

PERANCANGAN MESIN PRES *SCRAP FULL MECHANICAL*

Oleh

Rahmat Hidayat ⁽¹⁾

Novi Saksono BM, S.T., M.T. dan Addonis Candra, S.T. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Manufaktur, prodi Teknik Mesin dan Manufaktur

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Manufaktur, POLMAN Bandung

Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135

Phone/Fax: 081364459939

Email: dayaik56@gmail.com

ABSTRAK

Metal scrap yang dihasilkan dari proses pemesinan yang dilakukan mahasiswa selama program praktikum $\pm 2 [m^3/minggu]$ dengan volume penyimpanan yang tersedia hanya $\pm 2 m^3$. Waktu pengiriman *metal scrap* untuk dijual adalah setiap 2 minggu sekali mengakibatkan penumpukan *metal scrap* selama menunggu waktu pengiriman. Upaya yang dilakukan untuk menangani masalah ini yaitu membuat mesin pres yang mampu menekan volume *metal scrap* sehingga dapat menyelesaikan masalah di atas. Metode yang dilakukan untuk melakukan upaya tersebut meliputi: identifikasi masalah serta pengumpulan data-data yang dibutuhkan, kemudian melakukan studi pustaka dari data-data yang telah didapatkan. Dari data tersebut dibuatlah rancangan mesin pres *scrap* dengan tahapan: (1) membuat daftar tuntutan; (2) menentukan fungsi bagian mesin; (3) pembuatan konsep mesin; (4) pembuatan dan pemilihan alternatif rancangan mesin; (5) menghitung kekuatan konstruksi dan validasi rancangan mesin pres *scrap*; (6) pembuatan draft dan dokumen lainnya. Berdasarkan tahapan yang dilakukan, diperoleh rancangan mesin pres *scrap* dengan gaya tekan maksimal 1 [ton] yang mampu memadatkan 1.5 [kg] *metal scrap* dengan dimensi awal $(15 \times 15 \times 80)[cm^3]$ menjadi $(15 \times 15 \times 16)[cm^3]$. Dari perhitungan kekuatan bahan, mesin pres *scrap* dinilai kuat untuk menekan *metal scrap* dengan gaya tekan 1 [ton].

Kata kunci: perancangan, mesin pres, pres *scrap*, *metal scrap*

I. PENDAHULUAN

Politeknik Manufaktur Bandung menerapkan metode PBE (*Production Base Education*) dalam pembelajaran. Melalui metode ini mahasiswa diberikan pengalaman belajar sesuai dengan situasi dan alir kerja industri mulai dari pemesanan material, pembuatan produk, hingga evaluasi dan pengembangan produk. Program pembelajaran dibagi kepada 60% praktikum dan 40% teori. Direalisasikan menjadi 2 minggu praktikum dan 1 minggu teori secara terulang dengan metode *block system* selama tahun ajaran untuk semua kelas sehingga program praktikum terus berjalan secara kontinu. Terdapat tiga pembagian minggu praktek dan teori yaitu praktek-praktek-teori, praktek-teori-praktek,

dan teori-praktek-praktek. Pembagian ini dimaksudkan agar sistem perkuliahan praktek dapat berjalan *continue* dan maksimal, karena setiap mahasiswa bisa mendapatkan fasilitas praktek yang sama perorangnya. Pada minggu praktek, mahasiswa terlibat langsung dalam proses produksi mulai dari perancangan hingga pembuatan.

Pada pembuatan produk dilakukan beberapa proses pemesinan yaitu bubut, frais, bor, gerinda, dan lain lain. Sebagian besar dari proses pemesinan tersebut menghasilkan sisa pemotongan (*metal scrap*). POLMAN mampu menghasilkan $\pm 2 [m^3/minggu]$, dimana nantinya *metal scrap* ini dikirim ke pengepul setiap 2 minggu sekali. Sedangkan tempat penyimpanan yang tersedia hanya 5 drum untuk

metal scrap bubut dengan volume masing-masing $\pm 0.25 [m^3]$ dan 5 drum untuk *metal scrap* frais dengan volume masing-masing $\pm 0.125 [m^3]$, sehingga volume penyimpanan ini tidak dapat menampung seluruh *metal scrap* yang dihasilkan sampai waktu pengiriman dan menyebabkan penumpukan *metal scrap* di ruang penyimpanan secara tidak beraturan. Apabila *metal scrap* ini ditangani secara baik akan memberikan beberapa keuntungan seperti ruang penyimpanan menjadi lebih rapi dan teratur, dijual dengan nilai lebih, dan bisa dijadikan bahan baku pengecoran logam.

Metal scrap dapat dijadikan bahan baku pengecoran logam dengan syarat telah dipadatkan, material sejenis, dan dimensinya lebih kecil dari tanur yang tersedia di Politeknik Manufaktur Bandung. Politeknik Manufaktur Bandung memiliki beberapa tanur dengan ukuran yang bervariasi, dengan diameter terkecil 25 [cm]. Sehingga dimensi *metal scrap* harus lebih kecil dari 25[cm] dan dapat masuk kedalam tanur. Dan ditentukan dimensi *metal scrap* yang telah dipadatkan yaitu $(15 \times 15 \times 16) [cm^3]$.

Berdasarkan masalah diatas maka dibuatlah rancangan mesin pres yang mampu memampatkan volume *metal scrap* agar masalah yang ada dapat diselesaikan.

II. PROSES PERANCANGAN

Metode dan tahapan dalam pembuatan rancangan mesin *press scrap* dengan merujuk kepada latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya. Rancangan dibuat dengan menggunakan metoda perancangan VDI 2222 yang akan dikembangkan tiap proses seperti diagram dibawah ini.

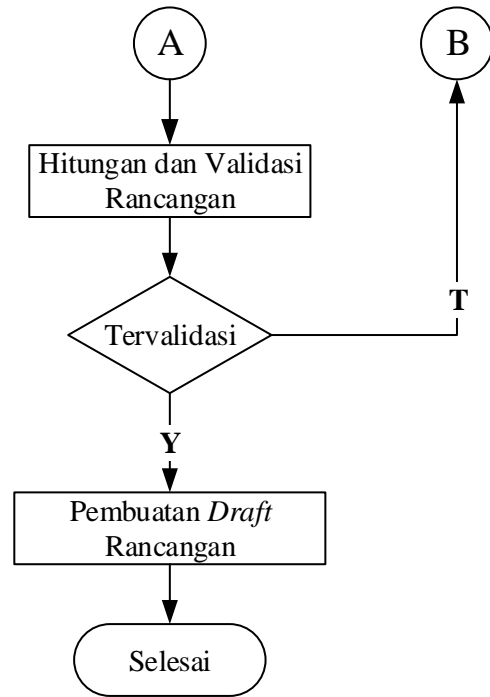
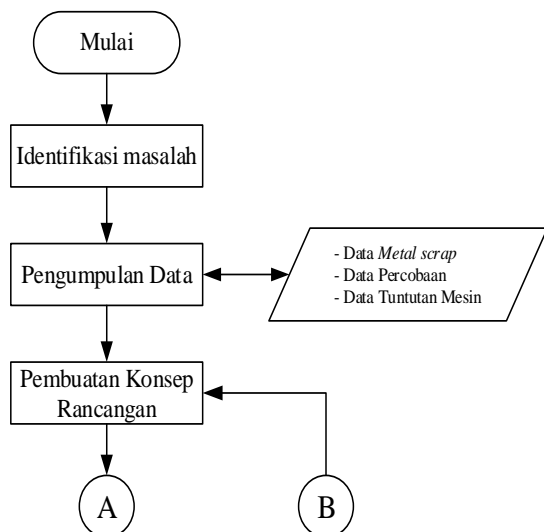


Diagram 2.1 Diagram alir perancangan

Diagram diatas menjelaskan tahapan penulis dalam merancang mesin *press scrap* dimulai dari pengumpulan data yang diperlukan, kemudian mengkaji prinsip kerja mesin yang telah ada. Selanjutnya membuat konsep rancangan dengan hasil kajian dari mesin yang telah ada yang kemudian dianalisa. Jika hasil analisa rancangan baik, maka dilakukan pembuatan draft rancangan, sebaliknya jika hasil analisa rancangan kurang/tidak baik maka proses kembali lagi ke tahapan pembuatan konsep rancangan dan dianalisa lagi hingga hasil dari analisa menunjukkan nilai baik.

2.1 Identifikasi Masalah

Metal scrap hasil dari proses permesinan sangat banyak dengan jumlah $2 \left[\frac{m^3}{minggu} \right]$, sehingga *metal scrap* menimbulkan masalah baru seperti menumpuknya *metal scrap* di lantai ruangan yang terbatas dan juga pengiriman *metal scrap* yang harus dilakukan per 2 minggu sekali agar tidak ada *metal scrap* yang menumpuk di lantai ruangan.

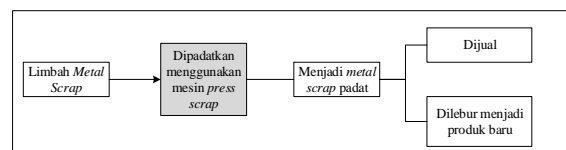


Diagram 2.2 Proses penanganan *metal scrap*

Menanggulangi masalah ini, dibuatlah rancangan mesin *press* yang dapat menekan volume *metal scrap* menjadi lebih kecil sehingga dapat menyelesaikan masalah yang telah disebutkan diatas.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan 3 tahapan yaitu:

1. Diskusi

Diskusi dilakukdan dengan melakukan Tanya jawab dengan dosen pembimbing tentang masalah yang melatar belakangi pembuatan karya tulis ini serta penentuan konsep pembuatan karya tulis.

2. Studi Lapangan

Dilakukan kajian-kajian lapangan tentang proses pemadatan *metal scrap* dengan melakukan percobaan dengan mesin pres yang tersedia di *workshop* POLMAN.

3. Studi Literatur

Dari hasil diskusi serta hasil studi lapangan, dipelajari kaidah-kaidah yang sesuai dengan tema melalui literatur yang tersedia seperti buku panduan, jurnal, dan karya ilmiah lainnya.

2.2.1 Data Metal Scrap

Data *metal scrap* didapatkan dengan percobaan penekanan dengan mesin pres hidrolik yang tersedia. Berikut data yang didapatkan:

Tabel 2.1 Data Percobaan

No	Tonase [Ton]	Berat [kg]	Pemadatan <i>Metal Scrap</i>	
			Sebelum [cm ³]	Setelah [cm ³]
1	1	1.5	15 x 15 x 80	15 x 15 x 16
2	2	1.5		15 x 15 x 15
3	3	1.5		15 x 15 x 14
4	4	1.5		15 x 15 x 13.5
5	5	1.5		15 x 15 x 12

2.2.2 Data Tuntutan Mesin

Dari data *Metal Scrap* diatas, dapat ditentukan tuntutan pembuatan Mesin *Press Scrap* untuk memudahkan dalam pertimbangan rancangan. Berikut merupakan daftar tuntutan mesin yang didapat:

Tabel 2.2 Daftar Tuntutan

No	Kriteria	Spesifikasi
1	Dimensi Metal Scrap tidak padat (awal)	15 x 15 x 80 [cm ³]
2	Dimensi Metal Scrap padat (akhir)	15 x 15 x 16 [cm ³]
3	Tonase yang dibutuhkan untuk penekanan	1000 [kg]
4	Jumlah operator	1 [orang]
5	Arah penekanan	Vertikal
6	Sumber daya	Tenaga Operator

2.3 Konsep Rancangan

Konsep ini didapat menggunakan metoda *blackbox* untuk penentuan fungsi utama mesin, fungsi bagian mesin, dan konsep konstruksi. Hasil dari perancangan konsep dapat berupa konstruksi mesin baik fungsi utama mesin maupun fungsi bagian mesin.

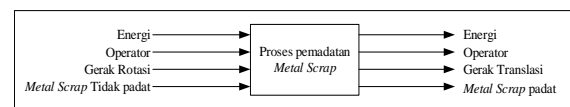


Diagram 2.3 Konsep rancangan mesin

Dari konsep kerja mesin di atas, dijabarkan bebarapa sub-fungsi mesin untuk memudahkan dalam menentukan alternatif rancangan.

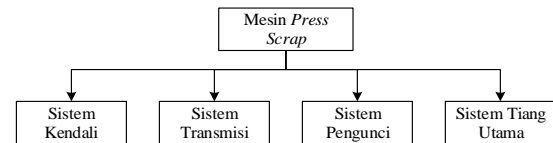




Diagram 2.4 Sub-fungsi konstruksi mesin

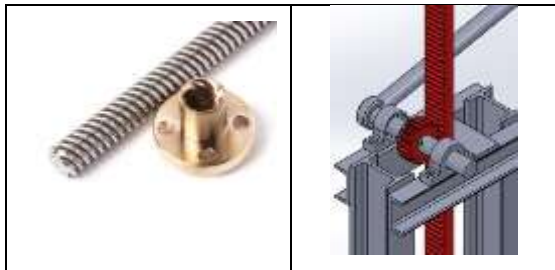
Dari sub-fungsi di atas ditentukan alternatif-alternatif yang sesuai dengan konsep utama mesin

Tabel 2.3 Sistem Kendali

Sistem Kendali	
<i>Handwheel</i>	<i>Lever</i>
	

Tabel 2.4 Sistem Transmisi

Sistem Transmisi	
<i>Power Screw + Nut</i>	<i>Rack + Gear</i>



Tabel 2.5 Sistem Pengunci

Sistem Pengunci	
<i>Ratchet</i>	Pasak

Tabel 2.6 Sistem Tiang Utama

Sistem Tiang Utama	
Tiang utama tunggal	Tiang utama ganda

2.3.1 Pemilihan Alternatif Fungsi Konstruksi

Dari alternatif fungsi bagian yang telah dipaparkan sebelumnya, akan dihubungkan satu dengan yang lainnya berdasarkan kriteria yang ada sehingga membentuk beberapa alternatif fungsi konstruksi. Setelah itu akan dipilih satu konsep rancangan dengan membandingkan beberapa alternatif fungsi konstruksi sebagai berikut:

Tabel 2.7 Alternatif sub-fungsi

Sist. Kendali	<i>Handwheel</i>	A1	Tuas penekan (<i>Lever</i>)	A2
Sist. Transmisi	<i>Power Screw+Nut</i>	B1	<i>Gear+Rack</i>	B2
Sist. Pengunci	<i>Ratchet</i>	C1	Pasak	C2
Sist. Tiang Utama	Tunggal	D1	Ganda	D2

Dari table di atas, penulis membagi menjadi 3 alternatif fungsi konstruksi:

1. AFK 1 = (A2) – (B2) – (C1) – (D2)
2. AFK 2 = (A1) – (B1) – (C1) – (D2)
3. AFK 3 = (A2) – (B2) – (C2) – (D1)

Tabel 2.8 Sistem Pengunci

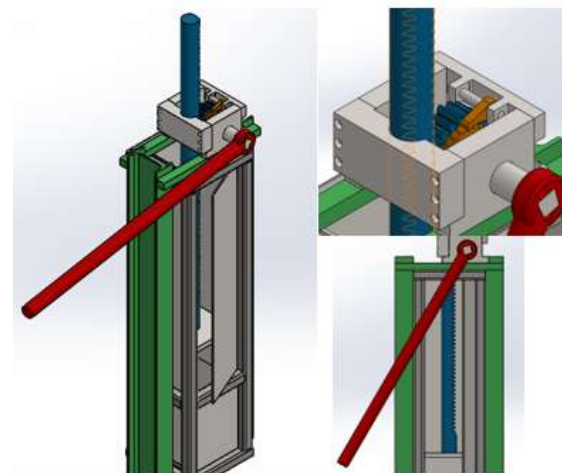
Fungsi Bagian	AFK 1	AFK 2	AFK 3
Sistem kendali	<i>Lever</i>	<i>Handwheel</i>	<i>Lever</i>
Sistem Transmisi	Roda Gigi + <i>Rack</i>	<i>Power Screw</i> + Nut	Roda Gigi + <i>Rack</i>
Sistem Pengunci	<i>Ratchet</i>	<i>Ratchet</i>	Pasak
Sistem Tiang Utama	Ganda	Ganda	Tunggal

2.3.2 Alternatif Fungsi Konstruksi

Alternatif fungsi konstruksi yang diperoleh dari kombinasi fungsi bagian yaitu:

1. Alternatif Fungsi Konstruksi 1

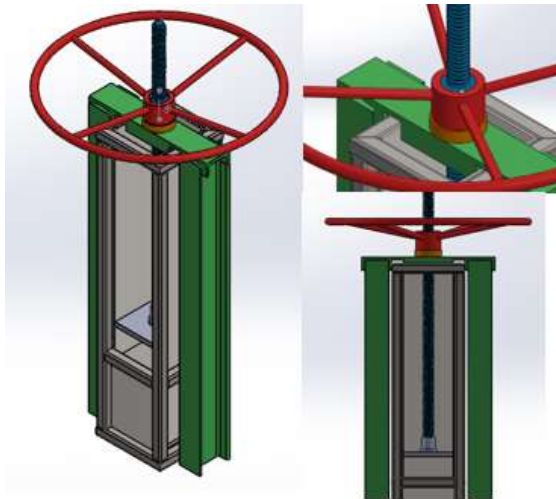
AFK 1 ini menggunakan *lever* sebagai sumber putaran yang di transmisikan dengan roda gigi untuk menggerakkan poros penekan tipe *rack-gear*, dan dikunci dengan sistem *ratchet* sehingga poros hanya bisa bergerak turun. AFK 1 ini menggunakan tiang utama ganda.



Gambar 2.1 AFK 1

2. Alternatif Fungsi Konstruksi 2

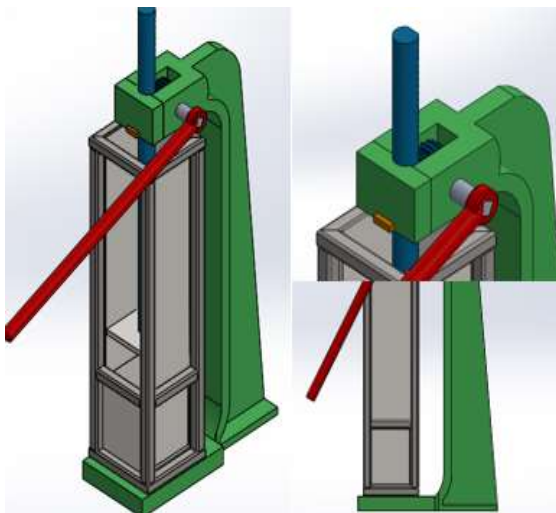
AFK 2 ini menggunakan *handwheel* sebagai sumber putaran yang ditransmisikan dengan *Nut* untuk menggerakkan *power screw* menjadi gerakan translasi, gerakan *power screw* ditahan dengan sistem *ratchet*. AFK 2 ini menggunakan sistem tiang ganda.



Gambar 2.1 AFK 2

3. Alternatif Fungsi Konstruksi 2

AFK 3 ini menggunakan lever sebagai sumber putaran yang di transmisikan dengan roda gigi untuk menggerakkan poros penekan tipe rack-gear, poros penekan dikunci dengan pasak sederhana yang mengunci gerakan poros pada arah naik. AFK 3 ini menggunakan tiang utama tunggal.



Gambar 2.1 AFK 3

2.4 Penilaian Aspek Teknis dan Ekonomis

Pada penilaian aspek teknis dan ekonomis ini dilakukan dengan pemberian nilai 1 sampai 9 terhadap masing-masing alternatif untuk setiap aspek yang dinilai. Nilai tersebut akan dikalikan dengan bobot untuk masing-masing aspek, kemudian diakumulasikan seluruhnya. Nilai yang telah diakumulasikan akan dikonversikan menjadi bentuk persentase.

Tabel 2.9 Penilaian Teknis

No	Aspek Yang Dinilai	Bobot	Alternatif Fungsi Konstruksi			Nilai Ideal				
			AFK 1	AFK 2	AFK 3					
1	Pencapaian Fungsi	7	8	56	8	56	8	56	9	63
2	Konstruksi	4	8	32	7	28	7	28	9	36
3	Pengoperasian	5	7	35	8	40	7	35	9	45
4	Pembuatan	4	7	28	6	24	6	24	9	36
5	Perakitan	3	6	18	6	18	6	18	9	27
6	Perawatan	1	6	6	5	5	7	7	9	9
Nilai Total				175		171		168		216
Persentase Pencapaian				81,02%		79,17%		77,78%		100%

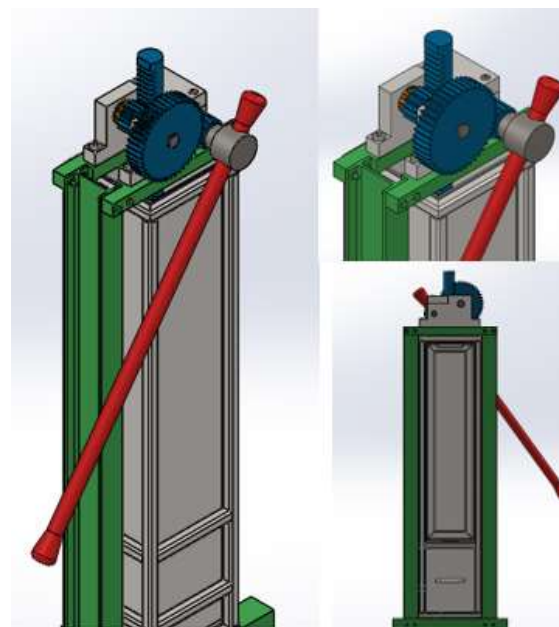
Tabel 2.10 Penilaian Ekonomis

No	Aspek Yang Dinilai	Bobot	Alternatif Fungsi Konstruksi			Nilai Ideal				
			AFK 1	AFK 2	AFK 3					
1	Biaya Pembuatan	6	8	48	7	42	7	42	9	54
2	Biaya Perawatan	3	7	21	8	24	7	21	9	27
3	Optimasi Form Standard	2	7	14	7	14	6	12	9	18
Nilai Total				83		80		75		99
Persentase Pencapaian				83,84%		80,81%		75,76%		100%

Hasil yang didapatkan dari pemberian nilai berdasarkan aspek teknis dan ekonomis pada masing-masing alternatif diatas menunjukkan bahwa Alternatif Fungsi Konstruksi 1 (AFK 1) memiliki presentase yang paling tinggi daripada AFK 2 dan AFK 3.

2.5 Konsep Konstruksi Terpilih

Konsep mesin yang dipilih berdasarkan penilaian di atas yaitu Alternatif Fungsi Konstruksi 1. Dengan rancangan yang lebih detail sebagai berikut:



Gambar 2.4 AFK Terpilih

2.6 Pembuatan Rancangan Mesin

Pada tahapan perancangan mesin ini, akan dibuat gambar konstruksi untuk setiap fungsi bagian dari konsep yang telah dipilih, kemudian dibuat gambar mesin berskala dengan batasan ruang, pengembangan layout dan konstruksi hubungan pada setiap fungsi bagiannya sehingga dapat mencapai fungsi utama mesin. Layout ini kemudian dioptimasi dan disempurnakan rancangan berikutnya, diperiksa dari kesalahan dan faktor pengganggu dan dibuatkan daftar bagiannya. Hasil akhir tahapan ini adalah draft rancangan konstruksi fungsi bagian dan konstruksi mesin.

III. HITUNGAN DAN VALIDASI RANCANGAN

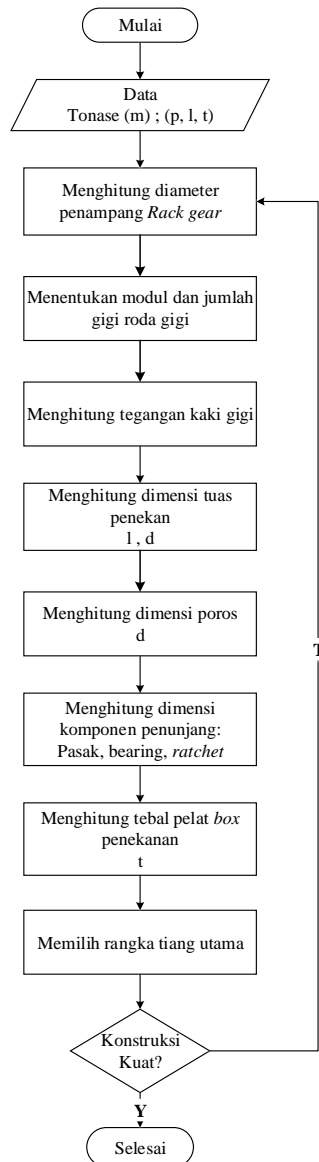
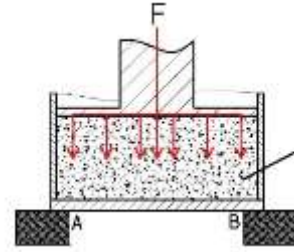


Diagram 3.1 Proses perhitungan dan validasi

A. Hitungan Kekuatan Konstruksi

1. Gaya Tekan

Berikut adalah ilustrasi penekanan *metal scrap*



Gambar 3.1 Pemodelan gaya penekanan

Mengacu pada Hukum Newton II, maka dapat dihitung nilai gaya penekanan yang terjadi, yaitu mengalikan tonase penekanan dengan percepatan gravitasi bumi

$$F^t = m \times g = 1000 \text{ [kg]} \times 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F^t = 9810 \text{ [N]}$$

2. Geometri Roda gigi

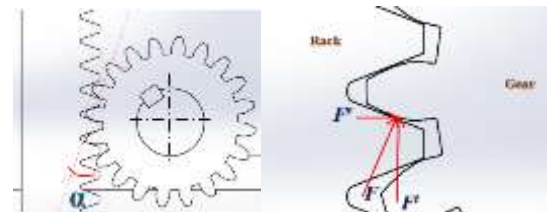
Nilai modul dan jumlah gigi yang digunakan adalah

- Modul $m = 3 \text{ [mm]}$
- Jumlah gigi $z = 15 \text{ [gigi]}$

Dimensi roda gigi

- Diameter pitch $d = m \times z = 45 \text{ [mm]}$
- Circular pitch $p = m \times \pi = 9.42 \text{ [mm]}$
- Tinggi gigi $h = a + b = 6.75 \text{ [mm]}$
- Tebal gigi $s = p/2 = 4.71 \text{ [mm]}$

3. Distribusi Gaya Roda Gigi



Gambar 3.2 Distribusi gaya pada roda gigi

Dari model di atas, diketahui nilai:

$$F_1^t = 9810 \text{ [N]}$$

$$\alpha = 20 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Dari nilai diatas, dapat ditentukan nilai gaya normal dan gaya radial yang terjadi pada roda gigi dan rack

$$F_1 = \frac{F^t}{\cos 20^\circ} = 10439.58 \text{ [N]}$$

$$F_1^r = F^t \times \tan 20^\circ = 3570.55 \text{ [N]}$$

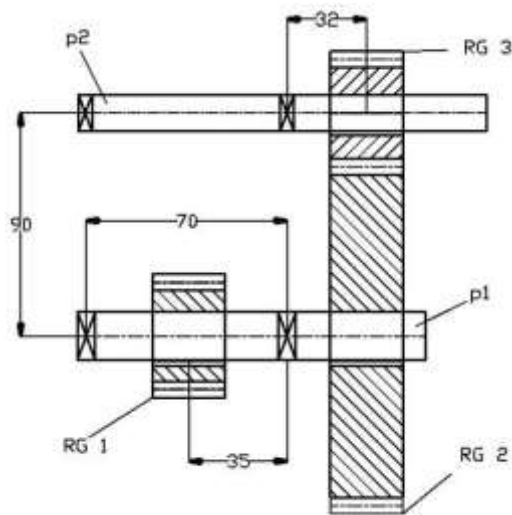
Maka nilai torsi yang terjadi pada roda gigi,

$$T_1 = F_1^t \times \frac{d}{2}$$

$$T_1 = 9810 \text{ [N]} \times \frac{45 \text{ [mm]}}{2}$$

$$T_1 = 220725 \text{ [Nmm]}$$

Konstruksi sistem transmisi roda gigi menggunakan 3 buah roda gigi untuk mereduksi torsi, berikut model transmisi roda gigi



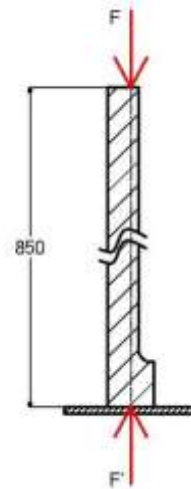
Gambar 3.3 Konstruksi transmisi roda gigi

Nilai gaya dan torsi pada masing-masing roda gigi dijelaskan pada tabel berikut sesuai dengan perhitungan di atas

Tabel 3.1 Nilai masing-masing roda gigi

		RG 1	RG 2	RG 3
m	[mm]	3	3	3
z	-	15	45	15
d	[mm]	45	135	45
T	[Nmm]	220725	220725	73575
F^t	[N]	9810	3270	3270
F^r	[N]	357.5	1190	1190

4. Diameter Rack-gear



Gambar 3.4 Gaya tekan pada rack

Panjang efektif kolom (rack)

$$Le = 0.7 \times 850 \text{ [mm]} = 595 \text{ [mm]}$$

Nilai kelangsingan minimum untuk material AISI 4340 yaitu

$$Le/k = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 200000 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}{496 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}} = 63$$

nilai diameter penampang rack

$$k = \frac{d}{4}$$

$$\frac{Le}{k} = \frac{Le}{(d/4)} = 63$$

Maka persamaan untuk nilai diameter

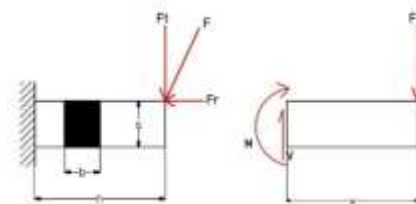
$$d = \frac{4Le}{63}$$

Maka nilai d minimum adalah

$$d = \frac{4 \times 595 \text{ [mm]}}{63} = 37.8 \text{ [mm]}$$

5. Tegangan Kaki Gigi

Tegangan kaki gigi dihitung berdasarkan analisa dimana gigi diasumsikan sebagaimana batang kantilever. Berikut pemodelan gaya yang diterima roda gigi



Gambar 3.5 Ilustrasi gigi roda gigi

- Tegangan yang diterima gigi yaitu:
- Tegangan bengkok dan tegangan geser akibat gaya tangensial

$$M = F^t \times h = 66217.5 \text{ [Nmm]}$$

$$V = F^t = 9810 \text{ [N]}$$

$$\sigma_{mb} = \frac{6M}{bs^2} = \frac{6 \times 66217.5}{30 \times 4.71^2} = 596.9 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{ges} = \frac{3V}{2A} = \frac{3 \times 9810}{2 \times 30 \times 4.71} = 72.67 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

- Tegangan tekan akibat gaya radial

$$\sigma_t = \frac{F^r}{A} = \frac{3570.5}{30 \times 4.71^2} = 5.4 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Karena nilai tegangan tekan yang terjadi sangat kecil, maka dapat diabaikan.

- Tegangan maksimum

$$\tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{mb})^2 + 4\tau^2} = \sqrt{596.9^2 + 4(72.67^2)} = 307.2 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Dari nilai tegangan gabungan diatas, dapat diperiksa apakah kaki gigi kuat menerima tegangan yang terjadi dengan menggunakan material 1.6582(HT)

$$\frac{\tau_p}{\tau_{act}} = \frac{482.5 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}{307.2 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]} \geq SF$$

$$1.57 \geq 1.25$$

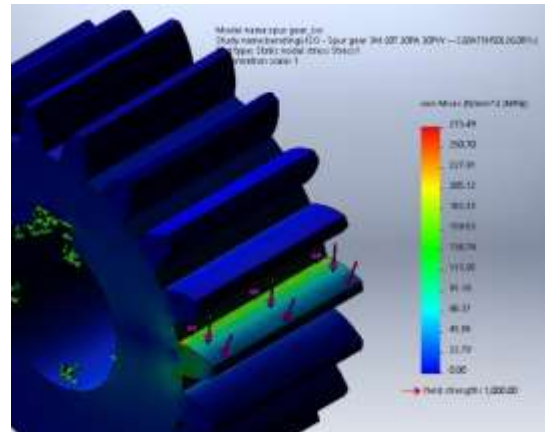
Dari nilai diatas, dapat disimpulkan gigi dengan modul 3 aman menerima tegangan akibat proses penekanan yang terjadi.

B. Analisa Kekuatan Kaki Gigi

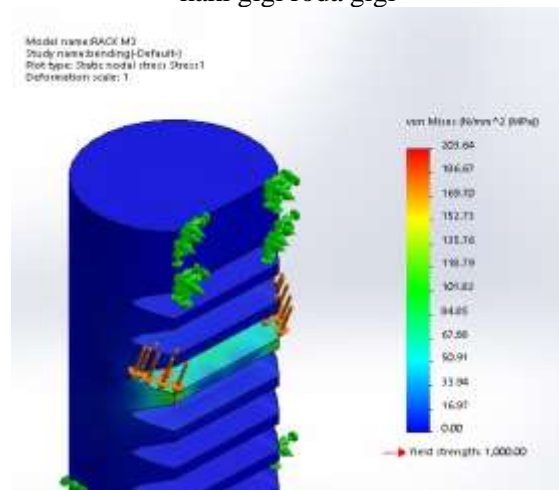
Kekuatan kaki gigi sebagaimana yang telah dihitung sebelumnya didapatkan bahwa nilai tegangan yang terjadi pada kaki gigi yaitu $307.2 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$. Berdasarkan perhitungan kekuatan bahan disimpulkan gigi dengan modul 3 aman dan mampu menahan tegangan yang terjadi. Berikut simulasi kekuatan kaki gigi dengan menggunakan simulasi *software* SolidWork dengan data awal:

- Jenis *Study* : *Static*
- Fixed geometri* :
-permukaan diameter dalam dari roda gigi
-permukaan diameter luar dan permukaan sisi alas dari *rack*

- External Force* : 9810 [N] diberikan pada permukaan gigi



Gambar 3.6 Hasil simulasi tegangan pada kaki gigi roda gigi



Gambar 3.7 Hasil simulasi tegangan pada kaki gigi *rack*

Dari hasil simulasi di atas, didapatkan tegangan maksimum terjadi pada kaki gigi dengan nilai $273.49 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$ pada roda gigi dan $203.64 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$. Nilai ini berbeda jika dibandingkan dengan hasil perhitungan karena pada simulasi gaya yang diberikan merata diseluruh permukaan, sedangkan untuk perhitungan gaya diberikan pada titik terjauh dari kaki gigi.

IV. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- Dari penentuan rancangan menggunakan metode VDI 2222, dengan penilaian atas aspek teknis dan ekonomis didapatkan alternatif rancangan terbaik yaitu alternatif fungsi konstruksi (AFK) 1.

2. Dari pengambilan data dan perancangan, mesin mampu mengurangi volume *metal scrap* sebesar 80% dari 18000 [cm³] menjadi 3600 [cm³].
3. Dari perhitungan kekuatan bahan serta simulasi rancangan dengan *software*, maka konstruksi rancangan yang dibuat disimpulkan aman.

4.2 Saran

1. Melakukan optimalisasi terhadap sub fungsi rancangan mesin pres *scrap* dengan pertimbangan ergonomik yakni untuk efisiensi dan kenyamanan dalam pengoperasian.
2. Merealisasikan rancangan mesin pres yang telah dibuat agar dapat digunakan di POLMAN serta menyelesaikan masalah yang melatar belakangi dibuatnya karya tulis ini.
3. Pengkajian lebih jauh mengenai pertimbangan rancangan mesin secara efektif dan efisien terhadap ruang kerja serta biaya.

REFERENSI

1. Budynas, RG., Nisbeth, JK., 2015. *Mechanical Engineering Design 8th edition*. McGraw-Hill Inc.
2. Khurmi, RS., Gupta, JK., 2015. *A Text Book of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House LTD.
3. Wittel, Herbert, ... [et al], 2013. *Roloff /Matek Maschinenelemente*. 21st Auflage. Braunschweig: Springer Vieweg.
4. Meriam, JL., Kraige, LG., 2006. *Engineering Mechanics STATICS 7th edition*. John Wiley & Sons Inc.
5. ASM Handbook Volume 1, 2005. *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*. USA: ASM International.
6. Davis, JR., 2005. *Gear Material, Properties, and Manufacture*. USA: ASM International.
7. Beer, Ferdinand, ... [et al], 2012. *Mechanics of Material 6th edition*. McGraw-Hill Inc.
8. Shigley, JE., Mischke, CR., 1996. *Standard Handbook of Machine Design 2nd edition*. MCGraw-Hill Inc.
9. SKF Bearing, 2013. *SKF Rolling Bearing Catalogue*. Germany: SKF Group.