

## **Perancangan Ulang dan Analisa Mesin Benchtop Injection Molding dengan Metode VDI 2222**

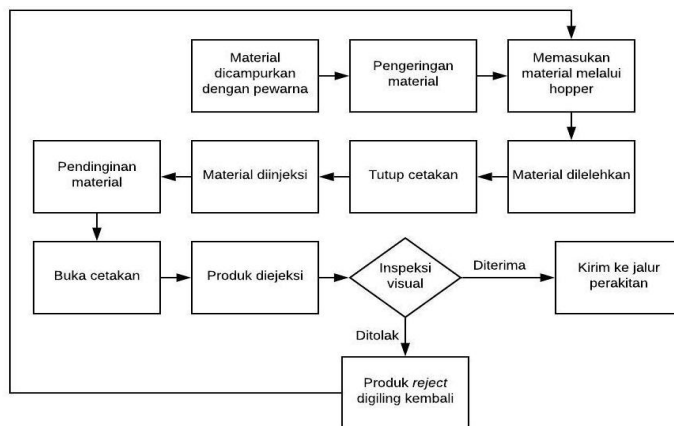
Riky Adhiharto, Adel Bangun Nusantoro, Asep Indra Komara, Dadan Heryada Wigenaputra  
Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: riky@de.polman-bandung.ac.id

<b>Informasi Artikel:</b>	<b>ABSTRAK</b>
<i>Received:</i> 31 Agustus 2023	Cetakan injeksi adalah proses dimana plastik dipanaskan hingga melunak untuk mengisi cetakan tertutup dan membentuk suatu produk. Salah satunya yaitu benchtop injection molder dimana mesin tersebut sebelumnya yang sudah dibuat di POLMAN memiliki permasalahan yaitu pada struktur rangka utama dan mekanisme injeksi yang kurang kokoh saat proses injeksi dan sistem pemanas yang mengalami overheat. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan perancangan ulang dan analisa pada mesin benchtop injection molder existing. Metodologi perancangan yang dipakai adalah VDI 2222, yaitu metodologi desain konsep teknis yang cocok untuk pengembangan produk. Simulasi Heat Transfer pada rancangan existing dan rancangan terbaru menggunakan Software COMSOL dengan parameter geometri, material, temperature, inlet dan outlet fluida, serta mesh. Didapatkan hasil penyebaran panas tidak merata hingga tengah pada barrel existing di suhu 4600K, sedangkan barrel yang baru penyebaran panas merata hingga tengah pada 4730K pada detik ke 10. Mesin terbaru memiliki berat 17,78 kg, dimensi 775 x 266 x 426 mm, kapasitas barrel 19 gram dengan frame aluminium dan pemasangan band heater yang rapat.
<i>Accepted:</i> 14 Oktober 2023	
<i>Available:</i> 15 Oktober 2023	
<b>Kata Kunci:</b>	<b>ABSTRACT</b>
Benchtop Injection Molding Band Heater VDI2222 CAE	<i>Injection molding is a process by which plastic is heated until it softens to fill a closed mold and form a product. One of them is the benchtop injection molder, where the machine that was previously made at POLMAN had problems, namely the main frame structure and injection mechanism which was less sturdy during the injection process and the heating system which overheated. Based on these problems, a redesign and analysis was carried out on the existing benchtop injection molder machine. The design methodology used is VDI 2222, which is a technical concept design methodology suitable for product development. Heat Transfer Simulation on existing and latest designs using COMSOL Software with geometry, material, temperature, fluid inlet and outlet, and mesh parameters. The results obtained were uneven heat distribution to the middle of the existing barrel at a temperature of 4600K, while the new barrel had an even heat distribution to the middle at 4730K at the 10th second. The latest machine weighs 17.78 kg, dimensions 775 x 266 x 426 mm, barrel capacity 19 grams with an aluminum frame and tight band heater installation.</i>

## 1 PENDAHULUAN

Cetakan injeksi merupakan proses dimana bahan plastik dipanaskan hingga menjadi cukup lunak untuk mengisi cetakan tertutup, dimana bahan tersebut nantinya mendingin hingga memadat dan membentuk produk tertentu, sesuai dengan proses seperti pada Gambar 1. Cetakan injeksi termasuk bagian utama dari industri plastik dan merupakan prospek bisnis yang cukup besar. Peralatan dan produk industri banyak sekali terbuat dari material plastik. Plastik sebagai peralatan dan produk industri banyak digunakan, di mana memiliki fitur penting seperti ketangguhan, ketahanan korosi, sifat antilengket, kemampuan isolator listrik, dan transparansi (Rosato, 2000).



Gambar 0. Proses *Injection Molding*

Mesin horizontal injection molding merupakan standar pertama dari berbagai macam mesin *injection molding dalam plastic manufacturing*. Berbagai jenis mesin *injection molding* dimana salah satunya adalah *vertical injection molding*, mesin ini memiliki kelebihan yang dimanfaatkan oleh produsen plastik. Kelebihan dari *vertical injection molding* adalah pada *insert mold* mudah diletakkan, cepat dan nyaman serta tanpa khawatir *insert mold* tidak selaras (Aberdeen, 2019). Mesin ini hemat tempat sehingga tidak membutuhkan lahan yang luas. Hasil produk yang bisa dibuat oleh *vertical injection molding* diantaranya produk-produk sederhana seperti gantungan kunci, pot tanaman, hiasan dinding, dan sebagainya.

Perancangan ulang dan analisa pada mesin *benchtop injection molder* berawal dari adanya permasalahan yang terjadi pada mesin existing, yaitu pada fungsi rangka dan mekanisme injeksi yang tidak kokoh saat proses injeksi, sistem pemanas yang sering mengalami *overheat*, dan biji plastik yang keluar dari penampungan sering tidak tepat masuk kedalam sistem pemanas. Akibat dari permasalahan tersebut, proses injeksi masih dirasa kurang kokoh serta material yang diinjeksi menjadi sebuah produk, bercampur dengan material yang gosong sehingga warna yang dihasilkan kehilangan estetikanya.



Gambar 2. Mesin Benchtop Injection Molder Existing

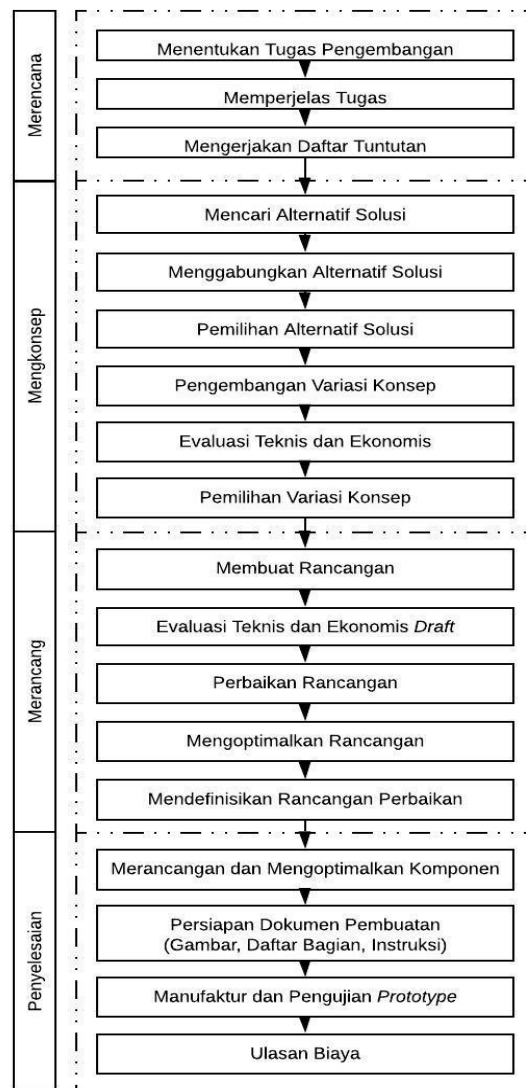


Gambar 3. Hasil Produk yang Gosong

Oleh karena itu, mesin *benchtop injection molder existing* dirancang ulang dan di analisa dengan tujuan hasil rancangan baru mampu bekerja lebih optimal dengan struktur rangka yang lebih kokoh dan produk yang dihasilkan tidak gosong. Manfaat dari dilakukannya perancangan dan optimasi rancangan mesin existing ini adalah proses produksi yang dikerjakan menjadi lebih kaku dan hasil rancangan dapat dijadikan referensi pembelajaran di POLMAN Bandung.

## 2 METODE PERANCANGAN

Metode perancangan yang akan digunakan, merupakan metode yang dibuat oleh Persatuan Insinyur Jerman (*Verein Deutscher Ingenieure*), yaitu Metode Perancangan VDI 2222. Metode perancangan ini mendefinisikan pendekatan dan metode individual untuk desain konseptual produk teknis. Metode perancangan ini sangat cocok untuk pengembangan produk baru (Pahl, 2006). Penjelasan mengenai tahapan dalam Metoda Perancangan VDI 2222 menurut buku Rollof Matek Maschinenelemente edisi 19 tahun 2009 sesuai pada Gambar 4.



Gambar 4. Metodologi Perancangan VDI 2222

## 2.1 Tahap Merencana

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi permasalahan dari mesin *benchtop injection molder existing*, yaitu struktur rangka dan mekanisme injeksi yang lebih kokoh, sistem pemanas yang mengalami *overheat*, dan bijih plastik yang keluar dari penampungan tidak tepat masuk ke dalam sistem pemanas. Dilakukannya pengumpulan data sebagai perencanaan solusi rancangan berupa studi literatur dan observasi langsung alat tersebut. Mesin yang dirancang mengacu pada mesin *existing* yang ada di laboratorium. Dari mesin ini diidentifikasi fungsi-fungsi dan mekanisme yang menjadi pembanding terhadap rancangan yang akan dibuat.

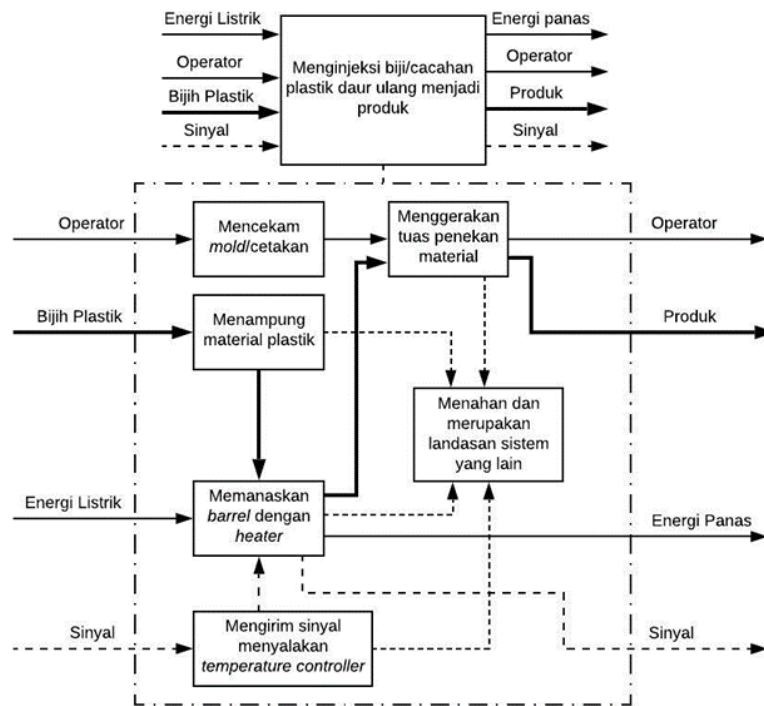
## 2.2 Tahapan Mengkonsep

Tahapan ini dilakukan pembuatan daftar tuntutan sebagai acuan pembuatan rancangan. Daftar tuntutan ini diperoleh berdasarkan studi literatur dan observasi langsung dengan mesin. Dari daftar tuntutan maka dibuatlah konsep rancangan yang paling optimal.

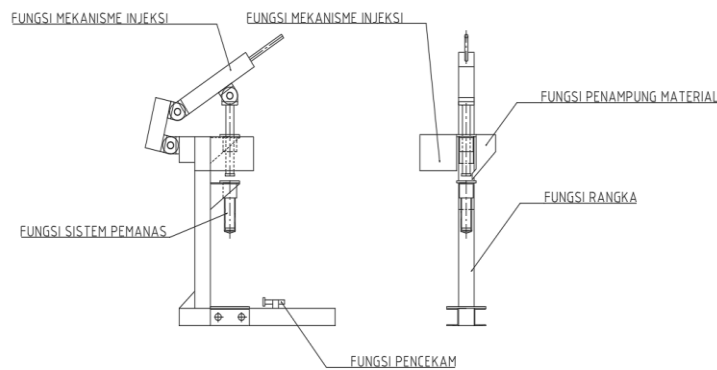
Tabel 1. Daftar tuntutan rancangan mesin *benchtop injection molder*

<b>Tuntutan Primer</b>	
Tuntutan	Keterangan
Dimensi Mesin	Tinggi <2000 mm
	Lebar <800 mm
	Panjang <800 mm
Penggerak	Manual
Material Plastik	<i>Polystyrene (PS)</i> , <i>Polypropylene (PP)</i> , <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>
Berat Total	<25 kg
Struktur Rangka	Permukaan penampang untuk pengikatan lebih kuat dan tidak banyak bergeser.
Mekanisme Injeksi	Pengikatan menggunakan permukaan berulir dan penampang komponen diperbesar.
Sistem Pemanas	Temperatur dapat diatur sesuai titik leleh material yang digunakan dan volume <i>barrel</i> menyesuaikan
<b>Tuntutan Sekunder</b>	
Kapasitas <i>Barrel</i>	5 kali <i>shot</i> /injeksi dalam 1 kali pengisian material
Meja Mesin	>350 x 250 mm
Ukuran Cetakan Maksimal	88 x 120 x 57 mm

Fungsi utama dari mesin yang dirancang adalah untuk menginjeksi bijih/cacahan plastik menjadi produk. Untuk memudahkan mendefinisikan fungsi bagian yang dibutuhkan, salah satu caranya dengan menggunakan *black box* seperti Gambar 5. Perancangan mesin ini merujuk pada mesin *existing* sebagai acuan dalam merancang *benchtop injection molder*. Konsep dari mesin ini dibuat seperti yang tampak pada Gambar 6.

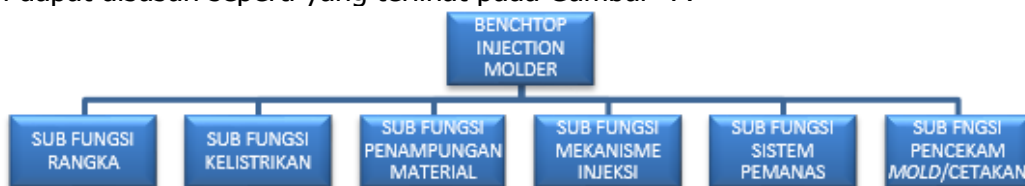


Gambar 5. Black Box Mesin Benchtop Injection Molding



Gambar 6. Konsep Awal Rancangan Ulang Mesin Benchtop Injection Molding

Setelah fungsi bagian yang terdapat pada mesin sudah terdefinisi, diantaranya sub fungsi rangka, sub fungsi kelistrikan, sub fungsi penampungan material, sub fungsi mekanisme injeksi, sub fungsi sistem pemanas, dan sub fungsi pencekam cetakan, maka struktur fungsi bagian dapat disusun seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi Bagian Mesin Benchtop Injection Molding




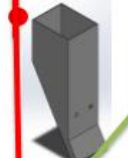


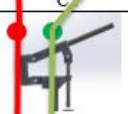


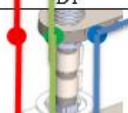

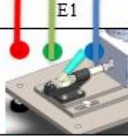

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, dibutuhkan konsep alternatif komponen yang bisa memenuhi fungsi tersebut. Diharapkan didapatkan tiga konsep alternatif komponen sebagai pembandingan. Membandingkan konsep alternatif komponen diharapkan mendapat tiga konsep alternatif rancangan. Dari tiga alternatif konsep rancangan dibandingkan dan menghasilkan konsep rancangan yang paling optimal dari segi teknis maupun ekonomis. Maka dari itu, perancang melakukan pertimbangan alternatif fungsi bagian seperti yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Alternatif Fungsi Bagian

Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Sub Fungsi Rangka	<i>Frame Aluminium</i>	<i>Pipa Stainless Steel</i>	Besi pejal
Sub Fungsi Penampungan Material	Plastik (3D Print)	<i>Sheetmetal</i>	<i>Acrylic</i>
Sub Fungsi Mekanisme Injeksi	<i>Toggle clamp</i>	<i>Screw</i>	<i>Pneumatic</i>
Sub Fungsi Sistem Pemanas	<i>Band heater</i>	<i>Coil Heater</i>	-
Sub Fungsi Pencekam <i>Mold/cetakan</i>	<i>Toggle clamp</i>	Ragum	-

Dari alternatif fungsi yang diidentifikasi awal, dilakukan penilaian dari masing-masing sub fungsi, dapat dilihat pada tabel 3 kotak morfologi dihasilkan tiga alternatif fungsi kombinasi rancangan, sehingga didapatkan satu alternatif fungsi kombinasi rancangan yang paling optimal.

Tabel 3. Kotak Morfologi

Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Sub Fungsi Rangka	A1 	A2 	A3 
Sub Fungsi Penampungan Material	B1 	B2 	B3 
Sub Fungsi Mekanisme Injeksi	C1 	C2 	C3 
Sub Fungsi Sistem Pemanas	D1 	D2 	-
Sub Fungsi Pencekam <i>Mold/cetakan</i>	E1 	E2 	-
Alternatif Fungsi Konsep	● AFK 1	● AFK 2	● AFK 3

### 2.3 Tahapan Merancang

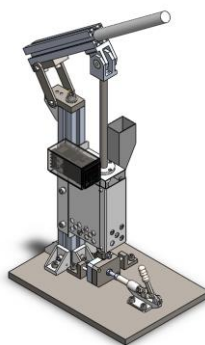
Berdasarkan penilaian dari aspek teknis dan ekonomis terpilihlah alternatif fungsi kombinasi tiga (AFK-3), dapat dilihat pada tabel 4 dan 5. Alternatif fungsi kombinasi tiga menggunakan frame aluminium sebagai rangka utama, mekanisme injeksi secara manual dengan tuas, penampungan material menggunakan 3D printing, sistem pemanas dengan band heater, dan fungsi pencekam menggunakan toggle clamp, gambar 8.

Tabel 4. Penilaian Aspek Teknis

No	Aspek Penilaian	Bobot	AFK 1		AFK 2		AFK 3		Nilai Ideal	
1	Pencapaian Fungsi	25	3	75	3	75	4	100	5	125
2	Konstruksi	15	3	45	3	45	4	60	5	75
3	Pengoperasian	10	3	30	3	30	3	30	5	50
4	Pembuatan	20	3	60	3	60	3	60	5	100
5	Perakitan	15	3	45	2	30	4	60	5	75
6	Perawatan	15	3	45	3	45	3	45	5	75
Nilai Total			300		285		355		500	
Presentase (%)			60%		57%		71%		100%	

Tabel 5. Penilaian Aspek Ekonomis

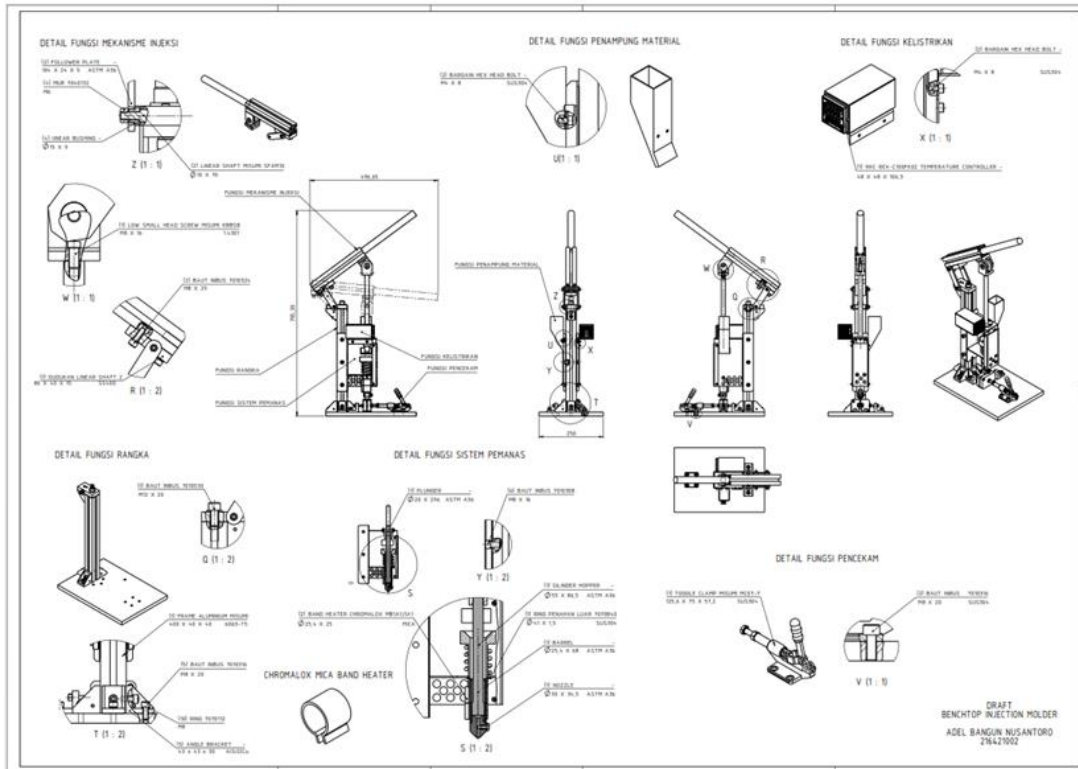
No	Aspek Penilaian	Bobot	AFK 1		AFK 2		AFK 3		Nilai Ideal	
1	Biaya Pembuatan	35	4	140	3	105	4	140	5	175
2	Biaya Perawatan	30	4	120	3	90	4	120	5	150
3	Penggunaan Komponen Standar	35	2	70	3	105	4	140	5	175
Nilai Total			330		300		400		500	
Presentase (%)			66%		60%		80%		100%	



Gambar 8. Mesin Benchtop Injection Molder Hasil Perancangan Ulang Terpilih

### 2.4 Tahapan Penyelesaian

Berikut dokumen hasil rancangan mesin benchtop injection molder yang telah dirancang, gambar 9.



Gambar 9. Gambar Dokumentasi Hasil Rancang Ulang Mesin *Benchtop Injection Molding*

### 3 PERHITUNGAN DAN VALIDASI

#### 3.1 Kapasitas dan Tinggi Barrel

Kapasitas *barrel* yang diinginkan untuk proses injeksi dari berapa kali akan dilakukan *shot* dalam satu kali pengisian material, dimana massa dari produk merupakan acuan untuk satu kali *shot*. Tinggi *barrel* didapatkan dari perhitungan massa *barrel* menggunakan rumus massa jenis.

Faktor yang mempengaruhi dalam menentukan kapasitas dan tinggi *barrel* adalah massa produk ( $m$ ), jumlah *shot* ( $shot$ ), diameter alas *plunger* ( $d_{plunger}$ ), dan massa jenis material plastik *polypropylene* ( $\rho_{PP}$ ). Dari faktor-faktor tersebut bisa diketahui melalui persamaan 1-2. (Rosato,2000)

$$m_{barrel} = m_{produk} \cdot shot [gr] \quad (1)$$

$$h = \frac{4 \cdot m_{barrel}}{\rho_{pp} \cdot \pi \cdot d^2} [mm] \quad (2)$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan kapasitas barrel sebesar 19 g dan tinggi barrel 68 mm.

#### 3.2 Tekanan Injeksi

Menentukan tekanan injeksi yang sesuai agar material plastik cair memenuhi seluruh rongga cetakan. Menentukan tekanan injeksi membutuhkan laju aliran massa, kecepatan aliran pada *barrel*, dan kecepatan aliran pada *nozzle*.



Faktor untuk menentukan laju aliran massa adalah kapasitas mesin *existing* ( $m_{existing}$ ), diameter dalam *barrel* ( $d_{barrel}$ ), diameter dalam *nozzle* ( $d_{nozzle}$ ), dan massa produk ( $m_{produk}$ ). Faktor tersebut dapat diketahui melalui persamaan 3-4. (Rosato,2000)

$$t = \frac{m_{produk}}{m_{existing}} \quad (3)$$

$$\dot{m} = \frac{m_{produk}}{t} \quad (4)$$

Faktor untuk menentukan kecepatan aliran pada *barrel* dan *nozzle* adalah laju aliran massa ( $\dot{m}$ ), massa jenis *polypropylene* ( $\rho_{pp}$ ), debit aliran ( $Q$ ), luas permukaan dalam *barrel* ( $A_{barrel}$ ) dan *nozzle* ( $A_{nozzle}$ ). Faktor tersebut dapat diketahui melalui persamaan 5-7. (Rosato,2000)

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho_{pp}} \quad (5)$$

$$v_{barrel} = \frac{Q}{A_{barrel}} \quad (6)$$

$$v_{nozzle} = \frac{Q}{A_{nozzle}} \quad (7)$$

Dan terakhir faktor-faktor untuk menentukan tekanan injeksi adalah tekanan udara luar ( $P_2$ ), percepatan gravitasi ( $g$ ), jarak *barrel* dari teratas dengan permukaan yang dijadikan referensi ( $h_{barrel}$ ), dan jarak *nozzle* teratas dengan permukaan yang dijadikan referensi ( $h_{nozzle}$ ). Dari faktor-faktor tersebut dapat diketahui melalui persamaan 8.

$$P_1 + \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2\right) + (\rho \cdot g \cdot h_1) = P_2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2\right) + (\rho \cdot g \cdot h_2) \quad (8)$$

Berdasarkan perhitungan tekanan injeksi yang didapatkan sebesar 0,101 Mpa. Apabila dikonversikan menjadi gaya hasilnya adalah 31,73 N.

### 3.3 Daya Heater

Faktor penting menentukan daya *heater* adalah daya dari kalor plastik meleleh, *barrel* sebagai tempat memanaskan material plastik, dan sumber pemanas atau *band heater*.

Perhitungan untuk menentukan daya keseluruhan dari faktor-faktor tersebut membutuhkan parameter, yaitu kalor spesifik *polypropylene* ( $Cp_{pp}$ ), massa jenis *polypropylene* ( $\rho_{pp}$ ), kecepatan aliran barrel ( $v_{barrel}$ ), koefisien perpindahan panas ( $h$ ), massa barrel ( $m_{barrel}$ ), dan kalor spesifik ASTM A36 ( $Cp_{A36}$ ). Dari parameter yang sudah disebutkan dapat diketahui melalui persamaan 9-12. (Holman,2008)

$$q_p = \dot{m} \cdot Cp_{pp} \cdot \Delta T \quad (9)$$

$$q_{barrel} = m_{barrel} \cdot Cp_{A36} \cdot \Delta T \quad (10)$$

$$q_c = h \cdot A_{selimut} \cdot \Delta T \quad (11)$$

$$Q = q_p + q_{barrel} + q_c \quad (12)$$

Berdasarkan perhitungan, daya *heater* yang didapatkan sebesar 222,156 W. Maka dari itu, pemanas *band heater* yang digunakan berdasarkan katalog *chromalox* dengan satu komponen menghasilkan daya sebesar 150 W, sehingga komponen yang dibutuhkan sebanyak 2 buah.

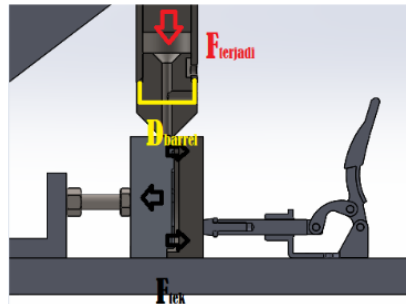
### 3.4 Gaya pencekaman

Gaya pencekaman dipengaruhi oleh gaya tekan kesegala arah dalam rongga cetak. Prinsip yang digunakan sesuai dengan hukum Pascal [mudah dan aktif belajar fisika]. Faktor yang dibutuhkan untuk menentukan gaya pencekaman adalah gaya yang terjadi ( $F_{terjadi}$ ), diameter

rongga cetak ( $D_{cavity}$ ), dan luas diameter barrel ( $A_{barrel}$ ). Dari faktor-faktor tersebut dapat diketahui melalui persamaan 13-14. (Rosato,2000)

$$A_{cavity} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{cavity}^2 \quad (13)$$

$$F_{mold} = \frac{F_{terjadi}}{A_{cavity}} \times A_{barrel} \quad (14)$$



Gambar 10. Diagram Benda Bebas Gaya Pengekaman

Gaya tekan yang didapatkan dari perhitungan sebesar 6,261 N, maka gaya pengekaman pada cetakan harus  $>6,261$  N. Ditentukan pengekam berupa *toggle clamp* dari standar MISUMI tipe MC07-7 seperti pada **Error! Reference source not found.**11 berikut:



Gambar 11. Toggle Clamp MISUMI MC07-7

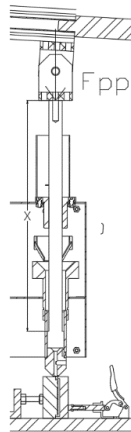
### 3.5 Kontrol Pembebanan Tekuk/ *Buckling* pada *Plunger*

Melakukan kontrol pada *plunger* diawali dengan menentukan kasus apa yang terjadi pada komponen tersebut. Kasus yang terjadi pada plunger adalah ujung atas *pinned* dan ujung bawah *fixed* sehingga dapat ditentukan faktor yang dibutuhkan untuk mengontrol pembebanan pada *plunger*. Faktor adalah diameter dalam barrel ( $D_{barrel}$ ), tekanan injeksi ( $P_1$ ), modulus elastisitas SS400 ( $E_{baja}$ ), kekuatan luluh SS400 ( $\sigma_{yield}$ ), panjang penampang x ( $L_x$ ), panjang efektif ( $L_x$ ), radius girasi lingkaran ( $r_{girasi}$ ), derajat kelangsingan plunger ( $\lambda_1$ ), derajat kelangsingan material ( $\lambda_0$ ). Dari faktor-faktor tersebut dapat dilakukan kontrol dengan persamaan 15-17. (Hibbeler,2015)

$$\sigma_k = \sigma_{yield} - (\sigma_{yield} - \sigma_{dp_{ss400}}) \cdot \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_0}\right)^2 \quad (15)$$

$$F_k = \sigma_k \cdot A_x \quad (16)$$

$$F_{iz} = \frac{F_k}{S_f} \quad (17)$$



Gambar 12. Diagram Benda Bebas Pembebanan Tekuk

Berdasarkan perhitungan gaya yang terjadi sebesar 31,73 N dan gaya maksimum yang diizinkan sebesar 15695,56 N. Sehingga gaya yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan gaya maksimum yang diizinkan. Maka komponen plunger dinyatakan aman.

### 3.6 Kontrol Pembebanan Bengkok/ *Bending* Tuas

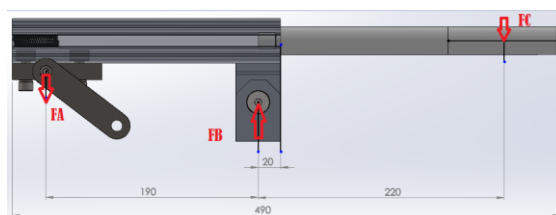
Tuas yang dipegang menggunakan silinder ukuran diameter 25 mm. Faktor pengontrolan pembebanan bengkok tuas adalah gaya yang terjadi ( $F_{terjadi}$ ), kekuatan luluh material SS400 ( $\sigma_{Yberulang}$ ), diameter silinder ( $D_{poros}$ ), momen inersia lingkaran ( $I$ ). Dari faktor tersebut dapat ditentukan melalui persamaan 18-20. (Hibbeler, 2015)

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{I} \quad (18)$$

$$(19)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_{12} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \times \sigma_2 + \sigma_2^2} \quad (20)$$



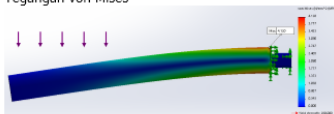

Gambar 13. Diagram Benda Bebas Pembebanan Bengkok

Dalam menentukan gaya-gaya didapatkan momen terbesar sebesar 3231,52 N.mm. tegangan bengkok yang dihasilkan sebesar 4,133 Mpa. Tegangan gabungan yang didapatkan sebesar 4,133 Mpa. Dari hasil tersebut bahwa tegangan gabungan nilainya lebih kecil dibandingkan tegangan luluh material SS400, maka kontrol tuas aman untuk digunakan.

### 3.7 Validasi Menggunakan Perangkat Lunak

Setelah dilakukan kontrol perhitungan secara teoritis, maka dilakukan kontrol dan validasi menggunakan perangkat lunak. Simulasi menggunakan software Solidworks 2016 pada komponen kritis, yaitu tuas/*handle shaft*.

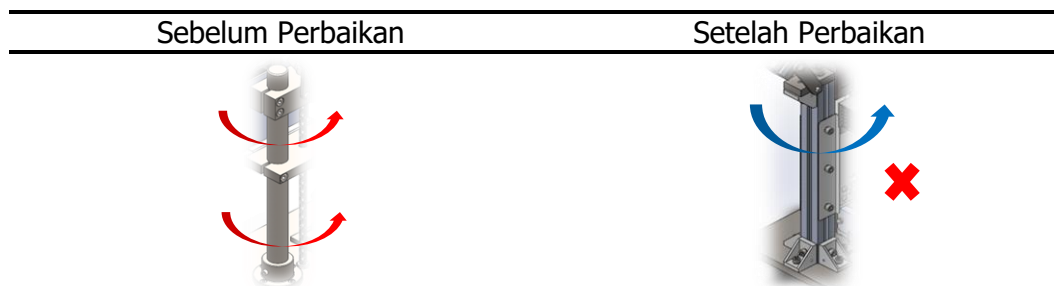
Tabel 6. Hasil Validasi tuas/*handle shaft*

<i>Handle Shaft</i>	Perhitungan Manual	Simulasi Software	Persentase Perbedaan
Tegangan von Mises 	4,133 MPa	4,120 MPa	0,315 %
Safety Factor 	67,747	67,968	0,311 %

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan sebagai perbandingan dari rancangan mesin *benchtop injection molder existing* dengan rancangan baru.

### 4.1 Struktur Rangka



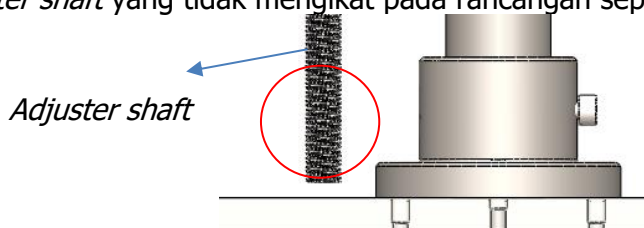
Gambar 14.1 Struktur Rangka Existing

Gambar 15. Struktur Rangka Baru

Rangka silinder masih memungkinkan Bergerak memutar alasannya pada *adjuster shaft* tidak mengikat pada *base plate*.

Penampang menggunakan *frame* aluminium dengan bentuk persegi sehingga pengikatan dari 4 sisi berbeda yang mengunci pergerakan memutar.

*Adjuster shaft* yang tidak mengikat pada rancangan seperti pada gambar:

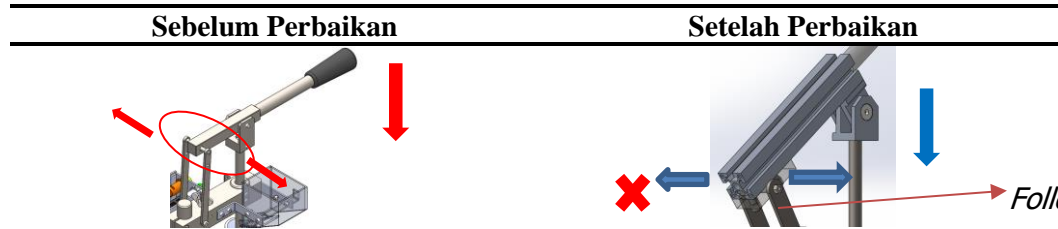


Kesimpulan:

Rancangan mesin *existing* mengalami pergerakan memutar dikarenakan *adjuster shaft* tidak mengikat pada *base plate*. Diubahlah rangka utama menjadi

*frame* aluminium dengan empat sisi pengikatan agar tidak terjadi pergerakan memutar saat proses injeksi berlangsung.

## 4.2 Mekanisme Injeksi



Gambar 16. Mekanisme Injeksi Existing

Gambar 17. Mekanisme Injeksi Baru

Pada bagian pengikatan yang ditunjukkan menggunakan penampang lebih kecil dan pegas sehingga saat proses injeksi, tuas bisa bergerak ke kiri dan ke kanan.

Pengikatan menggunakan ulir dan penampang komponen diperbesar sehingga lebih kuat serta mengurangi pergeseran saat proses injeksi (tetap ada toleransi karena jika tidak ada, maka *follower plate* sulit bergerak).

## 4.3 Sistem Pemanas

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Berdasarkan buku <i>Extrusion</i> karya John R. Wagner dijelaskan bahwa <i>barrel</i> mengalami <i>overheat</i> disebabkan oleh panas dari alat pemanas tidak merata masuk kedalam sampai material.	Dilakukannya analisis simulasi menggunakan <i>software</i> COMSOL Multiphysic sebagai cara untuk melihat kerataan panas yang masuk dari sumber panas hingga permukaan dalam yang menyentuh material.

Berdasarkan percobaan injeksi secara langsung pada hari Senin, 2 November 2020 dengan temperatur 200°C dan material plastik *polypropylene* (PP) didapatkan data sebagai berikut:

Waktu memanaskan 2 menit 30 detik, dengan satu kali percobaan:



Gambar 18. Produk Percobaan Pertama

Waktu memanaskan 3 menit, dengan tiga kali percobaan:



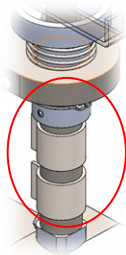
Gambar 19. Produk Percobaan 2 Sampai 4

Waktu memanaskan 3 menit 30 detik, dengan dua kali percobaan:



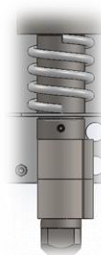
Gambar 20. Produk Percobaan 5 Sampai 6

Posisi *band heater existing*



Gambar 21. Sistem Pemanas Existing

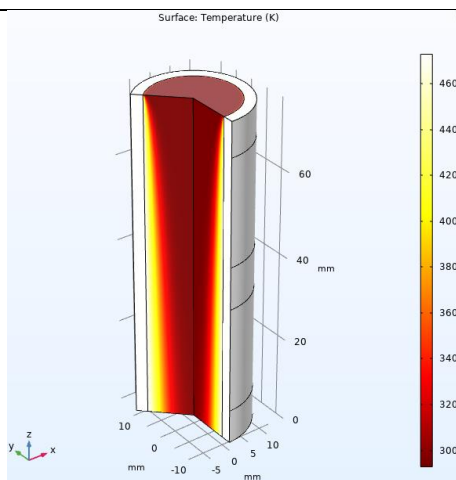
Posisi *band heater rancangan baru*



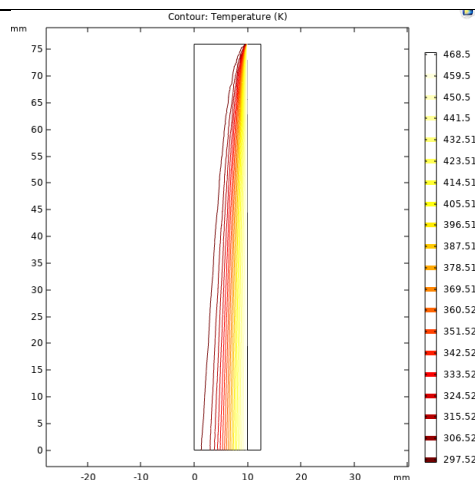
Gambar 22. Sistem Pemanas Baru

#### 4.4 Simulasi *Heat Transfer* pada Rancangan *Existing* Menggunakan Software COMSOL

- Simulasi *Heat Transfer* pada Rancangan *Existing*



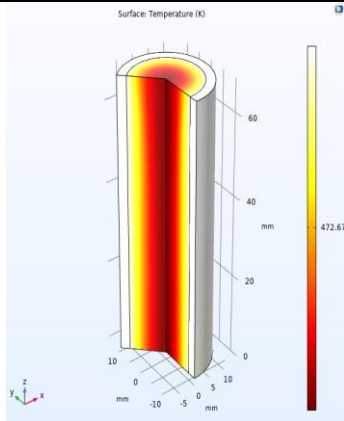
Gambar 23. Visualisasi 2,5 D Persebaran Panas Tidak Merata



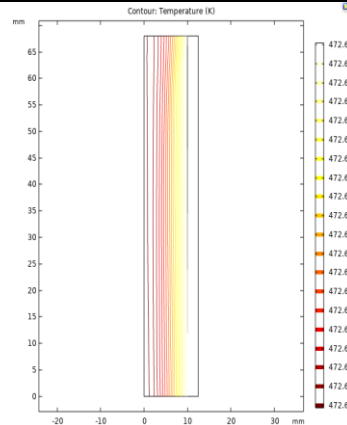
Gambar 24. Visualisasi Kontur Persebaran Panas Tidak Merata

Penjelasan dari Gambar 3 diatas adalah panas dari *band heater* yang penyebaran panasnya kurang merata. Terlihat dari atas, penyebaran panas tidak sampai ke tengah. Bagian bawah *barrel*, penyebaran baru sampai ke tengah.

**Simulasi *Heat Transfer* pada Rancangan Baru**

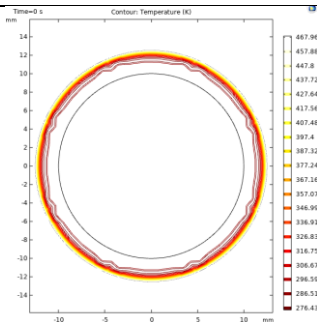


Gambar 25. Visualisasi 2,5 D Persebaran Panas Merata

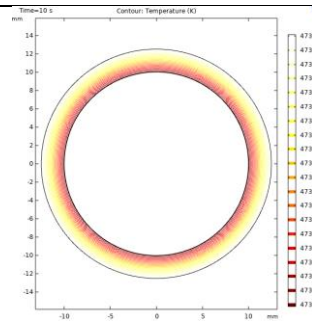


Gambar 26. Visualisasi Kontur Persebaran Panas Merata

Maksud dari Gambar 25 di atas adalah panas dari *band heater* yang penyebaran panasnya cukup merata. Terlihat dari atas, panas menyebar hingga ke tengah. Hasil analisis rancangan baru 2D COMSOL pada Gambar 27 dan Gambar 28 panas yang masuk dari permukaan luar menuju ke dalam. Sesuai gambar panas untuk waktu 0 detik terjadi pada permukaan luar karena bersentuhan langsung dengan pemanas/*band heater*, sedangkan dalam waktu 10 detik panas mulai memasuki *barrel* dan merata.



Gambar 27. Kontur Persebaran 2D 0 detik



Gambar 28. Kontur Persebaran 2D 10 Detik

**Kesimpulan:**

Pemasangan *band heater* secara renggang dapat menghasilkan persebaran panas yang kurang merata pada bagian dalam *barrel* hingga material. Pemasangan *band heater* secara rapat dapat menghasilkan persebaran panas yang merata.

**5 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil kajian dan perancangan ulang yang dilakukan terhadap mesin *benchtop injection molding existing*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Mesin *benchtop injection molding* yang baru, dirancang dengan dimensi mesin sebesar 775x266x426 dengan berat total mesin 17,78 kg. Lebih ringan 30% dari mesin sebelumnya.
2. Struktur rangka yang baru, menggunakan frame aluminium ukuran 40x40 mm.

3. Pengikatan menggunakan linear shaft dengan ujung berulir dan dimur serta penampang frame aluminium 40 x 40 mm.
4. Berdasarkan perhitungan, daya *heater* yang dibutuhkan sebesar 222,156 W.
5. *Band heater* terpasang rapat sehingga penyebaran panas merata, berdasarkan simulasi perambatan panas, dalam waktu 10 detik panas mulai memasuki barrel dan merata, dimana pada mesin sebelumnya membutuhkan waktu 30 detik.
6. Kapasitas Barrel bisa menampung material 19 gram untuk 5 kali shot dengan ukuran cetakan maksimal 88 x 120 x 57 mm.

## 6 REFERENSI

- [1] Aberdeen, T. (2019) Advantages of Vertical Molding Machines vs Horizontal Molding Machines for Insert Molding. Available at: <https://www.aberdeentech.com/post/advantages-of-vertical-molding-machines-vs-horizontal-molding-machines-for-insert-molding> (Accessed: 25 June 2020).
- [2] Brydson, T. J. A. (2017) Brydson's Plastics Materials, Brydson's Plastics Materials. doi: 10.1016/c2014-0-02399-4.
- [3] Dudi Indrajit, Mudah dan Aktif Belajar Fisika. Jakarta, 2009.
- [4] G. Pahl (2006) Engineering design, Constructing the Future and Modelling. doi: 10.4324/9780203967461.
- [5] Ghurri, A. (2014) 'Dasar-Dasar Mekanika Fluida', Jurnal Dasar-Dasar Mekanika Fluida, pp. 1–73.
- [6] H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch, and J. Voßiek. (2009). Roloff/Matek Maschinenelemente
- [7] Haryadi and Mahmudi, A. (2012) 'Textbook on Heat Transfer', p. 72.
- [8] Hibbeler, R. C. (2015) Mechanics of Material. 10th edn.
- [9] J.P.Holman (2008) 'Heat Transfer, Tenth Edition', Managed Pressure Drilling, pp. 301–303. doi: 10.1016/b978-1-933762-24-1.50019-x.
- [10] Melick, V. H. G. . (2020) 'Design of an injection molding machine', 1995(189), pp. 1–76.
- [11] Norrie, D. H. (1987) A first course in the finite element method, Finite Elements in Analysis and Design. doi: 10.1016/0168-874x(87)90008-4.
- [12] Oberg, E. (2000) 'Machinery ' s Handbook □ Strength Of Materials', Strength of Materials.
- [13] Rosato, Dominic, Rosato, Donald and Rosato, M. (eds) (2000) Injection Molding Handbook, Injection Molding Handbook. New York: Springer Science+Business Media, LLC. doi: 10.1007/978-1-4615-4597-2.
- [14] Taha, T. R. (2005) An Introduction to Parallel Computational Fluid Dynamics, IEEE Concurrency. doi: 10.1109/mcc.1998.736434.
- [15] Yamin L, Wanming C. Implementation of Single Precision Floating Point Square Root on FPGAs. IEEE Symposium on FPGA for Custom Computing Machines. Napa. 2011: 226-23