

Desain Unit Tekan Utama Mesin Paving Block Otomatis

Harry Laksono Nugroho¹, Benidiktus Tulung Prayoga¹, Didit Setyo Pamuji²

¹ Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

² Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : didit@itny.ac.id

ABSTRAK

Main press unit adalah bagian utama dari mesin pencetak paving block dengan menggunakan tenaga hidrolik dan vibrator yang merupakan perkembangan dari mesin cetak paving block manual. Sekarang ini mesin cetak paving block yang biasanya dilakukan oleh pekerja dengan cara manual sudah mulai ditinggalkan karena kualitas yang dihasilkan tidak sesuai standar SNI 03-0691-1996 serta permintaannya yang semakin meningkat. Tujuan dari perancangan desasin Main Press Unit ini adalah untuk membuat desain mesin cetak paving block yang dapat mencapai kualitas K400 serta jumlah 100 m² dalam sehari. Desain komponen utama main press unit mesin pencetak paving block tipe K400 (kuat tekan 400 kg/cm²) terdiri dari sebuah hidrolik press tengah dengan kapasitas tekanan 10 MPa (gaya tekan 12560 N dengan bore diameter 40 mm), dua buah hidrolik penggerak lengan samping dengan kapasitas 3,5 MPa, dua buah hidrolik belakang penggerak feeding box dengan kapasitas 3,5 MPa, rangka utama, cetakan atas (upper mold), cetakan bawah (lower mold), meja getar cetakan bawah, vibrator cetakan atas, feeding box, dan lengan penggerak cetakan samping. Total kebutuhan daya untuk seluruh hidrolik sebesar 1,606 kW (2,087 hp), sedangkan total kebutuhan daya untuk sistem vibrator sebesar 1,47 kW (1,96 hp). Mesin main press unit ini dengan tekanan hidrolik sebesar 10 Mpa serta dengan cetakan sebanyak 15 buah dapat mencetak paving block dengan kualitas K400 dengan kapasitas hingga 100 m² atau lebih perhari. Adapun material paving block yang digunakan adalah; pasir halus : semen : agregat kasar : agregat halus : air ditambah pengeras beton yaitu 1/2 : 1/3 : 1 : 1 : 1/4.

Kata kunci: *Main press unit, Paving block, SNI, K400.*

ABSTRACT

The main press unit is the main part of the paving block printing machine using hydraulic power and a vibrator which is the development of the manual paving block printing machine. Currently, paving block printing machines which are usually carried out by workers manually have begun to be abandoned because the quality produced does not meet the SNI 03-0691-1996 standard and the demand is increasing. The purpose of this Main Press Unit design design is to design a paving block printing machine that can reach K400 quality and the amount of 100 m² in a day. The main component design of the main press unit for the K400 type paving block printing machine (compressive strength 400 kg/cm²) consists of a middle hydraulic press with a pressure capacity of 10 MPa (compressive force of 12560 N with a bore diameter of 40 mm), two hydraulic side arm drives with 3.5 MPa capacity, two rear hydraulics driving the feeding box with a capacity of 3.5 MPa, main frame, upper mold, lower mold, lower mold vibrating table, upper mold vibrator, feeding box, and side molding drive arm. The total power requirement for all hydraulics is 1.606 kW (2.087 hp), while the total power requirement for the vibrator system is 1.47 kW (1.96 hp). This main press unit machine with a hydraulic pressure of 10 Mpa and with 15 pieces of mold can make paving blocks with K400 quality with a capacity of up to 100 m² or more per day. The paving block materials used are; fine sand : coarse aggregate : fine aggregate : water plus concrete hardener ie 1/2 : 1 : 1 : 1/4.

Keyword : Main press unit, Paving block, SNI, K400

1. PENDAHULUAN

Paving block adalah salah satu produk bahan bangunan yang biasa digunakan sebagai pengganti lapisan penutup struktur jalan selain beton dan aspal. Paving block banyak digunakan sebagai lapisan penutup struktur jalan karena ramah lingkungan yaitu memiliki kemampuan menyerap air hujan lebih baik, mudah dalam pemasangan, pelaksanaan yang lebih cepat, serta memiliki harga yang terjangkau.[2] Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Paving block merupakan komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, air dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutunya.[3]

Paving block merupakan salah satu jenis beton non struktural yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan jalan, pelataran parkir, trotoar, taman, dan keperluan lainnya. Paving block terbuat dari campuran

semen portland tipe I dan air serta agregat sebagai bahan pengisi. Paving block sudah mulai digunakan sejak dari 4000 SM. Jalan Romawi yang paling terkenal adalah jalan Appian, dibangun oleh insinyur Romawi pada 312 SM. Jalan ini digunakan untuk membawa lalu lintas antara Roma dan Pelabuhan Brindisi di tenggara Italia.[4]

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 pengelompokan *paving block* dibedakan menurut kelas penggunaannya sebagai berikut :

- Paving block mutu A : digunakan untuk jalan.
- Paving block mutu B : digunakan untuk pelataran parkir.
- Paving block mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
- Paving block mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan

Tabel 1. Kekuatan fisik *paving block*[3]

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Perkerasan jalan	400	350	0,009	0,103	3
B	Tempat parkir	200	170	0,13	1,149	6
C	Pejalan kaki	150	125	0,16	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,219	0,251	10

Saat ini pembuatan paving block masih terbatas dengan menggunakan tenaga manusia. Jika jumlah paving block sedikit, maka mudah dan akan lebih efisien jika menggunakan tenaga manusia. Akan tetapi jika jumlahnya banyak, maka mesin dapat bekerja lebih cepat, dan lebih mudah daripada manusia. Pekerjaan yang dilakukan dalam jumlah banyak oleh tenaga manusia juga dapat menyebabkan kelelahan. Dengan mempertimbangkan kesulitan di atas penulis tergerak untuk ikut berkontribusi dalam pembuatan perancangan desain mesin paving block otomatis.

Sejauh pengetahuan penulis, penggunaan mesin paving block otomatis belum ada di Indonesia. Penggunaan mesin paving block otomatis baru di temukan di India dan China. Apabila ingin membeli mesin dari India dan China maka membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal dibandingkan membuatnya sendiri di Indonesia. Oleh karena itu penulis akan membuat rancangan desain mesin paving block otomatis. Pada penelitian kali ini penulis hanya akan memfokuskan pada pembuatan rancangan desain CAD (Computer Aided Design). Penulis berharap dengan adanya pembuatan perancangan desain mesin paving block otomatis ini akan menjadi pemantik industri pembuatan paving block lebih baik, efisien, harga yang lebih terjangkau, serta memiliki kualitas unggul.

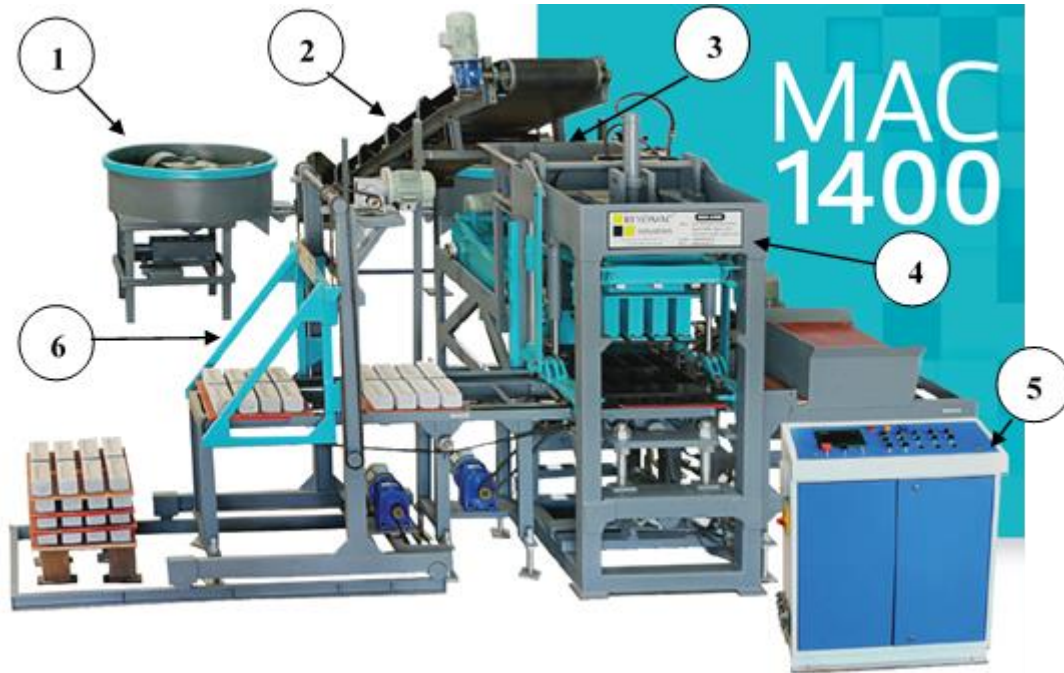
2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Acuan

Mesin yang dirancang mengacu pada desain Mac 1400 yang diproduksi oleh perusahaan Revomac di India, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, dengan deskripsi nama komponen dijelaskan pada Tabel 2.

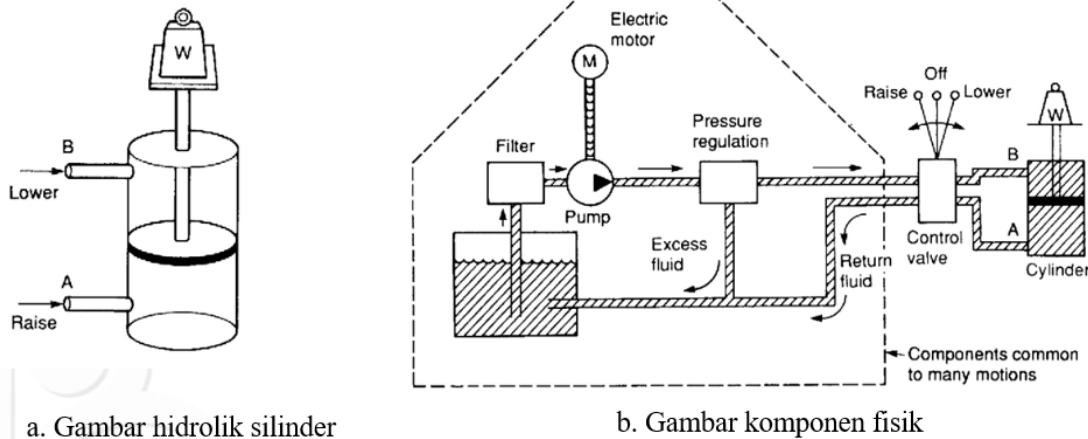
Tabel 2. Deskripsi komponen mesin pencetak paving block Mac 1400

No	Nama	Deskripsi
1	Pan Mixer	Sebagai tempat untuk mengaduk material.
2	Conveyor	Sebagai alat untuk transportasi dari mixer ke Hooper.
3	Hooper	Sebagai tempat untuk mengumpulkan material serta memiliki control valve guna membuka dan menutup secara berkala.
4	Main press unit	Sebagai alat utama mencetak paving block yang terdapat hidrolik, material feeder, palate feeder, serta vibrator.
5	Kontrol Kabin	Sebagai alat untuk mengontrol keseluruhan mesin.
6	Stacking Sistem	Sebagai alat untuk menyusun hasil cetak paving block dari main press unit.



Gambar 1. Mesin pencetak paving block otomatis tipe MAC 1400 yang dijadikan acuan desain

2.2. Sistem Hidrolik



a. Gambar hidrolik silinder

b. Gambar komponen fisik

Gambar 2. Mekanisme kerja sistem hidrolik

Sistem hidrolik merupakan sebuah sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida berupa cairan. Sistem hidrolik biasanya menggunakan fluida dari oli. Prinsip yang digunakan adalah memanfaatkan fluida cair yang memiliki sifat inkompresibel dan selalu menyesuaikan tempatnya. Hal ini membuat tekanan yang diterima akan diteruskan secara merata ke segala arah. Sistem hidrolik dapat membuat gaya yang kecil bisa digunakan untuk mengangkat beban yang besar dengan cara memperbesar ukuran diameter silinder. Dengan cara menaikkan fluida penghantar oleh pompa untuk diteruskan ke silinder kerja melalui pipa dan katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja kemudian dimanfaatkan untuk gerakan naik dan turun maupun maju dan mundur sesuai dengan pemasangan silinder dengan arah horizontal atau vertikal.[5]

Apabila ada beban F diletakkan pada silinder kecil, maka tekanan P akan diteruskan ke silinder besar ($P = F/A$, gaya dibagi oleh luas penampang silinder) sesuai dengan hukum pascal. dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$P_1 = P_2 \text{ (N/m}^2 \text{ atau Pa) sehingga diperoleh persamaan}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1)$$

dimana

F1 = Gaya Masuk (N)

F2 = Gaya keluar (N)

A1 = Diameter Piston kecil (m²)

A2 = Diameter piston besar (m²)

Gerakan silinder di kontrol oleh 3 posisi valve yang bisa berubah. Untuk gerakan memperpanjang silinder, maka lubang A dihubungkan dengan jalur tekan fluida dan lubang B dihubungkan ke tank. Untuk gerakan sebaliknya, maka lubang B dihubungkan dengan jalur tekan fluida dan lubang A dengan tank, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 [6].

Adapun debit aliran fluida yang mengalir menuju silinder hidrolik dapat dihitung menggunakan persamaan 2.[7]

$$Q_s = V \times A \quad (2)$$

dimana

Qs = Debit aliran fluida (mm³/detik)

V = Kecepatan angkat silinder (mm/detik)

A = Luas penampang (mm²)

2.3. Vibrator

Vibrator merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk memberikan getaran guna meratakan adonan pada mesin paving block otomatis. Getaran diperoleh dari gaya inersia sentrifugal yang dihasilkan oleh eccentric runner. Pada umumnya jenis eccentric runner yang paling sering digunakan adalah yang memiliki sudut pusat mendekati 90⁰. [8] Menurut hukum Newton, saat benda bergerak di sepanjang orbit melingkar, laju percepatannya tidak mengubah kecepatan, melainkan arah. Arah titik percepatan ke pusat orbit lingkaran, ukurannya sama dengan hasil kali jari-jari orbit lingkaran r dan kuadrat kecepatan sudut ω. [9] Ekspresi dari gaya sentrifugal ditunjukkan pada persamaan 3.

$$F_u = mr (2\pi n / 60)^2 \quad (3)$$

dimana,

Fu = Gaya sentrifugal (N)

M = Panjang orbit

r = Jari-jari

n = Banyaknya getaran

3. HASIL DAN ANALISIS

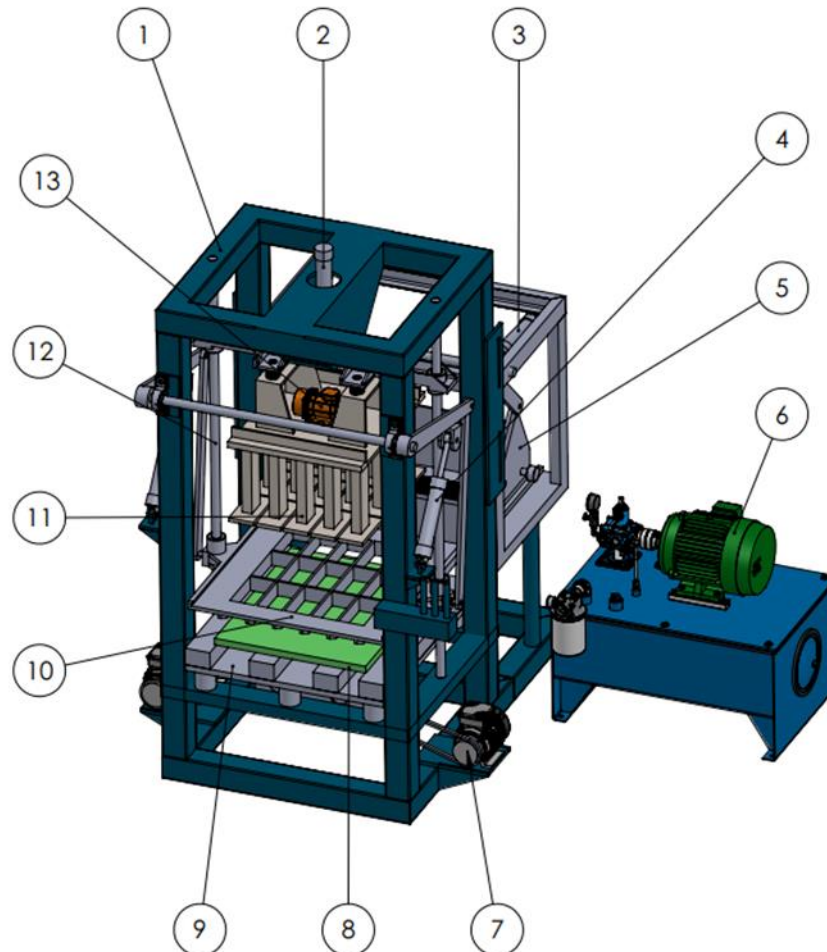
3.1. Desain Main Press Unit

Secara umum, spesifikasi rancangan main press unit k400 ini diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi desain *main press unit* mesin pencetak paving block

No	Nama	Spesifikasi
1	Material Frame	Besi Hollow 100 mm x 100 mm dengan tebal 6 mm
2	Motor Hidrolik	Merek Alliance Motori, dengan tenaga 10 Hp dan daya 7,5 kW.
3	Motor Vibrator atas	Merek Alliance Motori, dengan kecepatan 300 rpm, daya 1,3 kW, dan frekuensi 50 HZ.
4	Motor Vibrator bawah	Merek Alliance Motori, dengan kecepatan 3000 RPM, daya 0,17 kW, dan frekuensi 70 HZ.
5	Hidrolik	Hidrolik tengah : kapasitas tekanan 10 MPa, bore diameter 40 mm. Hidrolik samping dan belakang : Kapasitas tekanan 3,5 MPa, bore diameter 32 mm.

6	Dimensi main press unit (p x l x t) mm	1000 mm x 1000 mm x 2000 mm.
7	Cetakan (Mold)	15 cetakan per papan.
8	Palet kayu	(610 x 750 mm) tebal 28 mm
9	Kapasitas Cetak	960 papan / 8 jam



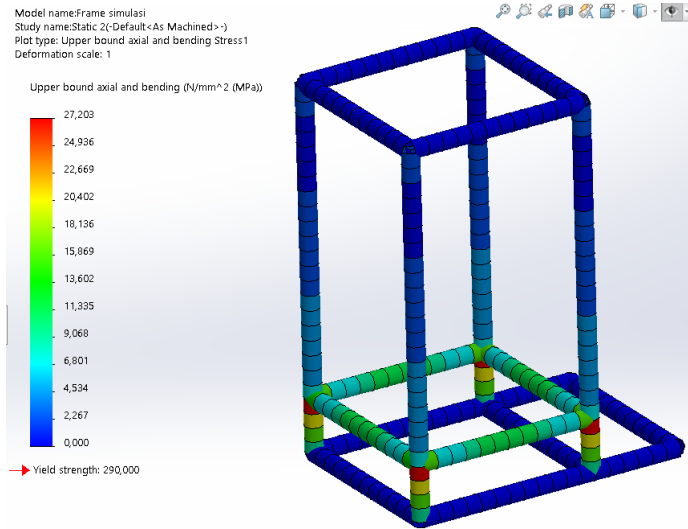
Gambar 3. Desain main press unit kapasitas 15 paving block per papan

Keterangan

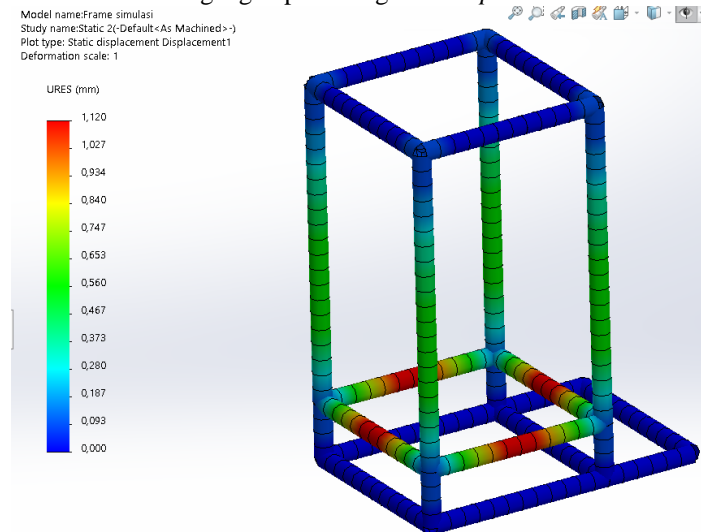
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Main frame | 7. Motor vibrator bawah |
| 2. Hidrolik tengah | 8. Meja getar |
| 3. Hidrolik belakang | 9. Cetakan bawah |
| 4. Hidrolik samping | 10. Cetakan atas |
| 5. Feeding box | 11. Lengan Cetakan |
| 6. Motor dan tangki hidrolik | 12. Motor vibrator atas |

3.2. Tegangan Pada Rangka Main Press Unit

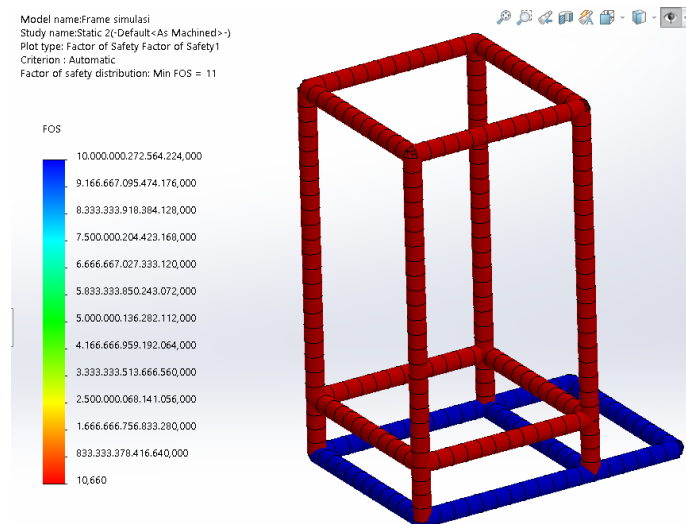
Rangka atau *frame* yang digunakan untuk menopang *main press unit* didesain menggunakan *beam* berupa besi *hollow* kotak ukuran 100x100x6 mm dengan material baja ST-42-S. Baja tersebut memiliki kekuatan tarik 412 N/mm², sehingga dengan desain factor keamanan 4, tegangan yang masih diijinkan untuk ditopang oleh *frame* sebesar 103 N/mm². Adapun analisis FEM yang dilakukan, pembebanan pada rangka sebesar 12560 N, yang terbagi merata pada 4 sisi penyangga *lower mold*. Hasil visualisasi pembebanan statik berupa tegangan, deformasi, dan FOS dapat dilihat pada Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10 secara berturut-turut.



Gambar 4. Tegangan pada rangka main press unit



Gambar 5. Deformasi pada rangka main press unit



Gambar 5. Visualisasi FOS pada rangka main press unit

Rangka main press unit terbuat dari beam berupa besi hollow persegi. Dalam hal ini, beam didekati sebagai komponen 1 dimensi yang hanya menerima tegangan arah axial maupun bending. Tegangan

maksimum sebesar 27,203 N/mm² yang ditunjukkan pada bagian *beam* yang berwarna merah. Adapun defleksi maksimum sebesar 1,12 mm terjadi pada bagian yang diberi gaya pembebanan, dan nilai FOS minimal sebesar 10,66.

3.3 Perhitungan Bagian Hidrolik

Pada perancangan *main press unit* ini, ditentukan bahwa untuk mencapai hasil cetak *paving block* dengan mutu A atau kualitas K400 adalah dengan menggunakan tekanan sebesar 10 MPa. Adapun yang akan dihitung pada perancangan desain ini adalah debit fluida pada silinder hidrolik serta kapasitas pompa dan daya motor.

Data yang akan digunakan untuk menghitung debit fluida pada hidrolik tengah adalah:

- Tekanan hidrolik = 10 MPa = 1 x 10⁷ Pa = 10N/mm²
- Diameter silinder *bore* (D₁) = 40 mm
- Diameter silinder piston (D₂) = 34 mm
- Panjang langkah piston = 300 mm
- Kecepatan angkat / tekan (v) = panjang langkah/detik
= 100 mm/detik
= 0,1 m/detik atau 6 m/menit
- Luas penampang piston (D₁) = $\frac{\pi \cdot (40 \text{ mm})^2}{4} = 1256 \text{ mm}^2$

Data yang akan digunakan untuk menghitung debit fluida pada hidrolik belakang adalah:

- Berat *feeding box* = 150 kg (merupakan asumsi berat *feeding box* yang didapatkan dari perhitungan massa dari *software solidworks* ditambah dengan berat material adonan *paving block*)

Feeding box digerakkan oleh dua buah hidrolik belakang, sehingga untuk masing-masing hidrolik, akan menerima beban masing-masing sebesar 75 kg (750 N)

- Diameter silinder *bore* (D₁) = 32 mm (mengacu hidrolik SMCworld)
- Panjang langkah piston = 300 mm
- Kecepatan angkat / tekan (v) = panjang langkah/detik
= 100 mm/detik
= 0,1 m/detik atau 6 m/menit
- Luas penampang piston (D₁) = $\frac{\pi \cdot (32 \text{ mm})^2}{4} = 803,84 \text{ mm}^2$

3.3. Gaya Pada Silinder Hidrolik

Dengan data di atas dapat dihitung nilai gaya yang bekerja pada silinder hidrolik, yang dapat dilihat dari perhitungan berikut :

Silinder hidrolik *mid* :

$$P_m = \frac{F_m}{A_m} \text{ maka,}$$

$$F_m = P_m \times A_m$$

$$= 10 \text{ N/mm}^2 \times 1256 \text{ mm}^2$$

$$= 12560 \text{ N}$$

Tekanan Silinder hidrolik samping :

$$P_s = \frac{F_s}{A_s} \text{ maka,}$$

$$= \frac{1000 \text{ N}}{803,84 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,24 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Silinder hidrolik belakang :

$$P_b = \frac{F_b}{A_b} \text{ maka,}$$

$$= \frac{750 \text{ N}}{803,84 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,93 \text{ N/mm}^2$$

3.4. Debit Fluida Pada Silinder Hidrolik

Dengan diketahuinya kecepatan tekan hidrolik selama satu menit, maka debit aliran fluida pada silinder hidrolik dapat dilihat dari perhitungan berikut:

Aliran fluida pada hidrolik tengah :

$$Q_m = v_m \times A_m$$

$$= 6 \text{ m/menit} \times 0,001256 \text{ m}^2$$

$$= 0,007536 \text{ m}^3/\text{menit} = 0,0001256 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,1256 \text{ dm}^3/\text{detik}$$

Aliran fluida pada hidrolis samping :

$$Q_s = v_s \times A_s$$

$$= 6 \text{ m/menit} \times 0,00080384 \text{ m}^2$$

$$= 0,00482304 \text{ m}^3/\text{menit} = 0,000080384 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,080384 \text{ dm}^3/\text{detik}$$

Aliran fluida pada hidrolis belakang :

$$Q_b = v_b \times A_b$$

$$= 6 \text{ m/menit} \times 0,00080384 \text{ m}^2$$

$$= 0,00482304 \text{ m}^3/\text{menit} = 0,000080384 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,080384 \text{ dm}^3/\text{detik}$$

3.5. Perhitungan Daya Mekanik Pompa Hidrolis

Perhitungan daya pompa yang dibutuhkan dapat dihitung nilainya dengan mengalikan tekanan dengan debit aliran fluida, yang dapat dilihat pada perhitungan berikut :

Daya yang dibutuhkan pompa hidrolis tengah :

$$P_{pm} = P_m \times Q_m$$

$$= 1 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \times 0,0001256 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1256 \text{ Nm/detik}$$

$$= 1,256 \text{ kW}$$

Daya yang dibutuhkan pompa hidrolis samping :

$$P_{ps} = P_s \times Q_s$$

$$= 1244028,662 \text{ N/m}^2 \times 0,000080384 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 100 \text{ Nm/detik}$$

$$= 0,1 \text{ kW}$$

Hidrolis samping berjumlah dua sehingga daya yang dibutuhkan pompa hidrolis adalah $0,1 \text{ kW} \times 2 = 0,2 \text{ kW}$.

Daya yang dibutuhkan pompa hidrolis belakang :

$$P_{pb} = P_b \times Q_b$$

$$= 933021,496 \text{ N/m}^2 \times 0,080384 \text{ dm}^3/\text{detik}$$

$$= 75 \text{ Nm/detik}$$

$$= 0,075 \text{ kW}$$

Hidrolis belakang berjumlah dua sehingga daya yang dibutuhkan pompa hidrolis adalah $0,075 \text{ kW} \times 2 = 0,15 \text{ kW}$.

Berdasarkan perhitungan di atas maka kebutuhan daya pompa terbesar terletak pada silinder hidrolis bagian tengah sebesar $1,256 \text{ kW}$, 2 buah hidrolis samping dengan total sebesar $0,2 \text{ kW}$, dan 2 buah hidrolis belakang sebesar $0,15 \text{ kW}$ sehingga total kebutuhan daya untuk seluruh hidrolis sebesar $1,606 \text{ kW}$ atau setara dengan $2,087 \text{ hp}$ ($1 \text{ kW} = 1,341 \text{ hp}$)

3.5.1 Perhitungan Pemilihan Motor (Motor Sizing)

Perhitungan daya motor yang dibutuhkan dapat dihitung nilainya dengan membagi daya pompa dengan efisiensi dari motor, yang dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$\text{Daya Motor} = \frac{\text{daya total hidrolis}}{\text{efisiensi motor}}$$

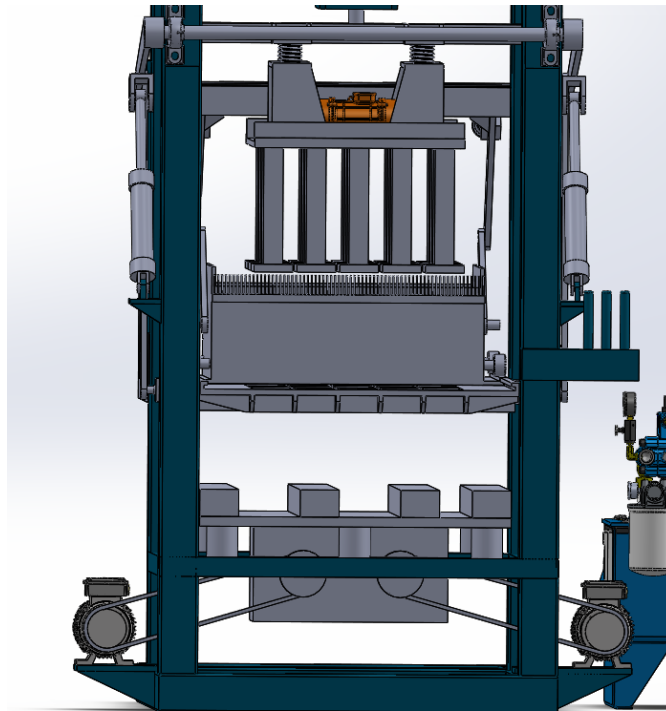
$$= \frac{1,606 \text{ kW}}{95\%}$$

$$= 1,69 \text{ kW}$$

Berdasarkan kebutuhan daya pompa motor yang telah dihitung, maka motor minimal yang akan digunakan memiliki daya minimal $1,69 \text{ kW}$. Merujuk pada motor yang ada dipasaran maka motor yang bisa dipilih memiliki daya 2 kali dari kebutuhan daya perkiraan, yaitu $3,3 \text{ kW}$ (5 HP).

3.6. Perhitungan Motor Vibrator

Desain perangkat penggetar pada mesin pencetak *paving block* ini dikembangkan dari desain yang ditulis oleh [9]. Jika pada makalah [9] menggunakan desain dengan dua buah motor motor vibrator yang berada di bawah meja penggetar, maka pada desain mesin ini dilakukan penambahan satu buah motor vibrator yang dipasang pada bagian cetakan atas. Desain perangkat penggetar pada mesin ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar Error! No text of specified style in document..

Desain perangkat vibrator

Berdasarkan desain dari mesin MAC 400 yang dibuat oleh Revomac menggunakan frekuensi getaran antara 75 Hz. Maka kecepatan putar (RPM) yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} n \text{ (RPM)} &= f \times 60 \\ &= 75 \text{ Hz} \times 60 \\ &= 4.500 \text{ RPM} \end{aligned}$$

Dari perhitungan ini bisa dipilih vibration motor dengan kecepatan putar dengan 4.500 RPM. Dikarenakan vibration motor yang ada di pasaran hanya memiliki kecepatan 3000 RPM. Akan tetapi mesin memiliki kebutuhan frekuensi sebesar 4.500 RPM. Maka perbandingan diameter *pulley* pada motor dan diameter *pulley* pada *eccentric rotor* memiliki perbandingan 6 : 9. Sedangkan untuk vibration motor yang dipasang pada bagian atas menggunakan external vibrator motor yang memiliki frekuensi getaran sebesar 50 Hz dengan daya 1,3 kW.

3.7. Perhitungan Jumlah Kapasitas Cetak Mesin

Tujuan dari perancangan desain *Main Press Unit* ini adalah untuk membuat desain mesin cetak *paving block* yang dapat mencapai kualitas K400 dengan kapasitas 100 m² dalam sehari.

Adapun mesin *main press unit* yang dibuat memiliki jumlah cetakan sebanyak 15 per papan. Untuk melakukan satu kali siklus mesin ini membutuhkan waktu kurang lebih yaitu 30 detik. Satu buah *paving block* memiliki dimensi (20 x 10) cm sehingga luas untuk satu buah *paving block* adalah 200 cm², maka dalam satu kali siklus mesin *paving block* bisa menghasilkan luasan sebesar 3.000 cm² atau 0,3 m². Untuk menghasilkan luasan *paving block* 100 m² maka dibutuhkan waktu yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{100 \text{ m}^2}{0,3 \text{ m}^2} \times 30 \text{ detik} \\ &= 10.000 \text{ detik} \\ &= 2 \text{ jam } 47 \text{ menit} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Desain komponen utama *main press unit* mesin pencetak *paving block* tipe K400 (kuat tekan 400 kg/cm²) terdiri dari sebuah hidrolik *press* tengah dengan kapasitas tekanan 10 MPa (gaya tekan 12560 N dengan *bore diameter* 40 mm), dua buah hidrolik penggerak lengan samping dengan kapasitas 3,5 MPa, dua buah hidrolik belakang penggerak *feeding box* dengan kapasitas 3,5 MPa, rangka utama, cetakan atas (*upper*

modal), cetakan bawah (*lower mold*), meja getar cetakan bawah, vibrator cetakan atas, *feeding box*, dan lengan penggerak cetakan samping. Total kebutuhan daya untuk seluruh hidrolik sebesar 1,606 kW (2,087 hp), sedangkan total kebutuhan daya untuk sistem vibrator sebesar 1,47 kW (1,96 hp). 2. Analisis desain menggunakan finite element dilakukan pada bagian kritis komponen yaitu rod piston hidrolik dengan asumsi material EN8 (kekuatan tarik 541 MPa), upper mold dengan material EN 24 (kekuatan tarik 800 MPa), dan main frame dengan material ST-42-s (kekuatan tarik 412 MPa) Hasil analisis FEM didapatkan tegangan von mises maksimal pada rod piston sebesar 22,648 N/mm², upper mold sebesar 42,4 N/mm², dan main frame sebesar 27,203 N/mm². Adapun nilai minimal FOS yang didapatkan pada rod piston sebesar 12,363; upper mold sebesar 14,6; dan main frame sebesar 10,66.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Joko Purwono selaku pemilik usaha Warung Bangunan di Cilacap yang telah memberikan masukan dan saran dalam proses desain mesin pencetak paving block otomatis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kolawole and J. Odusote, "J estr," no. November 2016, pp. 4–8, 2013, doi: 10.25103/jestr.061.04.
- [2] U. S. Dharma and L. D. Yuono, "Analisa Pengepresan Dengan Sistem Hidrolik Pada Alat Pembuat Paving Block Untuk Perkerasan Lahan Parkir," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: 10.24127/trb.v5i1.121.
- [3] Badan Standar Nasional, "Bata Beton (Paving Block)," *Sni 03-0691-1996*, pp. 1–9, 1996.
- [4] W. Mampearachchi, *Handbook on Concrete Block Paving*. 2019.
- [5] E. M. V. & J. W. Robert L. Mott, *Machine Elements in Mechanical Design 6th Edition*. 2018.
- [6] A. Parr, *Hydraulics and Pneumatics A Technician 's and Engineer 's Guide*. 2011.
- [7] E. Meladiyani, B. Permana, M. Marsudi, and A. Zayadi, "Perancangan Alat Pengangkat Sistem Hidrolik Tipe H Pada Tempat Pencucian Mobil Dengan Kapasitas Maximum 2.5 Ton," *J. Ilm. Giga*, vol. 21, no. 1, p. 33, 2019, doi: 10.47313/jig.v21i1.582.
- [8] N. P. Chironis, *Mechanisms and mechanical devices sourcebook*, vol. 49, no. 07. 2012.
- [9] H. Liu, H. Liu, and J. Lu, "Optimal design of the vibration device of block making machine," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 84–85, pp. 711–714, 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.84-85.711.
- [10] C. Hydraulic, "Technical information Hydraulic cylinder +," p. 2019, 2019.