

ANALISIS KEKUATAN SHAFT PENYANGGA COLUMN UNIT INJEKSI PADA MESIN MINI MANUAL VERTIKAL INJEKSI PLASTIK MENGGUNAKAN METODE BUCKLING

Beno Vandilla A. S.^{1*}, Benedictus Baskoro², Abednego Christian A.H.³

L.Sumadi⁴, Atika Wahyuningsih⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: laurentius.sumadi@atmi.ac.id

Abstrak

Mesin mini manual vertikal injeksi plastik adalah mesin yang dibuat untuk mengatasi permasalahan sampah botol plastik dan sebagai sarana untuk edukasi masyarakat mengenai salah satu pemanfaatan limbah botol plastik menjadi barang daur ulang yang lebih bernilai. Salah satu unit pada mesin mini manual vertikal injeksi plastik adalah unit injeksi yang berfungsi untuk menginjeksikan material plastik yang sudah dipanaskan didalam barrel dan akan didorong ke dalam cetakan. Salah satu komponen kritis pada unit injeksi adalah shaft penyangga column unit injeksi yang berfungsi untuk menyangga unit injeksi pada mesin mini manual vertikal injeksi plastik. Oleh karena itu analisis kekuatan shaft penyangga ini sangat penting untuk memastikan keamanan dan kekuatan untuk menahan beban selama proses injeksi plastik, sehingga mencegah terjadinya deformasi atau kegagalan yang dapat mengganggu proses injeksi. Metode analisis kekuatan shaft penyangga column unit injeksi menggunakan metode perhitungan buckling, metode ini digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan shaft akibat beban aksial dengan mempertimbangkan dimensi dan material dari shaft penyangga column. Hasil dari analisis ini untuk mengetahui kekuatan dari shaft penyangga unit column pada mesin mini manual vertikal injeksi agar aman dan dapat digunakan untuk proses injeksi dengan baik. Setelah melakukan analisis menggunakan metode perhitungan column, maka dapat disimpulkan bahwa desain, material dan dimensi shaft penyangga column masuk kriteria aman karena nilai modulus elastisitas yang didapat dari perhitungan sebesar $90229,21 \text{ N/mm}^2$ masih di bawah batas aman dari modulus elastisitas material VCL sebesar 210000 N/mm^2

Kata kunci: *Injeksi, Shaft Penyangga, Column, Plastik, Vertikal Injeksi*

1. PENDAHULUAN

Mesin mini manual vertikal injeksi plastik adalah mesin yang dibuat untuk mengatasi permasalahan sampah botol plastik dan sebagai sarana untuk edukasi masyarakat mengenai salah satu pemanfaatan limbah botol plastik menjadi barang daur ulang yang lebih bernilai. Salah satu unit pada mesin mini manual vertikal injeksi plastik yaitu unit injeksi yang berfungsi untuk menginjeksikan material plastik yang sudah dipanaskan didalam barrel dan akan didorong ke dalam cetakan.

Salah satu komponen kritis dalam mesin injeksi adalah shaft penyangga column unit injeksi yang berfungsi untuk menyangga unit injeksi pada mesin mini manual vertikal injeksi plastik. Oleh karena itu analisis kekuatan shaft penyangga ini sangat penting untuk memastikan keamanan dan kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang dihasilkan selama proses injeksi plastik, sehingga mencegah terjadinya deformasi atau kegagalan yang dapat mengganggu proses injeksi

Dari permasalahan di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan muncul dalam membuat shaft penyangga column unit, antara lain : proses pembuatan shaft, yaitu jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan shaft, alat dan mesin yang digunakan, dan bagaimana urutan proses pembuatan yang baik dan benar. uji fungsional dan uji kinerja shaft pada mesin dan pada proses terakhir harus menunjukkan bahwa shaft aman digunakan dan dapat berfungsi dengan baik.

1.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kekuatan *shaft* penyangga terhadap gaya *statis*.
2. Membuktikan hasil analisis *column* dengan tumpuan rancangan *shaft* penyangga tidak melebihi modulus elastisitas.
3. Membuktikan bahwa desain *shaft* penyangga aman untuk digunakan.

2. METODOLOGI

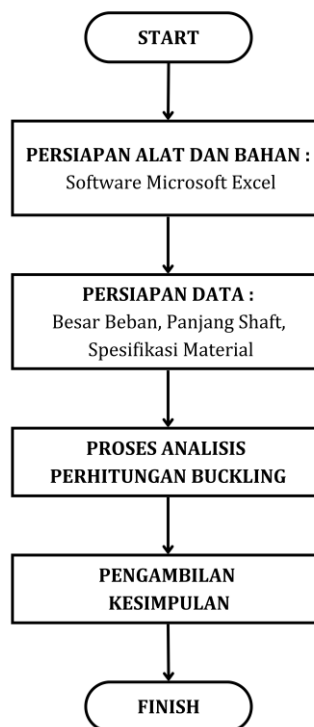
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis menggunakan perhitungan matematis, yaitu menggunakan perhitungan *column* metode ini digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan *shaft* akibat beban aksial dengan mempertimbangkan dimensi dan material dari *shaft* penyangga *column*. Lalu dari hasil identifikasi atau analisis perhitungan tersebut dilakukan proses pengambilan kesimpulan dengan membandingkan tebal *shaft column* minimal material VCL yang diperbolehkan dari perhitungan, apakah lebih rendah dari tebal *shaft column* material VCL yang digunakan. Metode analisis kekuatan *shaft* penyangga *column* unit injeksi menggunakan metode perhitungan *buckling*, metode ini digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan *shaft* akibat beban aksial dengan mempertimbangkan dimensi dan material dari *shaft* penyangga *column* tersebut.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

2.3. Persiapan Alat dan Bahan

1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan *laptop/PC* dengan jenis *processor Intel(R) Core(TM) i5-9300H CPU @2.40GHz (8 CPUs)* dan memori minimal *RAM size 8 GB*. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file seperti yang tertera pada **gambar 1**.

2. Software

Proses analisis perhitungan kekuatan *shaft penyangga column* menggunakan *software Microsoft Excel* dengan mengaplikasikan rumus perhitungan *buckling* dengan mempertimbangkan dimensi dan material yang digunakan pada *shaft penyangga unit column*.

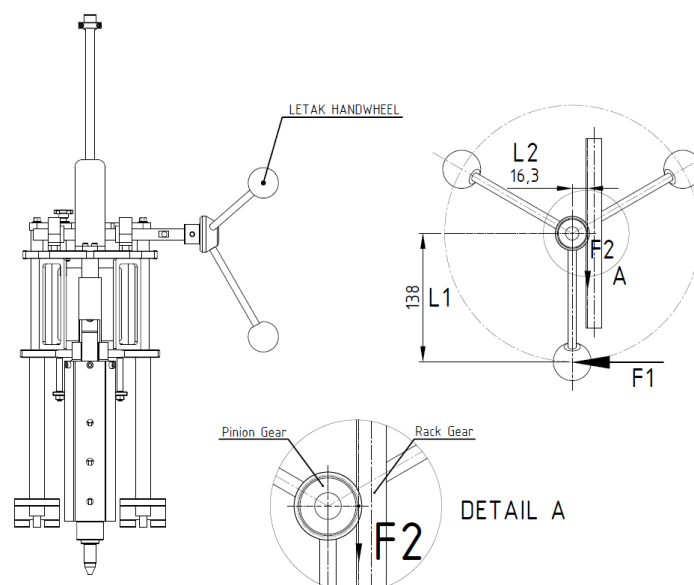
2.4. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan wawancara dan konsultasi dengan *customer* dan pembimbing tugas akhir serta diskusi dengan anggota kelompok tugas akhir, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan perhitungan *buckling*. Selain melalui wawancara dan konsultasi serta diskusi, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Shaft penyangga column unit injeksi dari mesin mini manual vertikal injeksi plastik akan dianalisis kekuatannya untuk mengetahui apakah *shaft* tersebut cukup kuat dalam menahan beban unit *column* dan beban dari proses injeksi. Pada penelitian ini fokus utamanya adalah melakukan analisis pada *shaft penyangga column* unit injeksi menggunakan metode perhitungan dengan menggunakan material *VCL* dan membandingkan modulus elastisitas dari perhitungan dengan modulus elastisitas dari material yang digunakan. Hasil dari analisis ini untuk mengetahui kekuatan yang menentukan kualitas *shaft* tersebut aman dan dapat digunakan pada mesin mini manual vertikal injeksi plastik.

3.1. Data-Data Perhitungan Gaya Injeksi



Gambar 2. Gaya Injeksi

F1	=	120 N
L1	=	138 mm
L2	=	16,3 mm

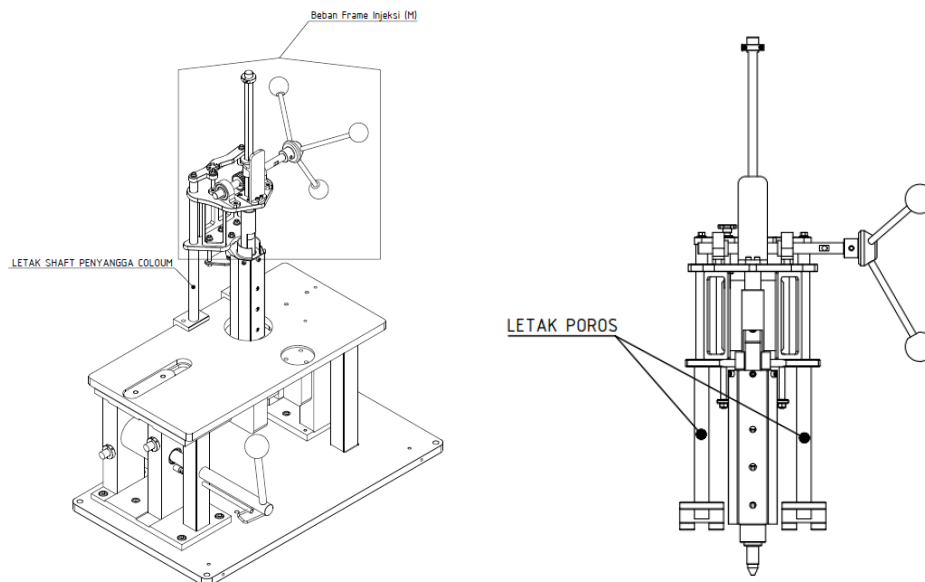
Dari data tersebut diketahui beban dan panjang *shaft* yang akan dijadikan data untuk analisis menggunakan metode perhitungan *column* dengan tumpuan.

3.2. Hasil Perhitungan Gaya Injeksi

$$\begin{aligned}
 F_1 \times L_1 &= F_2 \times L_2 \\
 F_2 &= \frac{F_1 \times L_1}{L_2} \\
 F_2 &= \frac{120 \times 138}{16,3} \\
 F_2 &= 1015,95 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan gaya injeksi pada mesin manual vertikal injeksi plastik sebesar 1015,95 N, hasil data perhitungan tersebut akan dijadikan data untuk analisis menggunakan metode perhitungan *buckling* dengan tumpuan.

3.3. Data-Data Perhitungan *Buckling* dan *Column* dengan Tumpuan

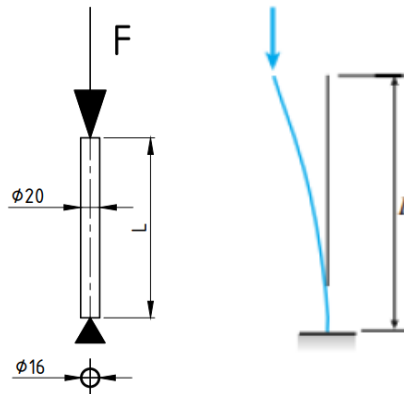


Gambar 3. Shaft Penyangga Column Unit Injeksi

Beban Frame Injeksi (M)	=	6 Kg
Gaya Injeksi (F2)	=	1016 N
Panjang Shaft (L)	=	400 mm
Diameter Luar (dl)	=	20 mm
Diameter Dalam (dd)	=	16 mm
Jari-Jari Luar (rl)	=	10 mm
Jari-Jari Dalam (rd)	=	8 mm
Angka Keamanan (n)	=	3
Gravitasi (g)	=	9,81 m/s ²
Jumlah Penyangga (n)	=	2
Material	=	VCL
Modulus Elastisitas (E)	=	210000 N/mm ²

Dari data tersebut diketahui beban, panjang *shaft*, diameter *shaft* dan material dari *shaft* penyangga yang akan dijadikan data untuk analisis menggunakan metode perhitungan *buckling* dan *column* dengan tumpuan.

3.4. Hasil Perhitungan *Column* dengan Tumpuan



Gambar 4. Sketsa *Column* yang Dibebani Jepit-Bebas

Untuk kolom berujung jepit-sendi, beban kritisnya adalah :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \quad L_e = 2L \quad (a)$$

Dengan I adalah momen inersia penampang lingkaran berlubang :

$$\text{Inersia (i)} = \pi/2 \times [(d)^4 - (d - 2t)^4]$$

Dengan mensubstitusikan $d = 20 \text{ mm}$ (atau $0,02 \text{ m}$), diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Inersia (i)} &= \pi/2 \times [(d)^4 - (d - 2t)^4] \\ &= \pi/2 \times [(0,02)^4 - (0,02 - 2t)^4] \end{aligned} \quad (b)$$

Menghitung F sebagai gaya atau beban yang diberikan oleh frame unit injeksi :

$$\begin{aligned} F \text{ (Gaya Unit Injeksi)} &= (M \times g) / \text{Jml. Column} \\ &= (6 \times 9,81) / 2 \\ &= 58,86 \text{ N} / 2 \\ &= 29,43 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung F. total sebagai gaya atau beban keseluruhan yang diberikan oleh frame unit injeksi baik diam maupun saat terjadi proses injeksi :

$$\begin{aligned} F. \text{ total} &= [F + (F2 / \text{Jml. Column})] \\ &= [29,43 + (1015,95 / 2)] \\ &= (29,43 + 507,975) \\ &= 537,405 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena beban per *column* adalah $537,405 \text{ N}$ dan faktor keamanan adalah 3, maka tiap *column* harus didesain terhadap beban kritis :

$$\begin{aligned}
 Pcr \text{ (Gaya Kritis)} &= F.\text{total} \times n \\
 &= 537,405 \times 3 \\
 &= 1.612,215 \text{ N}
 \end{aligned} \tag{c}$$

Substitusikan persamaan (b) dan (c) ke dalam persamaan (a) sehingga diperoleh :

$$1.612,215 = (\pi^2 \times 21 \times 10^4 / 4(400)^2) \times [\pi/2 \times [(0,02)^4 - (0,02 - 2t)^4]$$

Jika diselesaikan, akan diperoleh $t = 3,548$ mm. Sehingga tebal minimum yang dibutuhkan *column* adalah

$$\text{Tebal minimum} = 3,548 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan tebal minimal material yang harus digunakan dengan material *VCL* atau *Alloy steel* sebesar 3,548 mm. Hasil data perhitungan tersebut akan dijadikan data untuk analisis kekuatan *shaft* penyangga *column* unit injeksi.

3.5. Hasil Perhitungan *Buckling*

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan} &= \pi \times [(rl)^2 - (rd)^2] \\
 &= \pi \times [(10)^2 - (8)^2] \\
 &= 113,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Inersia (i)} &= \frac{\pi}{64} \times [(dl)^4 - (dd)^4] \\
 &= \frac{\pi}{64} \times [(20)^4 - (16)^4] \\
 &= 4634,640 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ (Gaya Unit Injeksi)} &= (M \times g) / \text{Jml. Column} \\
 &= (6 \times 9,81) / 2 \\
 &= 29,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F.\text{total} &= [F + (F2 / \text{Jml. Column})] \\
 &= [29,43 + (1015,95 / 2)] \\
 &= (29,43 + 507,975) \\
 &= 537,405 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pcr \text{ (Gaya Kritis)} &= F.\text{total} \times n \\
 &= 537,405 \times 3 \\
 &= 1.612,215 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E \text{ (modulus elastis)} &= (Pcr \times (4L)^2) / (\pi^2 \times i) \\
 &= (1.612,215 \times (4 \times 400)^2) / (\pi^2 \times 4634,640) \\
 &= 90229,21 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan gaya injeksi pada mesin manual vertikal injeksi plastik sebesar 90229,21 N/mm², hasil data perhitungan tersebut akan dijadikan data untuk analisis kekuatan *shaft* penyangga *column* unit injeksi.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis menggunakan metode perhitungan *column* dengan tumpuan maka dapat disimpulkan bahwa desain *shaft* penyangga *column* unit injeksi memiliki hasil analisis sebagai berikut : Tebal minimum = 3,548 mm, tebal *shaft* pada mesin =

4 mm. Dari hasil perhitungan tersebut, nilai Tebal minimum material yang didapatkan tidak melebihi nilai tebal *shaft coloum* yang digunakan pada mesin. Dan hasil analisis *buckling* sebagai berikut : Modulus elastisitas perhitungan = $90229,21 \text{ N/mm}^2$, Modulus elastisitas material VCL = 210000 N/mm^2 . Dari hasil perhitungan tersebut, nilai modulus elastisitas yang didapatkan tidak melebihi nilai modulus elastisitas material VCL. Maka dapat disimpulkan *shaft* penyangga *column* unit injeksi masih aman dihitung dari penampang *column* atau tebal dinding *column* dan nilai modulus elastisitas yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiharto, R., Krismawanto, T., Hakim, A. R., & Komara, A. I. STUDI RANCANG BANGUN MESIN BENCHTOP INJECTION MOLDING SEBAGAI ALETRNATIF PENGOLAHAN LIMBAH BOTOL PLASTIK.
- Hendra, H., Indriani, A., Hernadewita, H., Mardian, A., Kholik, N., Rispani, R., & Suhartini, Y. (2021). Analisis tegangan pada struktur mesin pencacah plastik menggunakan metode elemen hingga (MEH) dan uji kerja mesin pencacah plastik. METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal, 5(1), 9-16.
- Hudaya, A. Z., Ajie, M. G. P., & Qomaruddin, Q. (2023). Studi analitik dan simulasi buckling pada komponen Pull Rod menggunakan Metode Elemen Hingga. Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi, 15(1), 67-78.
- Welta, Z. J. (2022). RANCANG BANGUN PLASTIC INJECTION MOULDING (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Firmansyah, Fikky, I. Aris Hendaryanto, S.T., M.Eng, 2021, Laporan Tugas Akhir PERANCANGAN DAN PEMBUATAN CHECKING FIXTURE COVER GENOSE C-19 DI PT YOGYA PRESISI TEHNIKATAMA INDUSTRI, Universitas Gajah Mada.
- Mahardhika, G. C., Wibowo, A., DS, Y. A., & Muhammad, M. N. (2020). Analisis Statis Konstruksi Rangka Unit Silo pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer. *Jurnal ATMI*.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299-306.
- Prasetyo, G., Riyanto, F. S. A., & Kurnia, Y. A. C. (2021). HASIL ANALISIS CAE KEKUATAN FRAME UNTUK MENAHAN UNIT POWDERING PADA PERANCANGAN MESIN EKSTRUSI PENGOLAH PLASTIK BIO-ORGANIK BERBAHAN DASAR SINGKONG DAN GLISEROL. *IMDeC*, 358-358.
- Purohita, H. V., Istimur, L. H., & Saputra, V. (2021). ANALISIS DAYA TAHAN DAN KEKUATAN FRAME MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS PADA RANCANGAN MESIN PENGOLAH LIMBAH KARDUS MENJADI PAPAN PENGGANTI KAYU. *IMDeC*, 337-337.
- Setiyawan, Y. M. Astomo., Riyanto FX S. A., Rusmalasari P., Agamas, L. S., Wijayanto, M. I., (2022). ANALISIS KEKUATAN COVER MESIN CNC ROUTER 3 AXIS MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS, Vol 4 *IMDeC*.