ N})$$

Luas permukaan piston

$$A_1 = \frac{F}{P} \quad (5)$$

$$A_1 = 3675 \text{ mm}^2$$

Menurut ISO 7181 – 1991 luas *cylinder rod* (A_2) dapat diketahui menggunakan perbandingan ratio (ϕ) A_1 dan A_2 yaitu 1.4. Sehingga luas *cylinder rod*:

$$(\phi) = \frac{A_1}{A_2} \quad (6)$$

$$1,4 = \frac{A_1}{A_2}$$

$$A_2 = 2625 \text{ mm}^2$$

Diameter piston:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (D_1)^2 \quad (7)$$

$$D_1 = 68,4 \text{ mm}$$

Diameter *cylinder rod*:

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \quad (8)$$

$$2625 = \frac{\pi}{4} ((68,4)^2 - D_2^2)$$

$$D_2 = 36,6 \text{ mm}$$

Ketebalan dinding silinder dengan material yang digunakan JIS G3445 (STKM13C) yaitu:

Diketahui:

$$\text{Tensile Strength (ultimate)} = 510 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensile Strength (yield)} = 380 \text{ MPa}$$

Menentukan tekanan maksimal (*burst pressure*)

$$BP = 6 \times 10 \text{ MPa} = 60 \text{ MPa}$$

$$t_d = \frac{BP \times D_1}{2 \times S_y} + C \quad (9)$$

$$t_d = \frac{60 \times 0,06842}{2 \times 380} + 0,0005m$$

$$t_d = 5,9mm$$

Faktor kekuatan *buckling load* pada pemasangan *mounting* aktuator dengan material SAE1045 (S45C) dan panjang *cylinder rod* 400 mm.

Diketahui:

Tensile Strength (ultimate) = 686 MPa
 Tensile Strength (yield) = 490 MPa
 Modulus Young = 205 Gpa
 Menghitung luas permukaan momen kedua:

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (10)$$

$$I = 73.624,41mm^4$$

Menghitung kegagalan *Euler*

$$F_E = \frac{S_F \times \pi^2 \times EI}{L^2} \quad (11)$$

$$F_E = 1.860.137 N$$

Diketahui *buckling resistance* (daya tahan tekuk) pada silinder yaitu 1.860.137N lebih besar dari gaya pada silinder hidrolik yaitu 36750 N. Dapat disimpulkan *cylinder rod* dengan panjang 400 mm aman digunakan.

3.3. Perhitungan dan Analisis Aliran Fluda

Penyaluran fluda dari pompa menuju silinder hidrolik menggunakan *hose* yang berbahan dasar karet. *Hose* yang digunakan yaitu:

- Jenis hose : SAE 100 R1AT
- Ukuran : 3/8 inch
- Tekanan kerja : 18 MPa
- Burst Pressure* : 72 MPa

Fluda yang digunakan pada sistem hidrolik yaitu:

- Jenis fluda : SAE 10W 33°
- Viskositas kinematik : 50 cSt = 0,00005 m²/s
- Densitas fluda : 900 kg/m³

Menentukan jenis aliran fluda pada sistem hidrolik berdasarkan bilangan Reynold dapat diketahui melalui persamaan 12 sebagai berikut:

$$R_e = \frac{U \times d}{\nu} \quad (12)$$

$$R_e = 1776,5$$

Berdasarkan bilangan Reynold, jenis aliran yang dihasilkan pada sistem hidrolik yaitu aliran laminar / *steady state*.

Dikarenakan jalur pipa pada sistem hidrolik merupakan jalur paralel, maka debit fluida yang mengalir pada pipa dapat ditentukan dengan:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q = 18,9 \text{ l / min}$$

diasumsikan bahwa:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 4,7 \text{ l / min}$$

sehingga kecepatan fluida:

$$\nu = \frac{78333}{70,8} = 1.112 \text{ mm / s}$$

Menentukan koefisien gesek fluida:

$$f = \frac{64}{Re} = 0,03$$

3.3.1. Kerugian pada jalur pipa port A (ekstend)

Pada jalur pipa (*port A*) menuju silinder 1, melewati pipa/hose ($f = 0,032$), 3 *elbow* ($K = 0,75$), *Globe valve* ($K=10$), *Gate valve* ($K=0,19$).

Kerugian pada jalur pipa:

$$h_A = f \left(\frac{L}{D} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (13)$$

$$h_A = 0,036 \left(\frac{4,5}{0,0095} \right) \times \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + (0,75 \times 3) \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + 10 \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + 0,19 \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right)$$

$$h_A = 1,76 \text{ m}$$

Kehilangan tekanan pada jalur *port A*

$$P_A = h_A \times \gamma \quad (14)$$

$$P_A = 15,611 \text{ N / m}^2 = 0,156 \text{ bar}$$

3.3.2. Kerugian pada jalur pipa port B (retract)

Pada jalur pipa (*port B*) menuju silinder 1, melewati pipa/hose ($f = 0,036$), 3 *elbow* ($K = 0,75$), *Globe valve* ($K=10$), *Gate valve* ($K=0,19$).

Kerugian pada jalur pipa:

$$h_B = f \left(\frac{L}{D} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (15)$$

$$h_B = 0,032 \left(\frac{1,7 + 2,5}{0,0095} \right) \times \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + (0,75 \times 3) \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + 10 \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right) + 0,19 \left(\frac{(1,1)^2}{19,6} \right)$$

$$h_B = 1,69 m$$

Kehilangan tekanan pada jalur port B

$$P_B = h_B \times \gamma \quad (16)$$

$$P_B = 1,69 m \times 8.820 N / m^3$$

$$P_B = 14,9 N / m^2 = 0,149 bar$$

3.4. Perhitungan Kapasitas Tangki

Kapasitas tangki pada sistem hidrolis merupakan (2 – 3) kali kapasitas aliran fluida pada sistem hidrolis. berikut:

Diketahui:

$$V \text{ silinder hidrolis} = 1.246.240 \text{ mm}^3$$

$$V \text{ pipa total} = 1.119.370,8 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{tangki}} = 2 \times (V_s + V_p \text{ total}) \quad (17)$$

$$V_{\text{tangki}} = 2 \times ((4 \times V_s) + V_p \text{ total})$$

$$V_{\text{tangki}} = 12.208.660 \text{ mm}^3 = 12,2 \text{ liter}$$

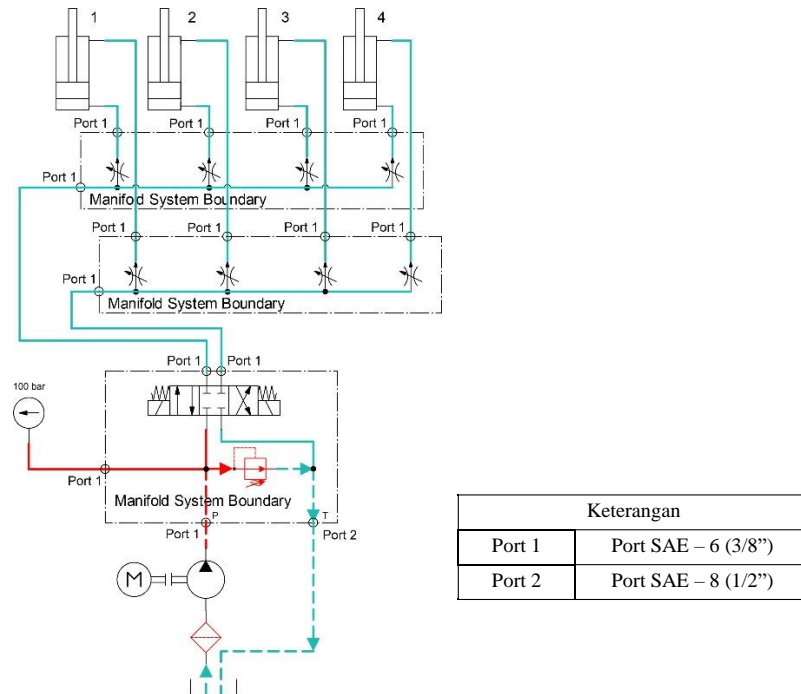
3.5. Simulasi Sistem Hidrolis Menggunakan Software Sistem Hidrolis

Ketika motor listrik dinyalakan, putaran dari motor listrik akan menggerakkan pompa. Pompa akan mengalirkan fluida dari *reservoir* dan menghasilkan aliran fluida bertekanan yang akan diteruskan menuju sistem hidrolis melalui saluran *output*. Fluida mengalir melalui *hose* menuju *pressure relief valve*. *Pressure relief valve* yang memiliki *cracking pressure* sebesar 100 bar akan membatasi tekanan fluida pada sistem sebesar 100 bar. Tekanan berlebih akan diteruskan menuju tangki melalui saluran *port T*. Setelah melalui *pressure relief valve* aliran fluida menuju *directional control valve*. *Directional control valve* akan mengontrol arah aliran menuju aktuator, sehingga aktuator dapat bergerak *extend* atau *retract*.

A. Sistem Hidrolis pada Posisi Netral

Aliran fluida bertekanan yang berasal dari pompa hidrolis menuju *hydraulic manifold valve block*. Saat posisi *spool directional control valve* pada posisi netral, *port P* dan *port T* tertutup. Aliran bertekanan yang berasal dari pompa tidak dapat diteruskan menuju aktuator.

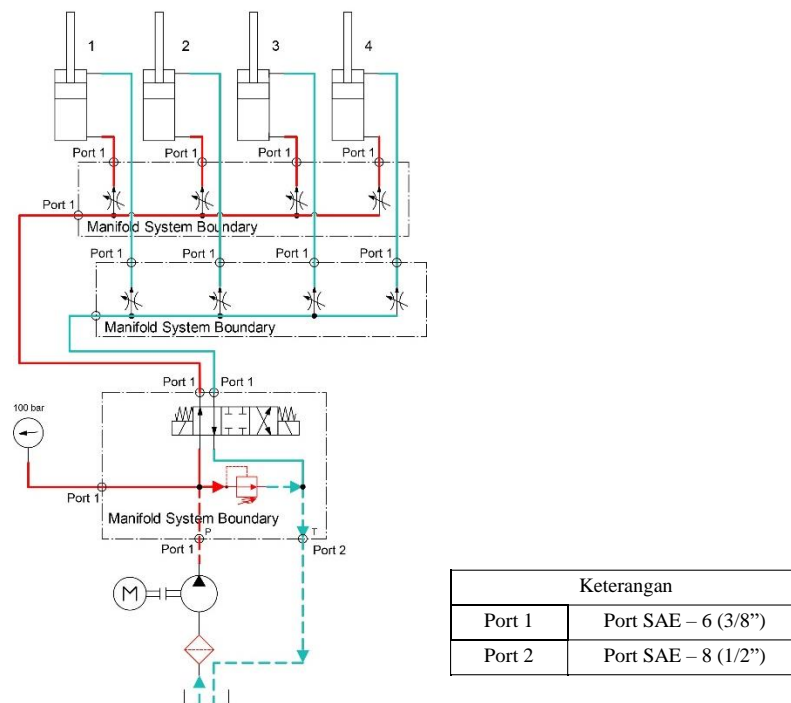
Fluida dengan tekanan berlebih akan menuju *pressure relief valve* dan dikembalikan menuju *reservoir*.



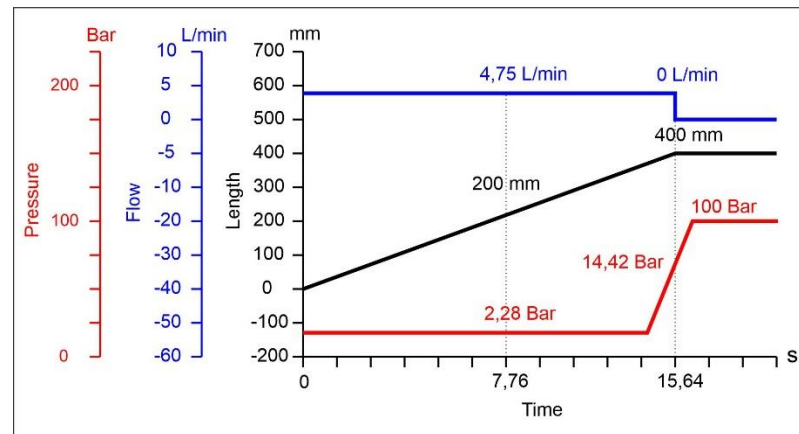
Gambar 5. Simulasi sistem hidrolik pada posisi netral

B. Sistem Hidrolik saat Bergerak Ekstend

Saat *spool directional control valve* bergerak ke kanan, aliran fluida bertekanan dari *port P* menuju *port A* dan diteruskan menuju piston silinder hidrolik. Fluida dari arah balik piston (*port B*) menuju *port T*. Hal ini menyebabkan aliran fluida bertekanan menekan piston maju, sehingga silinder bergerak *extend*.



Gambar 6. Simulasi sistem hidrolik bergerak *extend*

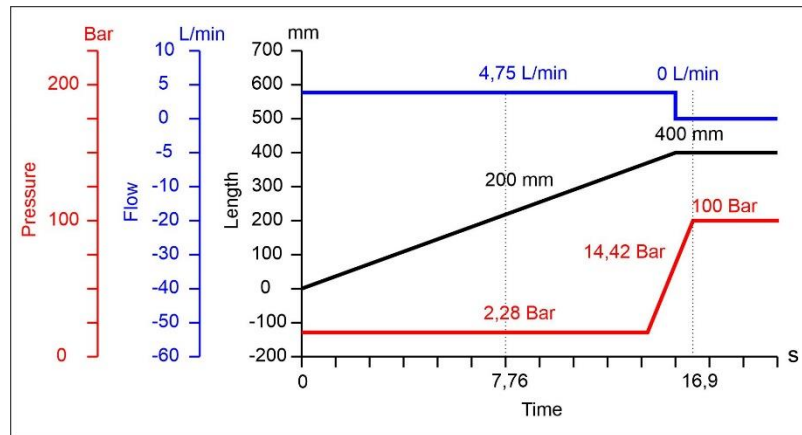


Gambar 7. Grafik waktu, tekanan, dan debit saat silinder bergerak *extend*

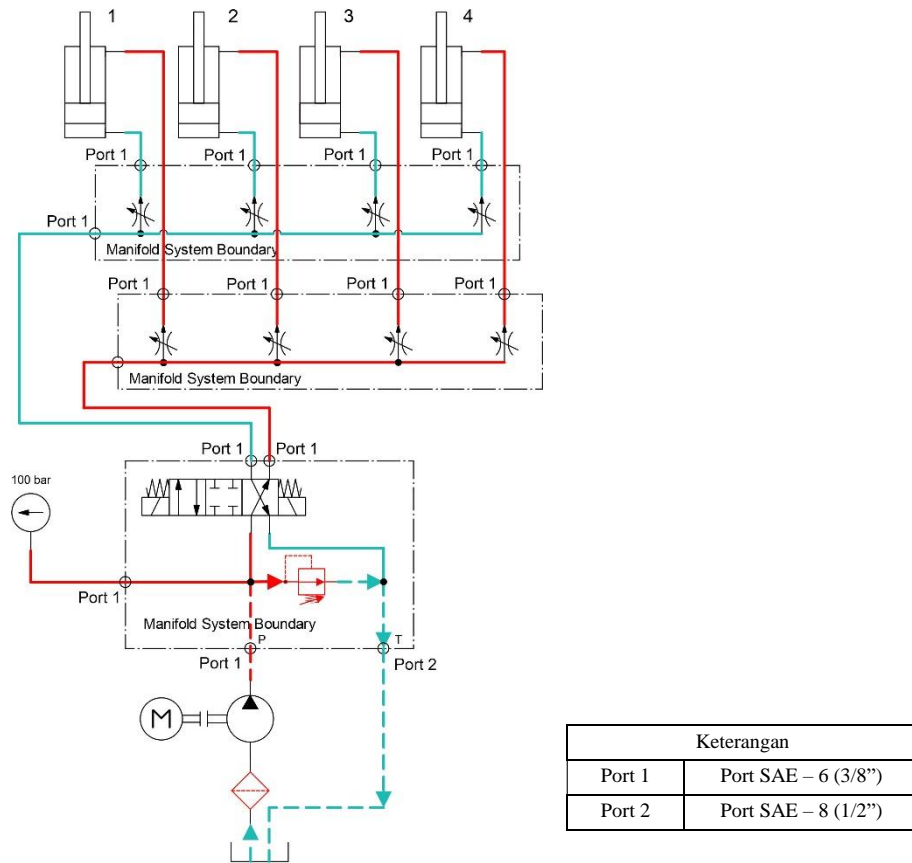
Saat silinder bergerak debit aliran fluida yaitu 4,75 liter/menit. Tekanan fluida saat silinder bergerak yaitu 2,28 bar. Waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik saat mencapai panjang 400 mm yaitu 15,64 detik. Pada gambar 7 menunjukkan grafik waktu, tekanan, dan debit yang dibutuhkan *cylinder rod* mencapai panjang maksimal dengan tekanan konstan. Waktu yang dibutuhkan *cylinder rod* untuk mendapatkan tekanan maksimal sebesar 100,19 bar yaitu 16,9 detik.

A. Simulasi Hidrolik saat Bergerak *Retract*

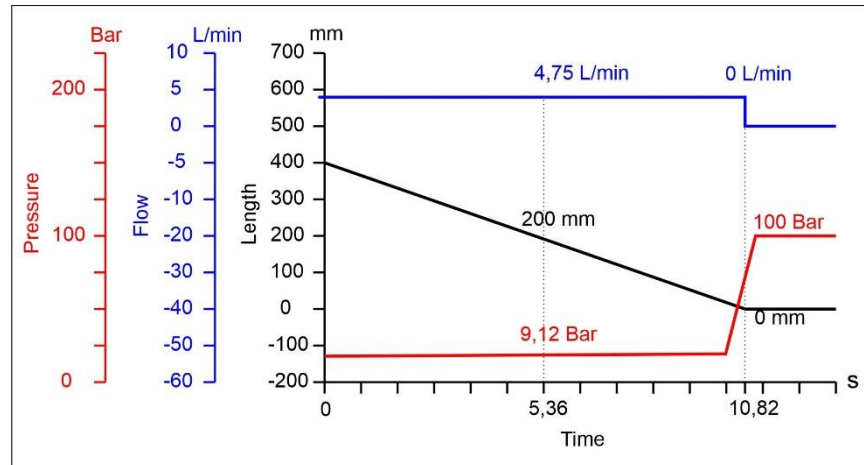
Saat *spool directional control valve* bergerak ke kiri, aliran fluida bertekanan dari *port P* menuju *port B* dan diteruskan menuju arah balik piston silinder hidrolik. Fluida dari piston (*port A*) menuju *port T*. Hal ini menyebabkan aliran fluida bertekanan menekan piston mundur, sehingga silinder bergerak *retract*.



Gambar 8. Grafik waktu, tekanan, dan debit saat silinder mencapai tekanan maksimal



Gambar 2. Simulasi sistem hidrolik bergerak *retract*



Gambar 3. Grafik waktu, tekanan, dan debit saat silinder bergerak *retract*

Saat silinder bergerak debit aliran fluida yaitu 4,75 liter/menit. Tekanan fluida saat silinder bergerak yaitu 9,12 bar. Waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik bergerak *retract* yaitu 10,82 detik.

3.6. Analisis Sistem Hidrolik

Hasil perhitungan matematis dan simulasi pada sistem hidrolik yang telah dilakukan dapat diketahui:

1. Mesin *press* memiliki kapasitas maksimal 15 ton, dapat dinyatakan mesin *press* sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
2. Spesifikasi pada mesin *press* menunjukkan bahwa tekanan yang dibutuhkan yaitu 2 MPa. Hasil dari perhitungan dan grafik pada gambar 8 menunjukkan mesin *press* dapat mencapai tekanan maksimal 100,19 bar/10 MPa, sehingga tekanan 2 MPa dapat tercapai. Mesin *press* dapat dinyatakan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
3. Waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik saat bergerak *extend*/menekan yaitu 16,9 detik, sehingga saat proses pengepresan dapat dilakukan dengan cepat dan mengurangi resiko lem mengering sebelum waktu pengepresan. Mesin *press* dapat dinyatakan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
4. Hasil pemilihan dan perhitungan matematis yang dilakukan pada sistem hidrolik diketahui daya yang dihasilkan pada sistem hidrolik yaitu 3150 *Watt*. Daya yang dibutuhkan pada mesin *press* yaitu kurang dari 5500 *Watt*, dapat dinyatakan mesin *press* sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

4. KESIMPULAN

Pada perancangan sistem hidrolik pada mesin *press* bambu laminasi memiliki 4 silinder dengan jarak tiap silinder 1 m sehingga dalam proses pengepresan dapat dilakukan dalam beberapa titik secara bersamaan. Hasil analisis sistem hidrolik dapat dinyatakan mesin *press* sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Dari hasil perhitungan matematis yang dilakukan, dapat diketahui spesifikasi komponen sistem hidrolik yang dibutuhkan sebagai berikut:

- a. Mesin press dengan kapasitas 15 ton menggunakan pompa hidrolik berjenis *gear pump* dengan *displacement* sebesar 13 cc/rev. Pompa hidrolik dihubungkan dengan motor listrik dengan daya 3,7 kW/5 HP.
- b. Silinder hidrolik dengan material JIS G445 (STKM 13C), diameter dalam 63 mm. *Cylinder rod* dengan material SAE1045 (S45C), diameter 35 mm dan panjang 400 mm.
- c. Jenis hidrolik *hose* yaitu SAE 100 R1AT dengan ukuran 3/8 *inch*.
- d. Kapasitas tangki hidrolik sebesar 12 liter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizaldi, F. Perancangan Sistem Hidrolik Punch Stroke Pada Mesin Press Untuk Pembuatan Cup Selongsong Peluru Kaliber 20 Mm. Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [2] Muhammad, Tritho Rofie. Perancangan Cold Pressing Mesin Hidrolik Bambu Laminasi dalam Upaya Peningkatan Mutu Bambu Laminasi Sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan. Skripsi, Program Studi Teknik Pengelolaan dan Perawatan Alat Berat, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2017.
- [3] Nainggolan, A. F., Herisiswanto, H., & Cupu, D. R. P. "Perancangan Komponen Sistem Hidrolik Pada Mesin Press Kapasitas 50 TON". *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 7, 1-9. 2020.
- [4] Irawati, I. S., Wusqu, U., & Arifin, H. Z., "Peluang Aplikasi Produk Bambu Rekayasa dalam Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan". *Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional IX* (Vol. 9, No. 1, pp. 369-383), Des 2021.
- [5] Chapple, P., *Principles of Hydraulic Systems Design*, 2 ed. Momentum Press., LLC 222 East 46th Street, New York, NY 10017, 2014.
- [6] Adhiharto, R., Fauzan, M. I., & Patriatna, E. "Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik 50 ton dengan Metode VDI 2222". *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)*, No. 4, pp. 193-203, 2019.
https://www.researchgate.net/publication/335318362_Studi_Perancangan_Mesin_Press_Hidrolik_50_ton_dengan_Metode_VDI_2222
- [7] Zairuddin, R. *Analisa Kerja Mesin Kempa Hidrolik Untuk Pembuatan Produk Jadi Dari Bahan Komposit*. Tugas Akhir Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan, 2019.
- [8] Asrori, S. T., Susilo, S. H., Eko Yudiyanto, S. T., Gumono, S. T., & MT, M., *Mekanika fluida dasar*. 2021.
https://www.researchgate.net/publication/350558740_MEKANIKA_FLUIDA_DASAR
- [9] Bhirawa, W. T. "Sistem Hidrolik pada Mesin Industri". *Jurnal Teknologi Industri*, 6. 2021.
- [10] Hidayatullah, Aditiya Mufti. *Analisis Pengembangan Komponen Hidrolik pada Lengan Penyapu Unit Kendaraan Listrik Penyapu Jalan*. Skripsi, Program Studi Teknik Pengelolaan dan Perawatan Alat Berat, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, 2022.
- [11] Huang, H., Zou, X., Li, L., Li, X., & Liu, Z.. "Energy-saving design method for hydraulic press drive system with multi motor-pumps". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 6(2), 223-234. 2019.

- [12] Nurdiana, E., Syafei, S., & Prawoto, H. E. “Analisis Efisiensi Mesin Pompa Air Untuk Pemanfaatan Rumah Tangga”. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral* (Vol. 1, No. 2, pp. 819-827), Des 2021.
- [13] Nusa, F. A. G., & Sugiyanto, S. “Perancangan Sistem Hidrolik pada Unit Moblie Core Sampler”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(3), 107-112. 2017.
- [14] Purwanton, P., & Abadi, Z. (2019). *Dasar-dasar Sistem Hidrolik*. UNP Press. Padang, 2019.
- [15] Komara, Asep Indra, et al. “Desain dan Pengembangan Mesin Micro-Press Pembentuk Komponen Mikro.” *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13.3: 751-762, Des 2022.
- [16] Zanki, A. M. F. *Analisis Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Bambu Laminasi Untuk Deck Covering, Ceiling, Dan Lining Kapal Sebagai Alternatif Pengganti Kayu*. Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2016.