

DESIGN CHUCK ROBOT PADA PROSES INJECTION UNTUK MENGURANGI DEFECT RATIO PART PADA PT XYZ

Muhammad Faisol Fahmi¹ , Agus Riyanto²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Perkembangan teknologi industri *manufactur* yang semakin meningkat pesat. Memberikan banyak dampak yang cukup berpengaruh terhadap produktifitas sebuah perusahaan. Untuk memenuhi permintaan customer yang meningkat maka penulis melakukan *improvement design* terhadap *chuck robot* untuk menjaga kualitas customer yaitu dengan cara mengatasi masalah kualitas dalam sebuah proses. Chuck robot adalah alat bantu pengambilan part hasil injection yang keluar dari cetakan (*Molding*). Diperlukan design yang dapat dalam proses *improvement chuck robot* untuk dapat menjaga kualitas, *reduce cycle time*, dan *reduce manpower*. Sehingga dapat dihasilkan design yang berpengaruh terhadap *defect ratio* dengan target menjadi 98% kondisi ok. *Reduce cycle time* yang awalnya 72 *second* menjadi 52 *second*, dan dapat mengurangi 1 *manpower* untuk proses lanjut.

Kata Kunci— *Design improvement, Chuck robot, Injection Molding.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangatlah berpengaruh terhadap kemajuan suatu bangsa ataupun dalam lingkup kecil sebuah perusahaan. Terkait perkembangan teknologi tersebut dalam sebuah perusahaan mempunyai sebuah tujuan perkembangan teknologi untuk memudahkan suatu pekerjaan. Disisi lain perusahaan mempunyai target produksi yang berkualitas tinggi, sangat mudah didapatkan, dan tingkat efisien dalam penggunaannya. Terkait adanya kebutuhan tersebut, maka mahasiswa lulusan Universitas Pancasila dituntut agar terampil di bidangnya sesuai dengan tuntutan industri.

Dalam hal ini penyusun mengoptimalkan suatu pekerjaan yang ada dalam sebuah industri. PT. XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam *industry Manufacturing of Lamp*. Produk yang dihasilkan adalah komponen kendaraan berbahan dasar *plastic* yang telah dipasarkan keberbagai *customer* sebuah perusahaan otomotif di Indonesia. Salah satunya adalah komponen kendaraan bermotor roda empat. Untuk memenuhi permintaan customer yang meningkat maka PT. XYZ melakukan *improvement* untuk menjaga kualitas *customer* yaitu dengan cara mengatasi masalah kualitas dalam sebuah proses. Oleh sebab itu, maka Penulis mencoba melakukan penelitian untuk mengoptimalkan sebuah proses pada *chuck robot injection* untuk mengurangi *defect ratio part* yang nantinya diharapkan dapat meningkatkan produktifitas dan kualitas produksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengembangkan produk yang sudah ada untuk memperkecil resiko *defect* dan penekanan biaya dan Mengoptimalkan *design* supaya proses dapat dilakukan dengan proses otomatis tanpa adanya *manpower* pendukung.

Rumuskan permasalahannya adalah menganalisa bahwa kualitas produk dari *injection molding* terpengaruh oleh proses yang terjadi karena kondisi *chuck robot* yang kurang optimal dikarenakan adanya *secondary* proses yang didalamnya ada proses *handling* yang berpengaruh terhadap *ratio defect* yang targetnya 98 % kondisi OK aktualnya 78 % kondisi OK. Oleh sebab itu, dibutuhkan *improvement design* terhadap jig chuck robot tersebut. Yang juga berpengaruh terhadap *reduce manpower* . mengurangi 1 *manpower* dan *reduce cycle time* yang awalnya 70,92 detik diturunkan semaksimal mungkin

Untuk mendapatkan data primer dengan cara mengamati langsung objek datanya. Dengan pengamatan langsung di PT XYZ, penulis mengadakan analisis langsung untuk mengetahui proses *trial injection molding* pada lens. Sehingga penulis dapat menganalisis optimalisasi *design* yang sesuai untuk kebutuhan dan dapat mengurangi *defect ratio*.

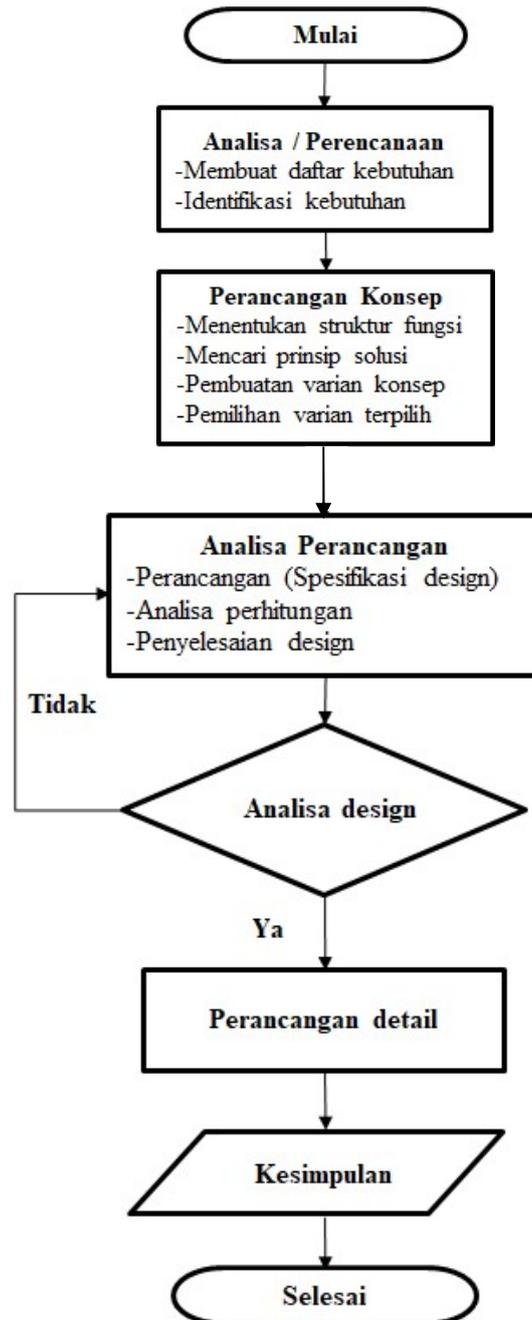
METODE PENELITIAN

Metode penelitian, suatu bentuk atau cara untuk mewujudkan sebuah alat atau produk yang keberadaanya diperlukan oleh masyarakat ataupun sebuah instansi untuk mempermudah pekerjaan [9].

Metode perancangan *improvement design* pada *chuck* robot ini dimulai dengan pengumpulan data dan informasi melalui identifikasi kebutuhan hingga dilakukan evaluasi.

Pada proses *improvement* perancangan *chuck robot* ini, tahapan perancangan yang digunakan adalah metode VDI 2221 (*Verein Deutcher Ingenieure*) menurut Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz (1984) [4].

b. Diagram Alir Proses



Gambar 1 Flow proses perancangan dengan metode VDI 2221

1. Identifikasi Kebutuhan

Dalam penentuan daftar spesifikasi proses perancangan harus dapat membedakan syarat yang menjadi keharusan (*demand*) ataupun syarat yang menjadi keinginan (*wishes*). Untuk mendapatkan hasil identifikasi pelanggan dari produk *improvement* yang diinginkan, saya melakukan survey dengan metode wawancara di lingkungan PT XYZ.

2. Product Positioning

Chuck robot ini merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memudahkan pengambilan part hasil *injection* dengan sistem *pneumatic*. Alat ini merupakan alat yang mempunyai kemudahan dalam pengoperasiannya karena dilengkapi dengan robot penggerak, dan memiliki design yang sederhana sehingga memudahkan manpower dalam proses pemasagannya kebagian lengan robot ^[9].

3. Perancangan Konsep

Perancangan konsep *chuck robot* terdiri dari beberapa tahapan antara lain : analisis produk pesaing, penentuan struktur fungsi, pemilihan kombinasi, *Alternative* produk *design*, kombinasi prinsip solusi, pemilihan konsep varian, dan yang terakhir adalah evaluasi design.

4. Struktur Fungsi

Struktur fungsi disini adalah penentuan tugas dari perancangan konsep secara detail. Yang membahas tentang mekanisme alat. Struktur fungsi digambarkan melalui blok diagram. Struktur fungsi berisi masukan dan keluaran yang diinginkan. Dibuatkan skema dalam bentuk aliran energi, material dan sinyal.

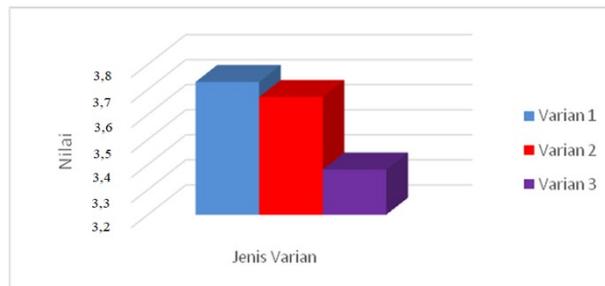
5. Pemilihan Kombinasi Prinsip Solusi

Dalam perancangan dan pembuatan alat *chuck robot* ini dipergunakan metode *morphological chart*. Untuk mendapatkan kombinasi terbaik harus dilakukan pengeleminasian dan pemilihan.

6. Evaluasi

Konsep varian-varian yang telah dibuat harus dievaluasi satu demi satu. Evaluasi ini termasuk membandingkan sebuah solusi dengan solusi yang dianggap ideal.

Sehingga didapatkan nilai untuk masing-masing varian seperti gambar berikut ini :



Gambar 9 Perbandingan nilai antar varian

7. Menentukan Rating Tiap Varian

Untuk menentukan *rating* tiap varian maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$WR_j = \frac{OWV_j}{V_{max} \sum_{i=0}^n W_i}$$

Sehingga :

$$\text{Varian 1} = WR_j = \frac{3.73}{3 \times 6} = 0,209$$

$$\text{Varian 2} = WR_j = \frac{3.67}{3 \times 6} = 0,206$$

$$\text{Varian 3} = \text{WRj} = \frac{3,38}{3 \times 6} = 0,186$$

Ranking 1 : Varian 1 = 0,209

Ranking 2 : Varian 2 = 0,206

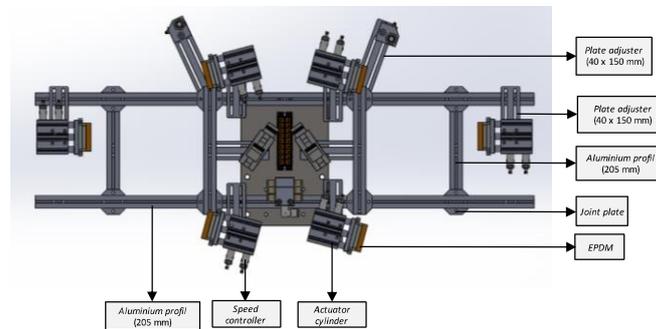
Ranking 3 : Varian 3 = 0,186

PERANCANGAN DAN ANALISIS

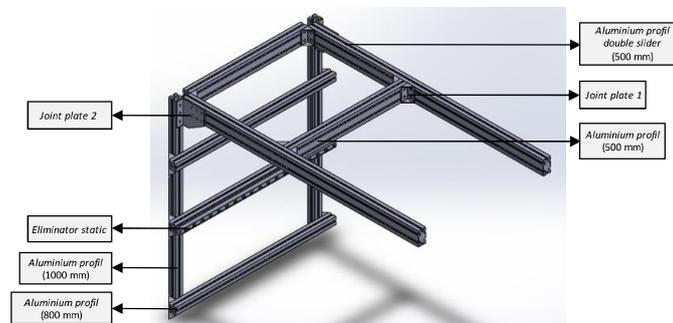
1. Perancangan kontruksi



Gambar 5 Part lens HL



Gambar 5 2 Chuck robot Front view



Gambar 5 frame eliminator static isometric view

2. Evaluasi Perancangan

Evaluasi perancangan dalam hal ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap rancangan dengan tujuan untuk mengetahui *improvement* penambahan alat *eliminator static* berfungsi dengan baik pada posisi dan sudut yang sudah ditentukan dalam rancangan. Berikut adalah evaluasi perancangannya :

- Cara pengukuran : Melakukan pengukuran ketika *part injection* sudah berada pada mesin *annealing conveyor*. Yang diukur adalah part yang sudah terkena semprotan *static* dari *eliminator static* sewaktu part keluar dari molding.
- Alat ukur : Pengukur listrik statis Sunhayato EG-1. Berfungsi untuk mengukur kandungan *static* yang ada dalam part ataupun lingkungan kerja. Biasanya digunakan untuk mengukur kondisi part terhadap kegagalan perangkat yang disebabkan oleh gaya statis.



Gambar 5 Alat ukur listrik statis

- c. Jenis eliminator static : *Pengion* sensor berkecepatan sangat tinggi tipe hibrida Seri SJ-E. Berfungsi sebagai sistem eliminasi statis. Adanya listrik statis menyebabkan adhesi debu dan kotoran atau kegagalan perangkat, yang mengakibatkan masalah dalam proses *manufakturing*.



Gambar 5 Eliminator static Seri SJ-E

Tabel 1 Spesifikasi Eliminator static

Keseimbangan ion		$\pm 30V$
Jarak pengoperasian		50 ~ 2000 mm
Resistansi lingkungan	Suhu sekitar pengoperasian	0 ~ +40°C
	Kelembapan pengoperasian sekitar	35 ~ 85% RH (tanpa kondensasi)
Bahan		ABS/PBT/PP/LPC/PPS/SPS/SUS
Tekanan pasokan udara		0,1 ~ 0,5 MPa (Tekanan udara yang disarankan : 0,2 MPa)

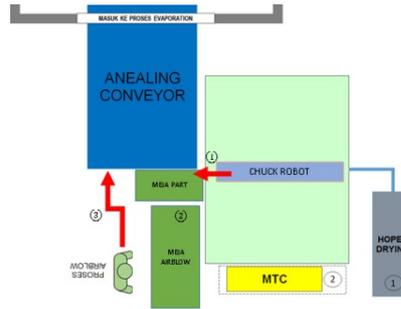
Tabel 1 Hasil Pengukuran electrostatis

Pengukuran ke	Jarak <i>eliminator static</i> ke benda kerja	Sebelum	Sesudah	Waktu
1	500 mm	5,0 kV	0,07 kV	6~7 s
2	500 mm	4,9 kV	0,08 kV	6~7 s
3	500 mm	4,9 kV	0,07 kV	6~7 s
4	500 mm	4,8 kV	0,07 kV	6~7 s
5	500 mm	4,9 kV	0,08 kV	6~7 s

3. Evaluasi Layout dan Cycle Time

Evaluasi *layout* dan *cycle time* dalam hal ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap rancangan dengan tujuan untuk mengetahui *improvement* penambahan alat *eliminator static* berfungsi dengan baik. Dengan kondisi *layout* dan *cycle time* yang berubah setelah adanya *improvement* dalam rancangan. Menjadikan *prosentase NG* berkurang. Berikut adalah evaluasi perancangannya :

a. Sebelum *improvement*

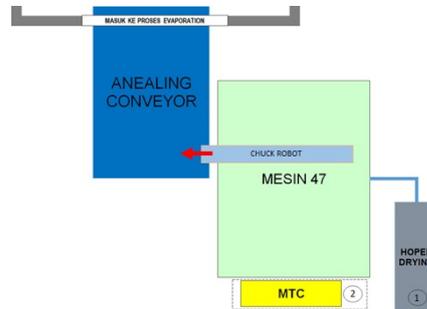


Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Tabel 1 Waktu kerja total injection

Nama Proses	Standar Waktu Kerja/Produksi		Setting waktu	
	Jenis Pekerjaan	Waktu (s)	Waktu (s)	Total (s)
Injection	Injection waktu total (Part keluar dari mold sampai ke meja kerja)	54	54	70,92
Electric cleaner (Manual)	[1] Mengambil barang	0,72	11,7	
	[2] Mengambil air gun	0,72		
	[3] Air blow (luas area blow $\leq 0.3\text{m}^2$)	5,4		
	[4] Menaruh air gun	0,72		
Visual check	Appearance check	4,14	4,14	
Berjalan kaki	1~2 dtk (bergerak ~1.5m)	0,36	0,36	
Supply part ke oven	Menaruh barang	0,72	0,72	

b. Sesudah *improvement*



Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Tabel 1 Waktu kerja total injection

Nama Proses	Standar Waktu Kerja/Produksi		Setting waktu	
	Jenis Pekerjaan	Waktu (s)	Waktu (s)	Total (s)
Injection	Injection waktu total (Part keluar dari mold sampai ke meja kerja)	54	54	70,92
Electric cleaner (Manual)	[1] Mengambil barang	0,72	11,7	
	[2] Mengambil air gun	0,72		
	[3] Air blow (luas area blow $\leq 0.3\text{m}^2$)	5,4		
	[4] Menaruh air gun	0,72		
Visual check	Appearance check	4,14	4,14	
Berjalan kaki	1~2 dtk (bergerak ~1.5m)	0,36	0,36	
Supply part ke oven	Menaruh barang	0,72	0,72	

4. Data Produksi

1. Data Defect ratio

Tabel 1 Sampling data monitoring NG RH side pada bulan Juni 2019

No	Item	Juni 2019				
		2	3	4	5	6
1	Total produksi (pcs)	497	250	180	630	650
2	Qty NG proses (pcs)	38	24	26	39	61
3	Qty NG trial (pcs)	75	25	0	74	75
4	(%) NG proses	7,10	8,76	12,62	5,83	8,58
5	(%) NG trial	13,11	9,09	0	10,51	10,34
6	Budomari (%)	79,79	82,15	87,38	83,66	81,08

Tabel 1 Sampling data monitoring NG RH side pada bulan Juli 2019

No	Item	Juli 2019				
		2	3	4	8	9
1	Total produksi (pcs)	513	250	790	24	218
2	Qty NG proses (pcs)	7	8	50	1	18
3	Qty NG trial (pcs)	75	45	92	0	20
4	(%) NG proses	1,35	3,10	5,95	4,00	7,63
5	(%) NG trial	12,76	15,25	10,43	0	8,40
6	Budomari (%)	85,90	81,64	83,62	96	83,97

Budomari adalah istilah dari bahasa jepang yang mempunyai arti *First time yield* (Hasil waktu pertama) yaitu jumlah unit bagus dikurangi jumlah unit yang *not good (NG)*. Perhitungan *budomari* di PT XYZ dapat dicari dengan cara :

$$\begin{aligned}
 (\%) \text{ NG Proses} &= \text{Qty NG proses} / (\text{Qty NG proses} + \text{Qty total produksi}) \\
 &= 38 / (38 + 497) \times 100 \\
 &= 7,10 \% \text{ dari total produksi} \\
 (\%) \text{ NG Trial} &= \text{Qty NG trial} / (\text{Qty NG trial} + \text{Qty total produksi}) \\
 &= 75 / (75 + 497) \times 100 \\
 &= 13,11 \% \text{ dari total produksi} \\
 (\%) \text{ Budomari} &= 100 - (\% \text{NG proses} + \% \text{NG trial}) \\
 &= 100 - (7,10 + 13,11) \\
 &= 79,79 \text{ dari total produksi}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 Sampling data monitoring jenis NG RH side pada bulan Juni 2019

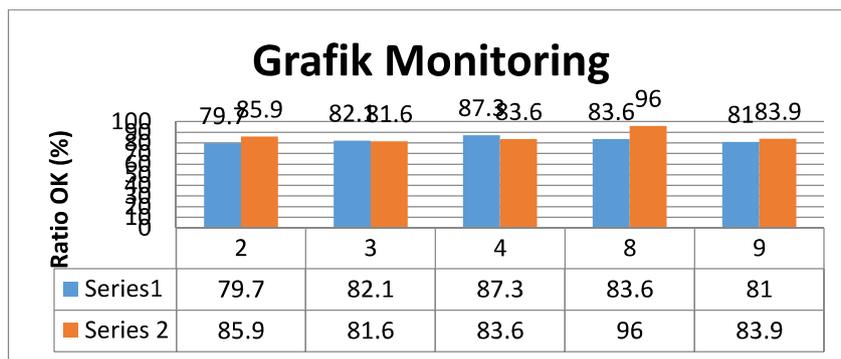
No	Jenis cacat (defect)	Jumlah defect Juni 2019				
		2	3	4	5	6
1	<i>Black dot</i> (Bintik hitam)	5	0	0	0	0
2	Benang	14	9	12	10	15
3	<i>Flek</i>	0	0	0	0	0
4	Sidik jari	6	5	5	8	2
5	Kotor debu	8	6	8	16	6
6	<i>Silver</i>	2	0	1	5	20
7	<i>Bubble</i>	0	0	0	0	17
8	Kabut	0	0	0	0	0
9	Gelombang	0	0	0	0	0

10	<i>Flow mark (Burry fudo)</i>	3	4	0	0	0
Total		38	24	26	39	61

Tabel 1 Sampling data monitoring jenis NG RH side pada bulan Juli 2019

No	Jenis cacat (<i>defect</i>)	Jumlah defect Juli 2019				
		2	3	4	8	9
1	<i>Black dot</i> (Bintik hitam)	5	0	4	1	3
2	Benang	0	0	0	0	0
3	<i>Flek</i>	0	0	0	0	15
4	Sidik jari	0	0	0	0	0
5	Kotor debu	0	0	0	0	0
6	<i>Silver</i>	2	4	6	0	0
7	<i>Bubble</i>	0	0	0	0	0
8	Kabut	0	0	0	0	0
9	Gelombang	0	0	8	0	0
10	<i>Flow mark (Burry fudo)</i>	0	4	34	0	0
Total		7	8	50	1	18

2. Grafik Monitoring



Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Series 1 : Bulan juni 2019

Series 2 : Bulan juli 2019

Dari grafik diatas dapat dilihat kenaikan % ratio OK setelah dilakukan *improvement* pada *chuck robot* dengan penambahan *eliminasi static*.

5. Analisa Perhitungan Clamp

Diketahui :

- Tekanan udara kompresor
- $P = 6 \text{ bar} = 60000 \text{ N/mm}^2$
- Massa *part housing*
- $m = 448 \text{ gr/part} = 0,448 \text{ kg}$
- 2 part HL Lens
- $m = 0,560 \times 2 = 0,896 \text{ kg}$
- Jumlah mini silinder = 8

1. Gaya berat *part*

F_g : Gaya berat (N)

m : Massa (kg)

g : Gaya Gravitasi (m/s)

$$F_g = m \times g$$

$$= 1,12 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}$$

$$= 11,2 \text{ (kg.m/s)}$$

2. Beban tiap silinder
 $F_g = 1,12 / 6 = 1,86 \text{ N}$
3. Tekanan udara yang dihasilkan *solenoid* untuk menekan *part*
P = Tekan udara yang dihasilkan selenoid
F = Gaya dorong piston
A = Luas penampang *Gripper finger*
 $A = P \times L = 30 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} = 2100 \text{ mm}^2$
 $P = F / A$
 $= 60000 \text{ N} / 2100 \text{ mm}^2 = 28,5 \text{ N/mm}^2$

Gaya tekan *pad* yang dihasilkan silinder $28,5 \text{ N/mm}^2 \geq$ dari gaya beban *part* HL Lens sebesar 1,86 N, sehingga *part* HL Lens dapat dicekam oleh *chuck robot*. Bila tekanan dari *Gripper finger* terlalu besar, tekanan dapat dicekikan atau di atur melalui *regulator* atau *Speed controller shape "Elbow"*. Dan juga bisa diatur dengan menggeser *solenoid* pada bagian *plate adjuster*.

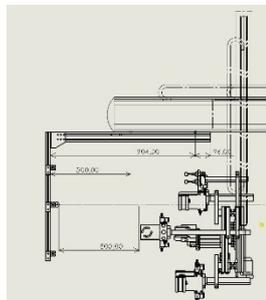
Dari hasil perhitungan di atas dipilih Selenoid SMC MGMPM12-20Z dengan maksimal 1,0 MPa.

6. Analisa Tegangan Tekuk / Bengkok

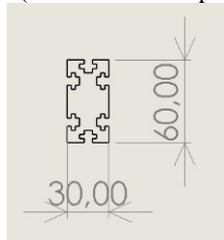
Analisa tegangan tekuk / bengkok terhadap kekuatan kontruksi design. Perhitungan tegangan tekuk yang diterima aluminium profil terhadap beban dari part lain berupa luasan panjang.

Tabel 1 Spesifikasi aluminium profil rangka eliminitor static

No	Simbol	Spesifikasi	Dimensi	Satuan
1	<i>b</i>	Lebar	30	mm
2	<i>h</i>	Tinggi	60	mm
3	F/W	Beban yang diterima	39,2	N
4	<i>l</i>	Jarak titik tumpu dengan beban	500	mm



Gambar 5 Dimensi l (Jarak titik tumpu dengan beban)



Gambar 5 Dimensi b dan h

Tegangan tekuk pada rangka *eliminitor static*

$$M_b = F \times l$$

$$= 39,2 \times 500$$

$$= 19600 \text{ Nmm}$$

Setelah momen tekuk (M_b) diperoleh, selanjutnya menghitung momen tahanan polar (Z) menggunakan persamaan yang terdapat pada tabel 2.1. Setiap bentuk penampang benda memiliki

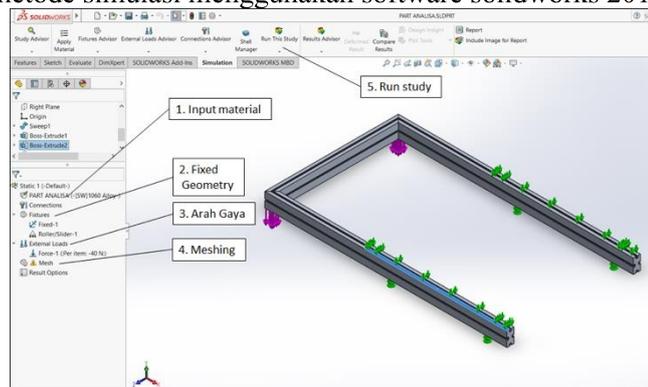
momen tahanan polar yang berbeda. Karena bentuk penampang Aluminium profil berupa *rectangle*, maka rumus menghitung section modulus (Z) adalah

$$\begin{aligned} Z &= bh^2/6 \\ &= 30 \text{ mm} \times 60^2 \text{ mm} /6 \\ &= 18000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

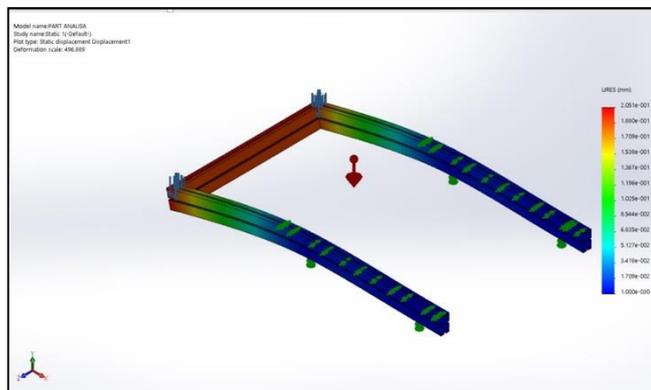
Selanjutnya menggunakan persamaan (2.5), tegangan tekuk (σ_{b1}) yang diterima rangka *eliminator static* dapat diketahui.

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= Mb / Z \\ &= 19600 / 18000 \\ &= 1,08 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan gaya tekuk pada rangka *eliminator static* diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis pembebanan melalui metode simulasi menggunakan software *solidworks 2019*.



Gambar 5 Tahapan pembebanan simulasi static



Gambar 5 Hasil Simulasi Material *Aluminium alloy 1060*

Pada gambar terdapat grafik warna yang terletak disisi kanan gambar. Grafik tersebut merupakan nilai von mises stresses Diketahui dari gambar bahwa *von mises stresses* maksimum yang terjadi adalah 1,08 MPa. Sedangkan untuk material *Aluminium Alloy* *von mises stresses* maksimum yang terjadi masih dibawah *yield strength* material yaitu adalah 207 MPa.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, dan pemecahan masalah yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari *improvement Chuck robot* dengan penambahan *eliminator static* adalah sebagai berikut :

1. Dengan kondisi berawal dari tanggal 2 Juli 2019 dilakukan proses trial produksi % Ratio OK yaitu 79,79 %. Dan dilakukan monitoring selama 5 kali produksi di shift 1 saja. Kondisi meningkat menjadi 83,97%. Beberapa *defect* yaitu sidik jari, kotor debu, dan benang. Yang semula terjadi

akibat *secondary* proses penyemprotan *air gun static* sudah teratasi oleh adanya *improvement*. Bisa dilihat pada tabel 4.6 untuk penurunan jumlah NG pada *defect* tersebut.

Sedangkan untuk pada tanggal 9 Juli 2019 terjadi NG flek yaitu 15 pcs. NG tersebut tidak disebabkan oleh *secondary* proses. Melainkan akibat pembuangan material didalam yang menyebabkan material menempel pada *core* dan ketika *mold normally close*. Material sisa yang menempel pada *core* tertekan oleh *cavity* dan menimbulkan flek pada dies yang berpengaruh pada hasil *part injection*.

Pengaruh tidak tercapainya target 98 % OK juga disebabkan beberapa item NG. Yaitu :
Black dot, *Silver*, dan *Flow mark (Burry fudo)*

2. Proses *injection HL lens* setelah dilakukan *improvement*. Urutan prosesnya yaitu proses part diambil dari mesin menggunakan *chuck robot* hingga dimasukkan kedalam *annealing conveyor*. Proses *air blow* sudah tergantikan oleh adanya alat *eliminator static*. Dengan fungsi proses yang sama yaitu menghilangkan gaya *static* pada part yang menyebabkan adanya gaya tarik menarik terhadap kotoran atau debu, ataupun kotoran yang lain yang bisa menyebabkan NG pada part. Disisi lain dengan adanya perubahan tersebut menghilangkan potensi NG sidik jari pada part ataupun NG yang terpengaruh dari adanya *handling part* saat melakukan proses *air blow*. Adanya perubahan urutan proses yang menjadikan penurunan *cycle time* yang awalnya 70,92 detik menjadi 52 detik. Jadi target penurunan *cycle time* sudah tercapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

DAFTAR PUSTAKA

1. I. Arimbawa, M. Kesiman, and G. Darmawiguna, "Pengembangan robot penulis karakter aksara bali berbasis," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 259–277, 2012.
2. M. Rasyid, Firdaus, and Derisma, "Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *jsiskom J. Sist. Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 106–111, 2016.
3. Irawan, A. P., Sirahar, D. A., & Sugandy, J. (2006). Perancangan Ulang Sepeda Elektrik Menggunakan Metode VDI 222. *Pertemuan Ilmiah Dosen Teknik 2006*, 283–292.
4. Muksid, P., "Perancangan Extrator pengambil part housing lamp dari mesin injeksi dengan sistem pneumatik", Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jakarta, 2015
5. A. Antoni and A. St, "Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis," *J. Rekayasa Sriwij.*, vol. 18, no. 3, pp. 21–28, 2014.
6. Prede, G & Scholz, D. 2000. Elektropneumatik Tingkat Dasar. Festo Didactic FmbH. Sudaryini. 2000. Rangkaian Dasar Pneumatik. Malang: PPPGT-VEDC.
7. P. Margani, "Sistem operasi pengereman udara pada kereta api cc 201," *Progr. Stud. Tek. mesin Jur. Tek. mesin Univ. sanata dharma yogyakarta*, 2009.
8. M. Hidayat, M. A. Syahroni, and S. Ardi, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GRIPPER SEBAGAI KOMPONEN ROBOT 6-AXIS PADA PROSES OTOMATISASI PRODUCT HANDLING MESIN PLASTIK INJEKSI," *Simp. Nas. RAPI XV-2016 FT UMS*, no. 1412–9612, pp. 96–103, 2016.
9. R. . Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*, First., vol. 45, no. 12. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., 2005.
10. V. B. Bhandari, *Design of Machine Elements About the Author*, Third., vol. Third edit. India: Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2016.
11. M. Robert L., *Machine elements in mechanical design*, Fourth., vol. 20, no. 2. New Jersey: Person Education, 2004.