

OPTIMASI INJECTION SPEED UNTUK PRODUKSI CUP CS01 MENGGUNAKAN FACUC ROBOSHOT ALPHA-S130iB

Dede Rokhman Syarip¹, Komarudin²

^{1,2}Universitas Dian Nusantara

Email: 511211037@DedeRokhmanSyarip.undira.ac.id

Abstrak: Optimalisasi kecepatan injeksi sangat penting untuk mencapai produksi yang efisien dan berkualitas tinggi. Fokus utama penelitian ini adalah mengkaji secara eksperimental isu-isu tersebut, khususnya parameter kecepatan injeksi dan dampaknya terhadap kualitas produk akhir, untuk meminimalkan cacat produk dan dengan demikian meningkatkan produktivitas. Dalam operasi injeksi bertekanan tinggi, salah satu tantangan teknis yang harus diatasi adalah pengendalian suhu akibat proses injeksi. Diagram alir dalam metodologi penelitian ini secara sistematis menggambarkan langkah-langkah penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga penyelesaian. Diagram ini memudahkan pembaca untuk memahami tahapan penelitian secara visual dan membantu peneliti memastikan bahwa setiap tahapan telah direncanakan dengan baik. Hasilnya menunjukkan peningkatan kinerja produksi dari kecepatan injeksi 30 mm/detik menjadi 55 mm/detik. Tingkat cacat dapat dihilangkan dan efisiensi waktu meningkat, sementara kualitas produksi tetap terjaga. Peningkatan kecepatan injeksi dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi waktu siklus produksi, meningkatkan output produksi per minggu, mengurangi jumlah produk cacat, dan menjaga kualitas produk. Oleh karena itu, peningkatan kecepatan injeksi telah berhasil dan efektif dalam meningkatkan produktivitas produk. Efisiensi proses produksi dan kualitas produk dipengaruhi oleh penentuan parameter proses produksi seperti gaya penjepit, ukuran butir, waktu pengemasan, dan kecepatan injeksi. Hasil produk pada kecepatan 55 mm/s memuaskan, tanpa cacat produk, dan kualitasnya sempurna. Kecepatan injeksi yang lebih tinggi mengurangi waktu siklus dan meningkatkan produksi. Produksi meningkat dari 1.964 buah/minggu menjadi 3.645 buah/minggu. Tidak ada cacat. Kecepatan injeksi yang dioptimalkan berhasil meningkatkan efisiensi produksi dalam hal waktu, kuantitas, dan kualitas produk.

Kata Kunci: Optimasi, Eksperimen, Kecepatan Injeksi, Cacat, Waktu Siklus, Produktivitas.

Abstract: Optimizing injection speed is crucial for achieving efficient and high-quality production. The main focus of this research is to experimentally examine the aforementioned issues, particularly the injection speed parameter and its impact on final product quality, in order to minimize product defects and thus increase productivity. In high-pressure injection operations, one of the technical challenges that must be overcome is temperature control due to the injection process. The flowchart in this research methodology systematically illustrates the research steps, from problem identification to completion. This diagram makes it easier for readers to visually understand the research stages and helps researchers ensure that each stage has been well planned. The results show an increase in production performance from an injection speed of 30 mm/s to 55 mm/s. The level

of defects can be vanished and time efficiency is increased, while production quality is maintained. Increasing injection speed can improve production efficiency, reduce production cycle time, increase production output per week, reduce the number of defective products, and maintain product quality. Therefore, improving injection speed has been successful and effective in increasing product productivity. Production process efficiency and product quality are influenced by the determination of production process parameters such as clamping force, shot size, packing time, and injection speed. The product results at a speed of 55 mm/s are satisfactory with no product defects and perfect quality. The higher injection speed reduces cycle time and increases production. Production increases from 1,964 pcs/week to 3,645 pcs/week. There are no defects. The optimized injection speed successfully increased production efficiency in terms of time, quantity, and product quality.

Keywords: *Optimizing, Experimental, Injection Speed, Defect, Cycle Times, Productivity.*

PENDAHULUAN

Penggunaan mesin *Roboshot Injection Molding*, telah menjadi salah satu metode utama untuk memproduksi komponen plastik dengan efisiensi tinggi dan kualitas yang baik.

Untuk memenuhi tuntutan efisiensi produksi ditinjau dari parameter-parameter yang berkaitan dengan proses produksi, terutama kecepatan injeksi. Kecepatan injeksi yang tidak sesuai menyebabkan cacat pada produk, seperti gelembung, lengkungan, dan penyusutan, yang mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi maka oleh karena itu dibutuhkan kajian untuk mengatasi hal tersebut.

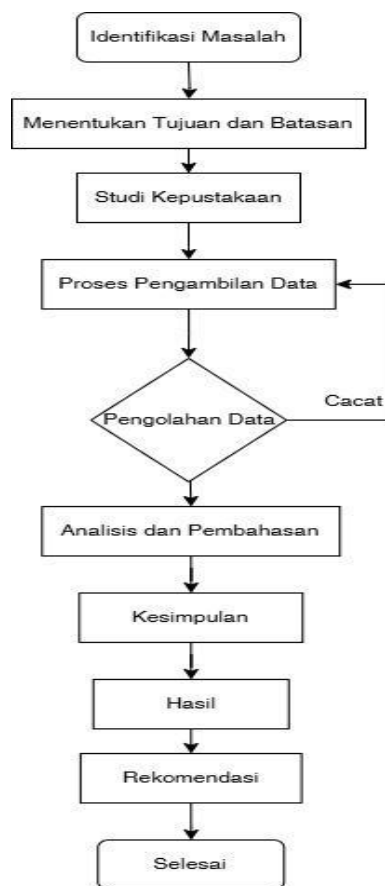
Optimasi kecepatan injeksi menjadi sangat penting untuk mencapai hasil produksi efisien dan berkualitas. Fokus utama penelitian ini adalah mengkaji melalui eksperimen terhadap permasalahan diatas terutama pada parameter kecepatan injeksi dan pengaruhnya terhadap kualitas produk akhir dalam rangka meminimalisir cacat produk sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Dalam pengoperasian kompresor bertekanan tinggi, salah satu tantangan teknis yang harus diatasi adalah pengendalian suhu akibat proses kompresi. Proses kompresi udara atau gas.

Menurut penelitian sebelumnya oleh Supriyanto dkk. (2023), "pengaruh variasi kecepatan injeksi dan tekanan pembungkus terhadap kualitas bagian produk menunjukkan bahwa parameter ini sangat signifikan terhadap hasil akhir produk". Ini menunjukkan bahwa kecepatan injeksi merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kualitas produk. Oleh karena itu, penting bagi penelitian ini untuk dilanjutkan.

METODE PENELITIAN

1. Diagram Alir

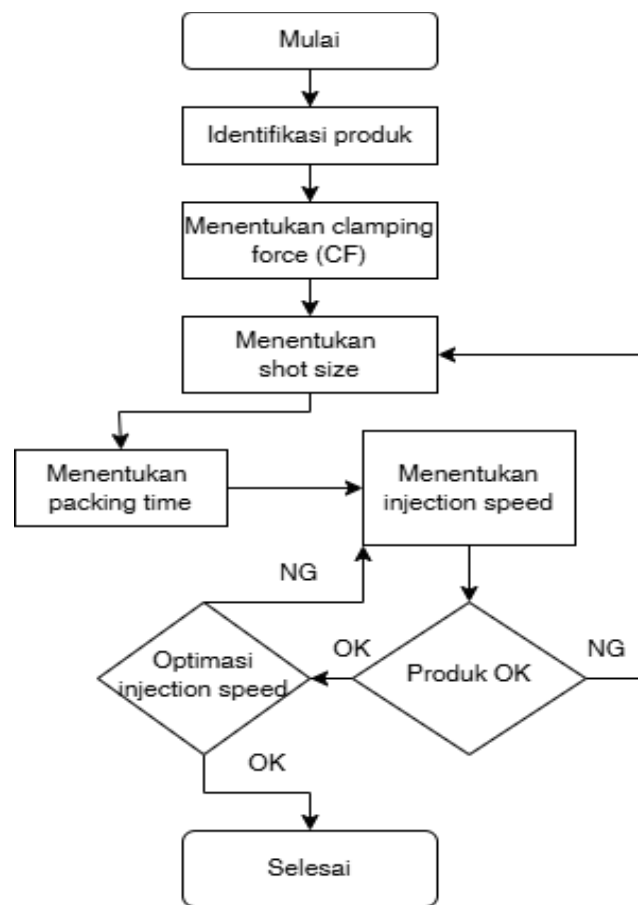
Diagram alir pada metodologi penelitian ini menggambarkan alur dari langkah-langkah penelitian secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga selesai. Diagram ini memudahkan pembaca untuk memahami tahapan penelitian secara visual dan membantu peneliti memastikan setiap tahap telah direncanakan dengan baik. Untuk diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir

2. Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh data pada penelitian ini secara sistematis. Proses ini mencakup dari tahap identifikasi masalah hingga tahap optimasi *injection speed*. Sehingga, hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 2. Diagram Pengambilan Data

3. Alat yang Digunakan

Mesin yang digunakan Fanuc *Roboshot Alpha 130iB*, yaitu mesin cetak injeksi plastik *full* elektrik yang dikenal dengan presisi tinggi, kecepatan siklus yang stabil, serta efisiensi energi.

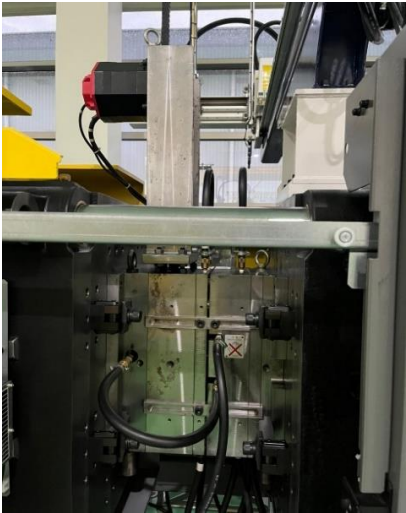


Gambar 3. Fanuc Roboshot Alpha S130iB

Berikut adalah foto spesifikasi dari mesin *Roboshot Alpha S130iB*, *mold*, timbangan, dan jangka sorong yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Fanuc Roboshot S130iB

Item		Unit	Data			
Clamping unit	Clamping mechanism	mm	Double toggle			
	Travel	mm	1300 (1200mm)			
	Maximum and minimum die height	mm	Single platen 670 - 200 / Extended die height 670 - 200 (Option)			
	Clamping stroke	mm	450			
	Locking ring diameter	mm	ø100			
	Tie bar spacing (mm x 2)	mm	530 x 530			
	Platen size (mm x 2)	mm	730 x 730			
	Maximum mold size (mm x 2)	mm	500 x 500			
	Maximum mold weight (Nozzle Stationary)	kg	Single platen 730 - 730			
	Ejector stroke	mm	100			
Injection unit	Maximum standard bore	mm	Standard 25 (2-Specify) / Increased 40 (4-Specify) (Option)			
	Screw diameter	mm	25	40	50	55
	Injection stroke	mm	95	95	128	144
	Maximum injection volume	cm ³	80	167	217	244
	Max. inj. prs. (High prs. mode)	mm/s	340	320	270	220
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	270	220	180
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	240	220	180
	Maximum injection rate	mm/s	185	215	200	200
	Maximum injection speed	mm/s	185	215	200	200
	Maximum screw rotation speed	mm/s	250	220	220	180
	Max. inj. prs. (High prs. mode)	mm/s	340	320	270	220
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	270	220	180
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	240	220	180
	Maximum injection rate	mm/s	185	215	200	200
	Maximum injection speed	mm/s	185	215	200	200
	Maximum screw rotation speed	mm/s	250	220	220	180
	Max. inj. prs. (High prs. mode)	mm/s	340	320	270	220
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	270	220	180
	Max. inj. prs. (General Purpose)	mm/s	250	240	220	180
	Maximum injection rate	mm/s	185	215	200	200
Screw & Barrel	Number of parameters	mm	15 (1.1-Specify) / 30 (3-Specify) (Option)			
	Nozzle touch force / Increased	mm	3			
	Total heater wattage	mm	6.5	7.2	8.4	9.9
	Machine Weight	mm	Inj. speed 200mm/s Approx. 4.9 Inj. speed 200mm/s (High duty) Approx. 4.9 Inj. speed 350mm/s Approx. 4.9 Inj. speed 550mm/s Approx. 4.9			



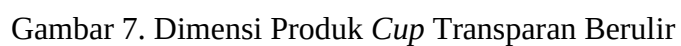
Gambar 4. Mold



Gambar 5. Timbangan



Waktu pelaksanaan adalah pada akhir bulan Maret, pelaksanaan penelitiannya di *showroom* PT. Fanuc Indonesia yang berada di daerah Cikarang.

[illegible]

- Diameter luar = 68,7 mm
- Tinggi = 43 mm
- Ketebalan dinding = 1mm
- Diameter dalam = $68,7 \text{ mm} - 2 \times 1 \text{ mm} = 66,7 \text{ mm}$
- Berat = 34,3 gram
- Jenis material = *Polystyrene* (PS)
- Resin *density* = $1,04\text{-}1,09 \text{ g/cm}^3$ (Tabel 2.2)
- Sifat fisik = Ringan, transparan, rapuh, tahan air, isolator listrik, dan mudah diproses.

6. **Defect Product**

Berdasarkan parameter produksi yang ditetapkan sebelumnya, terdapat kekurangan hasil produksi, di antaranya masih menghasilkan cacat produk seperti *short shot* dan *flowmark*, yang menunjukkan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap parameter proses yang digunakan.



Gambar 8. Cacat Produk Short Shot

Short shot adalah produk NG (*not good*) di karenakan pengisian yang tidak sempurna volume produk tidak *full*. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Pengaturan suhu yang kurang tepat menyebabkan pelelehan bijih plastik yang tidak sempurna.
- Injeksi *speed* yang lambat.
- Tekanan injeksi yang lemah.



Gambar 9. Cacat Produk *Flowmark*

Flow mark adalah cacat produk dimana terdapat pola bergaris pada produk. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Proses injeksi yang lambat.
- Suhu *mold* yang rendah.
- Suhu peleburan material yang rendah.
- Permukaan *mold* yang terkontaminasi minyak.
- Terdapat udara yang terjebak pada cetakan.

Tabel 3. Data *Defect Product* Pada Produksi *Cup CS01* Bulan Oktober-November 2024

Tanggal	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah <i>Defect</i> <i>Product</i> (Pcs)	Presentase <i>Defect</i> (%)
01-10-2024 s.d. 05-10-2024	2.025	61	3
07-10-2024 s.d. 12-10-2024	2.228	75	3,35
14-10-2024 s.d. 19-10-2024	2.127	67	3,13
21-10-2024 s.d. 26-10-2024	2.268	57	2,5
28-10-2024 s.d. 02-11-2024	2.329	55	2,37

Dapat disimpulkan bahwa presentase *defect* tersebut telah mengalami fluktuasi yang menurun setelah mencapai puncaknya di minggu kedua (7-12 Oktober 2024). Dari minggu kedua hingga minggu kelima, *defect* berhasil ditekan sebesar 1 % dari 3,35% menjadi 2,37%. Ini menandakan adanya peningkatan atau perbaikan dalam proses produksi saat itu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengolahan Data

Produk yang akan dibuat merupakan *cup* transparan berulir CS01 yang dibuat dengan menggunakan *molding* khusus untuk membuat *screw*, ulir dibuat menggunakan *rack* motor dan menggunakan servo motor fanuc.



Gambar 10. Cup Transparan Berulir CS01

2. Menentukan *Clamping Force*

Clamping force sangat penting untuk menjaga integritas cetakan selama proses injeksi jangka panjang, mencegah kebocoran material dari cetakan atau *flashing*, dan dapat ditentukan seperti berikut.

$$\begin{aligned} & \text{Clamping force (ton force)} \\ &= \frac{\text{Luas Permukaan product (Cm}^2\text{)} \times \text{Cavity pressure(kgf/cm}^2\text{)}}{1000} \end{aligned}$$

$A = \pi r^2$ dan *cavity pressure* diambil dari tabel 2-1 *cavity pressure*. Maka di dapatkan:

$$\text{Luas produk} = 3,14 \times 3,435 \times 3,435 = 37,1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Cavity pressure} = 600/1000 = 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Clamping force} = 37,1 \times 0,6 = 22,3 \text{ ton force}$$

Dari hasil di atas mendapatkan hasil 22,3 ton *force*.

3. Menentukan *Shotsize*

Menghitung *shotsize* bertujuan untuk memastikan volume material plastik yang disuntikkan sesuai dengan kebutuhan produk. *Shotsize* yang tepat akan menghindari cacat seperti *short shot* atau *over pack*, serta mendukung efisiensi proses produksi karena

berpengaruh dengan penggunaan material.

Produk *weight* = 34,3 gram

Screw diameter = 36 mm = 3,6 Cm

Resin *density* = 1,04 g/Cm³

$$\text{Shotsize} = \frac{34,3 \text{ g} \times 4}{3,6 \text{ (cm)} \times 3,6 \text{ (cm)} \times \pi \times 1,04 \text{ (g/Cm}^3\text{)}} + 0,8 = 4,04 \text{ Cm} = 40 \text{ mm}$$

Maka hasil 40 mm kita masukan pada setingan *shotsize* pada mesin.

4. Menentukan *Packing Time*

Untuk menentukan *packing time* dapat dilakukan dengan uji coba beberapa *shot* menggunakan waktu *packing* yang berbeda - beda hingga mendapatkan berat produk yang stabil. Berikut data dari percobaan *packing*:

Tabel 4. Percobaan Shot

Packing Time	Product Weight
4 s	34.133 g
5 s	34. 156 g
6 s	34.174 g
7s	34.198 g
8 s	34.211 g
9 s	34.250 g
9.5 s	34.300 g
10 s	34.300 g
10.5 s	34.300 g
11 s	34.300 g

Dari percobaan pada Tabel 4, *gateseal* terjadi pada 9,5 detik. Karena berat sudah tidak lagi berubah. Akan tetapi, produk masih mengalami *defect* produk yaitu *flowmark*. Proses dilanjutkan dengan setting parameter *injection speed*.

5. Menentukan *Injection Speed*

Injection speed menunjukkan seberapa cepat material leleh diinjeksikan ke dalam rongga cetakan. Pemilihan *injection speed* yang tepat sangat mempengaruhi kualitas produk akhir, seperti keseragaman bentuk, ketebalan dinding, serta minimnya cacat aliran. Untuk perhitungan kecepatan injeksinya adalah sebagai berikut:

1. *Volume Cavity*

Bentuk produk merupakan silinder berlubang:

- Diameter luar = 68,7 mm
- Tinggi = 43 mm
- Ketebalan dinding = 1mm
- Diameter dalam = 68,7 mm – 2x1 mm = 66,7 mm

Rumus volume silinder berlubang:

$$V = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) \times t$$

$$V = \frac{\pi}{4} (68,7^2 - 66,7^2) \times 43$$

$$V = \frac{3,14}{4} (4721,69 - 4448,89) \times 43$$

$$V = 9210,7 \text{ mm}^3$$

2. *Massa Produk (m)*

Dengan densitas PS = 1,04-1,09 g/cm³ (Tabel 2.2), diambil rata – rata 1,065 g/cm³ = 1,065x10³ g/mm³.

$$m = V \times \rho$$

$$m = 1,065 \times 10^3 \cdot 9210,7$$

$$m = 9,81 \text{ gram}$$

3. *Luas penampang (A)*

Luas penampang mengacu pada ketebalan dinding produk:

$$A = \text{tebal} \cdot \text{panjangkeliling}$$

$$\text{Keliling dalam} = \pi \times D = \pi \times 66,7 = 209,5$$

$$A = 1 \times 209,5$$

$$A = 209,5 \text{ mm}^2$$

4. *Flow Rate (Q)*

$$Q = \frac{V}{t_{inj}}$$

Asumsi waktu injeksi awal 2 detik.

$$Q = \frac{9219,7}{2}$$

$$Q = 4.609,85 \text{ mm}^3/\text{s}$$

5. *Injection Speed* (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{4.609,85}{209,5}$$

$$v = 22 \text{ mm/s}$$

Nilai *injection speed* yang diperoleh dari perhitungan adalah 22 mm/s. Nilai dari hasil perhitungan tersebut, cukup mendekati dengan nilai *injection speed* pada *initial setting* yang dianjurkan adalah 30 mm/s dari buku Fanuc *Academy Basic Course*. Kedua nilai tersebut akan dijadikan patokan dalam pengujian dilapangan.

Pengujian di lapangan dimulai dari nilai *injection speed* awal 5 mm/s. Kemudian, kecepatan injeksi ditingkatkan (interval 5). Nilai kecepatan injeksi dari hasil perhitungan pun ikut dimasukkan. Data hasil pengujian di lapangan diperoleh dan ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Coba Pertama

No	Speed	Short	Flow Mark
1	5	No	Yes
2	10	No	Yes
3	15	No	Yes
4	20	No	Yes
5	22	No	Yes
6	25	No	Yes
7	30	No	Yes
8	35	No	Yes
9	40	No	Yes
10	45	No	Yes

Dari hasil uji coba pertama, kecepatan injeksi berdasarkan perhitungan (22 mm/s) masih terdapat cacat produk *flow mark* pada produk. Sehingga kecepatan hasil perhitungan tidak dapat digunakan sebagai nilai kecepatan injeksi yang tepat. Sehingga, percobaan dilakukan kembali dengan nilai kecepatan injeksi awal 30 mm/s dan ditingkatkan dengan interval 5. Data hasil pengujian di lapangan berikutnya ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Coba Kedua

No	Speed	Short	Flow Mark
1	30	No	Yes
2	35	No	Yes
3	40	No	Yes
4	45	No	Yes
5	50	No	No
6	55	No	No
7	60	Yes	No
8	65	Yes	No
9	70	Yes	No
10	75	Yes	No

Dari hasil uji coba kedua, pada kecepatan injeksi 30 mm/s masih terdapat cacat produk *flow mark*. Tetapi, pada kecepatan injeksi 50 mm/s tidak ada cacat produk *short shot* ataupun *flow mark*. Nilai kecepatan injeksi 50 mm/s akan dijadikan patokan pada pengujian berikutnya. Hasil pada pengujian di lapangan berikutnya ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Coba Ketiga

No	Speed	Short	Flow Mark
1	50	No	No
2	51	No	No
3	52	No	No
4	53	No	No
5	54	No	No
6	55	No	No
7	56	Yes	No

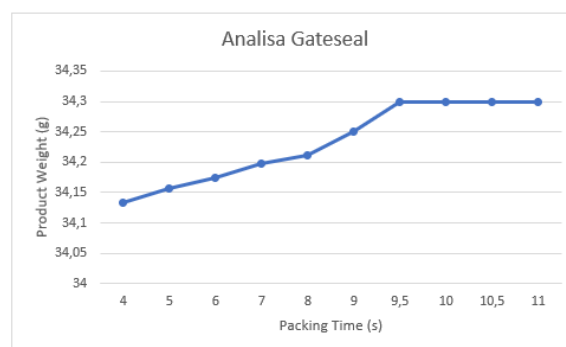
8	57	Yes	No
9	58	Yes	No
10	59	Yes	No

Dari hasil uji coba ketiga, dari kecepatan injeksi 50-55 mm/s tidak terdapat cacat produk seperti *short shot* ataupun *flow mark*.

6. Optimasi *Injection speed*

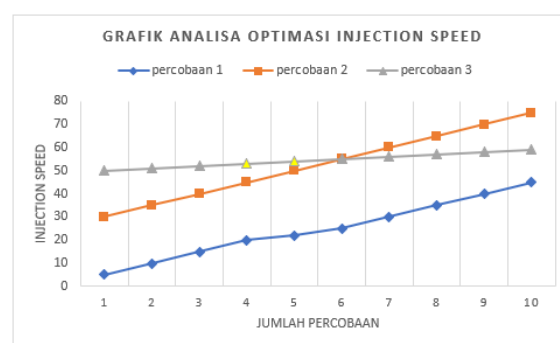
Optimasi *injection speed* bertujuan untuk memperoleh kualitas produk yang baik, terutama dalam meminimalisir cacat seperti *short shot* dan *flow mark* pada produk.

Analisa gateseeal adalah tahap penting dalam proses *injection molding* untuk memastikan terbentuknya produk yang stabil dan bebas cacat. *Gateseeal* terjadi ketika material plastik yang diinjeksikan ke dalam cetakan mulai membeku pada pintu gerbang (*gate*), sehingga mencegah terjadinya *backflow* (aliran balik) material dari *cavity* cetakan.



Gambar 11. Grafik Analisa Gateseeal

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa pada waktu 9,5 detik, material sudah tidak bisa lagi masuk ke dalam cetakan karena sudah mendingin, sehingga di atas waktu 9,5 detik grafik cenderung konstan.



Gambar 12. Grafik Analisa Optimasi Injection Speed

Berdasarkan pengujian pada proses produksi *cup* transparan berulir, kecepatan injeksi optimum berada pada rentang 50-55 mm/s pada percobaan ke 4 dan ke 5. Dengan menurunkan rentang kecepatan yang digunakan ditemukan kecepatan injeksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk layak pakai.

Rentang kecepatan ini mampu menghasilkan produk dengan kualitas permukaan yang baik dan bentuk yang sempurna, tanpa cacat aliran. Dari pengamatan ini maka ditentukan kecepatan injeksi paling optimal yang digunakan adalah 55 mm/s. Berdasarkan kalkulasi di bawah nilai kecepatan injeksi tersebut dapat meningkatkan *injection times* produksi.

Perbandingan *injection times*:

Speed injeksi 50 mm/s

$$Injection\ time = \frac{Volume\ Injeksi}{Injection\ Speed}$$

Volume injeksi = Volume cavity = 9210,7 mm³

Maka:

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{50\ mm/s} = 184,21\ s$$

Speed injeksi 51 mm/s

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{51\ mm/s} = 180,60\ s$$

Speed injeksi 52 mm/s

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{52\ mm/s} = 177,13\ s$$

Speed injeksi 53 mm/s

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{53\ mm/s} = 173,78\ s$$

Speed injeksi 54 mm/s

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{54\ mm/s} = 170,57\ s$$

Speed injeksi 55 mm/s

$$Injection\ time = \frac{9210,7\ mm^3}{55\ mm/s} = 167,47\ s$$

Dari perhitungan *injection time* di atas, semakin tinggi kecepatan injeksi (mm/s), maka waktu injeksi menjadi semakin singkat. Maka, kecepatan injeksi tertinggi yaitu 55 mm/s dapat

memberikan *injection time* yang lebih singkat. Dengan demikian, semakin cepat *injection time* maka *cycle time* pun akan semakin singkat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas produksi. Untuk itu, perlu dihitung *cycle time* nya.

Perbandingan *Cycle times*:

Diketahui:

$$T_{cool} = \text{Packing time} = 9,5 \text{ s}$$

$$T_{opn} = 0,5 \text{ s (dari mesin)}$$

$$T_{cls} = 1,3 \text{ s (dari mesin)}$$

$$T_{inject} = 0 \text{ s (dari mesin)}$$

Speed injeksi 50 mm/s

$$CT = T_{inj} + T_{cool} + T_{opn} + T_{cls} + T_{eject}$$

$$CT = 184,21 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 195,51 \text{ s}$$

Speed injeksi 51 mm/s

$$CT = 180,60 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 191,9 \text{ s}$$

Speed injeksi 52 mm/s

$$CT = 177,13 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 188,43 \text{ s}$$

Speed injeksi 53 mm/s

$$CT = 173,78 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 185,08 \text{ s}$$

Speed injeksi 54 mm/s

$$CT = 170,57 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 185,08 \text{ s}$$

Speed injeksi 55 mm/s

$$CT = 167,47 + 9,5 + 0,5 + 1,3 + 0 = 178,77 \text{ s}$$

Peningkatan kecepatan injeksi dari 50 mm/s ke 55 mm/s menyebabkan penurunan *cycle time* secara konsisten. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan injeksi, semakin efisien waktu siklus produksinya. Maka, kecepatan injeksi 55 mm/s dinilai paling optimal dan dapat menghasilkan *cycle time* yang paling singkat.

7. Analisis Produktivitas dan Reduksi Defect Produk

Peningkatan parameter kecepatan injeksi tidak hanya mengurangi waktu injeksi dan waktu siklus (*cycle time*), tetapi juga meningkatkan produktivitas dan jumlah produk cacat (*defect product*). Oleh karena itu, perlu dibuatkan tabel mengenai produktivitas dengan *mold*

mencetak 4 *cup* dalam satu kali proses injeksi.

Tabel 8. Produktivitas *Cup* CS01 & Defect

No.	Injection Speed (mm/s)	Injection Time (s)	Cycle Time (s)	Produksi Per Jam (Pcs)	Defect Rate
1	50	184,21	195,51	74	0%
2	51	180,60	191,9	75	0%
3	52	177,13	188,43	76	0%
4	53	173,38	185,08	78	0%
5	54	170,57	181,87	79	0%
6	55	167,47	178,77	81	0%

Tabel 8 menunjukkan, kecepatan injeksi berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas. Pada kecepatan terendah injeksi (50 mm/s) menghasilkan 74 pcs/jam dan pada kecepatan injeksi tertinggi (55 mm/s) menghasilkan 81 Pcs atau meningkat 9,5%. Tidak terdapat *defect* pada dari kecepatan injeksi 50-55 mm/s berdasarkan proses pengujian di lapangan yang ditampilkan pada Tabel 7. Kecepatan 55 mm/s dipilih karena dapat menghasilkan produk terbanyak, yaitu menghasilkan 81 produk dalam 1 jam dengan *cycle time* terpendek, yaitu 178,77 detik.

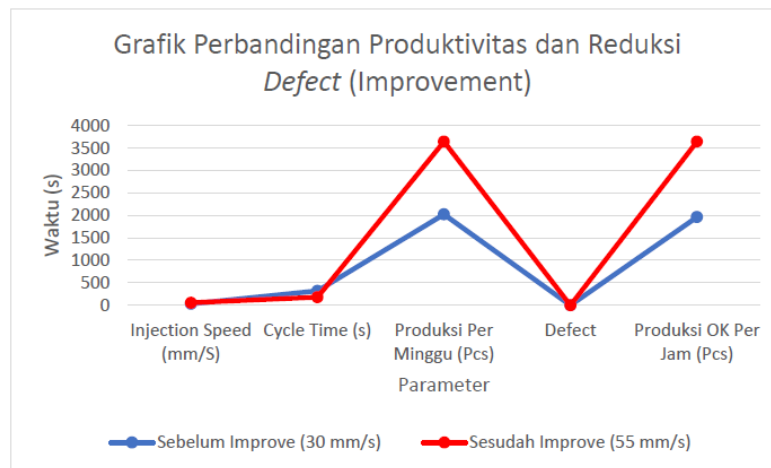
Perlu dibandingkan nilai produktivitas dan reduksi *defect* dari kecepatan injeksi awal yang sering digunakan di lapangan yaitu 30 mm/s (menurut buku panduan Fanuc) dengan kecepatan hasil pengujian yaitu 55 mm/s untuk mengetahui seberapa signifikannya penelitian ini. Oleh karena itu, kedua nilai kecepatan injeksi tersebut akan diproses ke dalam tabel seperti berikut.

Tabel 9. Perbandingan Produktivitas dan Reduksi Defect (*Improvement*)

	Injection Speed (mm/S)	Cycle Time (s)	Produksi Per Minggu (Pcs)	Defect	Produksi OK Per Jam (Pcs)
Sebelum Improve	30	318,32	2.025	3%	1.964
Sesudah Improve	55	178,77	3.645	0%	3.645

Pada Tabel 9 tersebut, menunjukkan bahwa perbandingan kinerja produksi termasuk perbandingan kecepatan injeksi antara 30 mm/detik dengan 55 mm/detik. Parameter yang dibandingkan meliputi kecepatan injeksi, waktu siklus produksi, kuantitas produk per jam,

persentase cacat, dan produksi OK per jam. Perbedaan terlihat antara kecepatan injeksi 30 mm/detik dengan 55 mm/detik dalam menghasilkan waktu siklus 318,53 detik dan 178,77 detik, dan jumlah produksi produk yang dihasilkan antara 1.964 pcs dengan 3.645 pcs dalam satu minggu.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Produktivitas dan Reduksi Defect (*Improvement*)

Pada Grafik 13 di atas, menunjukkan efek perbandingan tersebut dan menunjukkan kecenderungan peningkatan performa produksi setelah perbaikan nilai kecepatan injeksi dari 30 mm/s menjadi 55 mm/s. Tingkat *defect* hanya terdapat sebelum *improve*, sedangkan sesudah *improve* tidak ditemukan *defect*, dimana *defect* dapat ditekan setelah *improvement*. Analisa dari perbaikan kecepatan injeksi jika menggunakan 55 mm/s adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kecepatan injeksi secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi produksi.
2. Waktu siklus produksi berhasil diturunkan secara drastis yang mana berpengaruh terhadap peningkatan output produksi per jam.
3. Setelah dilakukan *improvement*, tidak ditemukan *defect*.
4. Meskipun kecepatan produksi ditingkatkan, namun kualitas produk tetap terjaga dengan baik.

Oleh karena itu, perbaikan (*improvement*) kecepatan injeksi yang dilakukan telah terbukti berhasil dan efektif dalam meningkatkan produktivitas produk *cup* transparan berulir CS01 dengan mutu produk terjaga.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil proses analisis dan pengujian pada produksi *cup* transparan berulir CS01 dengan metode *injection molding* pada penelitian ini, dapat disimpulkan ke dalam poin – poin berikut:

1. Efisiensi proses produksi dan kualitas produk sangat dipengaruhi oleh penentuan parameter proses produksi seperti *clamping force*, *shot size*, *packing time*, dan *injection speed*.
2. Tiga tahap pengujian menghasilkan kecepatan injeksi optimal, yang menunjukkan hasil produk pada kecepatan 55 mm/s tanpa cacat *short shot* atau *flowmark* dengan kualitas permukaan yang baik dan bentuk produk yang sempurna.
3. Kecepatan injeksi yang lebih tinggi dapat secara bertahap menurunkan waktu siklus dan meningkatkan produktivitas produksi. Produksi meningkat sebesar 100% pada kecepatan 55 mm/s dari 1.964 pcs/minggu menjadi 3.645 pcs/minggu.
4. Tingkat *defect* terjadi di 3% sebelum *improve*, sedangkan sesudah *improve* tingkat *defect* menjadi 0% atau tidak terdapat *defect* sama sekali. Meskipun sesudah *improve* kecepatan injeksi lebih tinggi dan *output* meningkat, tetapi kualitas produk tetap terjaga dan tidak terpengaruh oleh peningkatan efisiensi.
5. Terbukti bahwa kecepatan injeksi yang dioptimalkan dapat meningkatkan efisiensi produksi dalam hal waktu, kuantitas, dan kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Supriyanto, F. M. Dewadi, A. C. Budiansyah, and Siswanto, “Pengaruh variasi injection velocity dan packing pressure terhadap kualitas part produk injection molding,” *Buana Ilmu*, vol. 8, no. 1, pp. 13–24, Nov. 2023.
- Rosato, Dominick V., D. V. Rosato, and M. G. Rosato, “*Injection Molding Handbook*”. Kluwer Academic Publisher. TP1150.155. 2000.
- Rosato, Dominick V., D. V. Rosato, and M. G. Rosato, “*Plastic Product Material and Process Selection Handbook*”. Elsevier. 2004.
- Osswald, T. A., & Turng, L. S., “*Injection Molding Handbook: Technology and Fundamentals*.” Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2008.
- Strong, A. Brent. “*Plastics: Materials and Processing*.” 3rd ed., Pearson Prentice Hall, 2006.
- Tadmor, Z., & Gogos, C. G., “*Principles of Polymer Processing*.” 2nd ed., John Wiley & Sons, 2006.

Brydson, J. A., “Plastics Materials.” 7th ed., Butterworth-Heinemann, 1999.

Malguarnera, S. C., & Sanchez, R., “Process Optimization for Injection Molding Using Statistical Techniques,” *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 123, no. 2, pp. 398–405, 2001.

White, J. L., & Coran, A. Y., “Polymer Processing and Structure Development.” Hanser Publications, 2008.

FANUC Academy. (n.d.). *Fanuc ROBOSHOT S-2000iB/α-SiA: Maintenance information for FANUC service only* (B-10723EN/02). FANUC Corporation.