

Optimasi Gaya Cekam *Cover Fog Lamp Minibus* dengan Pendekatan Perhitungan pada Aplikasi Catia V5 dan Simulasi pada *Autodesk Moldflow*

Danang Bagus Priambodo ^{1,*}, I Nyoman Artana ¹, Nani Kurniawati ¹, Djamhir Djamruddin ¹, Aji Digdoyo ¹, Dian Samodrawati ² dan Tri Surawan ¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

*) *Corresponding author*: danangprido@gmail.com

Abstract

Every automotive manufacturer is intensively carrying out the automotive competition to attract the attention and interest of buyers by making improvements to each of their products. This is due to the increase in production process costs; one example is the increase in electricity rates. Therefore the company must make efficient to survive and compete, and one way is to analyze the clamping force of a product that is already running. This study aims to analyze a product's clamping force to improve production efficiency by reducing the costs incurred in producing these goods, which were initially on the 350 Ton machine to 230 Ton. Several methods of analysis are carried out, namely by identifying the product, then analyzing it with the help of CATIA V5 and Autodesk Moldflow software. From the research and analysis results, it can be seen that product A cannot reduce engine tonnage because the clamping force exceeds the machine capacity of 230 Tons. In comparison, product B can be reduced machine tonnage to 230 Tons so that in product B, the efficiency increases by 15% at a cost-reduced production of Rp2.471.040/month.

Abstrak

Persaingan otomotif saat ini tengah gencar dilakukan setiap produsen otomotif untuk menarik perhatian dan minat pembeli dengan melakukan improvement pada setiap produknya. Hal ini dikarenakan kenaikan biaya-biaya dari proses produksi tersebut, salah satu contohnya adalah kenaikan tarif listrik. Maka dari itu perusahaan harus melakukan efisiensi untuk tetap bertahan dan bersaing, salah satu cara yang dilakukan dengan menganalisa clamping force dari suatu produk yang sudah berjalan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa clamping force dari suatu produk untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan mengurangi biaya yang dikeluarkan dalam memproduksi barang tersebut yang semula berada pada mesin 350 Ton menjadi 230 Ton. Beberapa cara analisa yang dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi produk, kemudian dilakukan analisis dengan bantuan software CATIA V5 dan Autodesk Moldflow. Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa produk A tidak dapat dilakukan penurunan tonase mesin karena clamping force melebihi kapasitas mesin 230 Ton, sedangkan untuk produk B dapat dilakukan penurunan tonase mesin ke 230 Ton sehingga pada produk B efisiensi meningkat sebesar 15% dengan biaya produksi yang direduksi sebesar Rp2.471.040/bulan.

Keywords: *Autodesk Moldflow, CATIA V5, Clamping force.*

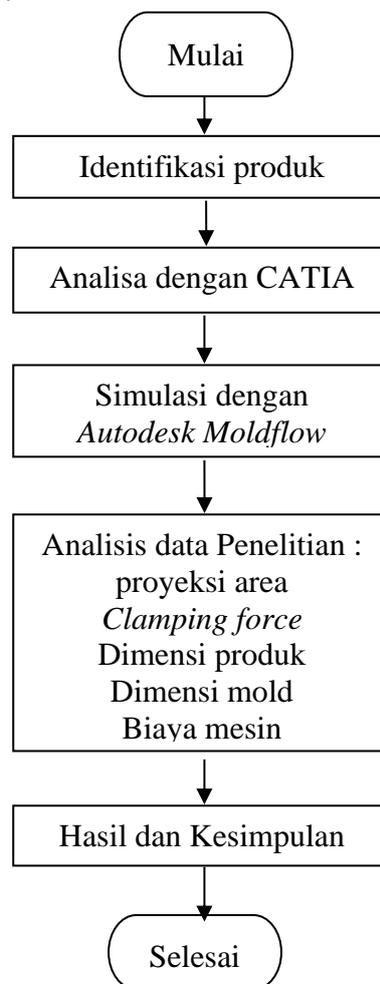
PENDAHULUAN

Persaingan otomotif saat ini tengah gencar dilakukan setiap produsen otomotif untuk menarik perhatian dan minat pembeli dengan melakukan *improvement* pada setiap produknya. Umumnya setiap perusahaan umumnya berkeinginan untuk mengembangkan usahanya demi keberlangsungan perusahaan tersebut. Hal ini disebabkan oleh pesatnya daya saing yang dilakukan oleh perusahaan/pabrikasi manufaktur di sektor otomotif. Efisiensi pada seluruh sektor usaha terutama pada faktor-faktor produk mempunyai peranan penting bagi perusahaan, dimana perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang maksimal dengan mengeluarkan atau menggunakan biaya produksi yang seminimal mungkin. Hal ini membuat PT. SC yang merupakan perusahaan otomotif yang bergerak di bidang *molding injection* plastik dengan produk yang dihasilkan berupa *sparepart* kendaraan roda empat berbahan dasar plastik, salah satunya adalah *cover fog lamp*, harus melakukan perbaikan dari segi produksi dikarenakan kenaikan biaya-biaya dari proses produksi tersebut, salah satu contohnya adalah kenaikan tarif listrik. Pada bulan Juli 2022, pemerintah resmi menaikkan tarif dasar listrik (TDL) bagi golongan tertentu. Keputusan tarif listrik naik ini tertuang dalam surat Menteri ESDM Nomor T-162/TL.04/MEM.L/2022. Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin menganalisa bagaimana meningkatkan efisiensi produksi dari suatu produk *cover foglamp minibus A dan B* sehingga dapat dilakukan *cost reduction*. Maka dari itu peneliti mencoba untuk menurunkan penggunaan mesin *injection* yang bermula di mesin 350 Ton menjadi mesin 230 Ton dengan menganalisa *clamping force* pada produk apakah produk memungkinkan untuk dilakukan pada mesin 230 Ton. Mesin injeksi adalah alat bantu proses pencetakan yang pada dasarnya bertugas untuk melakukan proses injeksi plastik kedalam cetakan [1]. Proses injeksi ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada plastik yang telah dicairkan terlebih dahulu untuk kemudian memasuki rongga cetak dan dibekukan hingga menjadi plastik padat dengan bentuk yang kita inginkan. Saat ini pada umumnya mesin injeksi tidak hanya dibekali dengan kemampuan injeksi saja. Untuk menopang kebutuhan produksi, maka mesin injeksi juga dilengkapi dengan berbagai macam fungsi lain seperti melelehkan plastik, mencekam cetakan, hingga sistem pengeluaran produk. CATIA V5 (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*) adalah suatu software yang dikembangkan sebagai alat desain sebuah produk yang dikeluarkan oleh perusahaan perangkat lunak *Dassault Systemes* [2]. Program CATIA V5 merupakan program komputer yang dibuat dengan mendasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Dengan hadirnya program CATIA yang mempunyai kemampuan lebih luas membuka wawasan baru bagi peneliti untuk menyelesaikan masalah lebih cepat dan efektif. *Autodesk Simulation Moldflow Synergy 2016* adalah perangkat lunak yang paling sering digunakan untuk memodelkan, menganalisis, mengoptimalkan desain produk plastik dan cetakannya. *Autodesk Simulation Moldflow Synergy 2016* menyediakan beberapa paket yang dapat digunakan untuk pemodelan berbagai jenis proses injeksi plastik dengan berbagai jenis bahan plastik (*thermoplast* dan *termoset*) [3]. *Autodesk Simulation Moldflow Synergy 2016* memungkinkan untuk menganalisis, mengevaluasi dan mengoptimalkan bagian produk mulai dari perkiraan desain produksi sampai *setting* parameter proses. Tujuan umum dari pemodelan ini adalah meminimalkan biaya penelitian, mereduksi kesalahan yang mungkin terjadi, dan mengurangi biaya kegagalan. *Clamping force* adalah gaya yang dibutuhkan mesin untuk menahan kedua bagian cetakan agar tidak membuka pada saat pembentukan. Biasanya, *clamping force* pada *injection molding* dinyatakan dengan satuan tonase (*tonnage*). Menghitung *clamping force* memiliki fungsi untuk menentukan ukuran mesin *injection molding*. Tekanan ini menentukan maksimum gaya pencekam yang ada pada mesin tersebut

[4]. Cetakan Plastik (*Mold*) merupakan sebuah alat bantu produksi yang digunakan untuk menghasilkan produk berbahan dasar plastik. Proses untuk melelehkan plastik dilakukan dengan meningkatkan temperatur plastik sampai ke titik leleh plastik tersebut. Setelah mencapai titik lelehnya, butiran plastik (*granula*) yang berfasa padat akan berubah menjadi plastik berfasa cair [5]. Cairan tersebutlah yang kemudian dimasukkan kedalam *mold* dengan cara injeksi. Proses injeksi plastik dilakukan dengan cara memberi tekanan kepada cairan plastik supaya plastik tersebut dapat mengisi dan memenuhi rongga cetak yang ada pada cetakan. Dengan bentuk fasa cair dari plastik, memungkinkan cairan plastik tersebut untuk mengisi seluruh rongga yang ada pada cetakan. Hal itulah yang dapat dimanfaatkan untuk dapat membuat produk plastik sesuai dengan bentuk yang kita inginkan. Berdasarkan latar belakang tersebut sehingga tujuan penelitian ini adalah mengetahui *clamping force* dari suatu produk, meningkatkan efisiensi dari suatu proses produksi, dan mengurangi biaya yang dikeluarkan pada saat proses produksi (*cost down*).

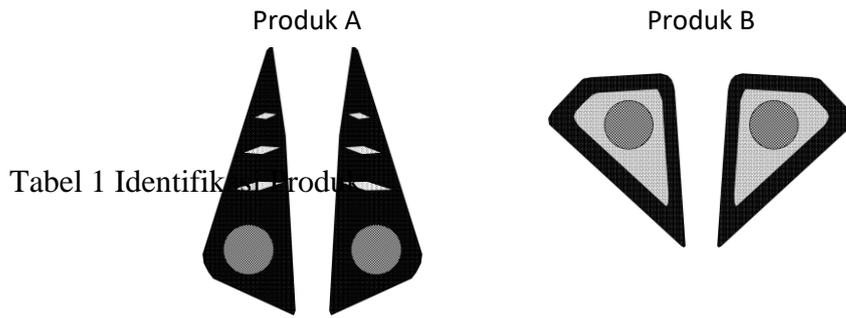
METODE PENELITIAN

Berikut akan membahas mengenai tahapan analisa bagaimana mencari proyeksi area pada CATIA untuk menghitung *clamping force Cover Fog lamp* dan selanjutnya disimulasikan dengan *software Autodesk Moldflow* :



Gambar 1. Tahapan Analisis

Identifikasi Produk



Gambar 2 Produk A dan B

Item	Tonase	Cavity	Material	Dimensi (mm)
Produk A	350 Ton	2 Cavity	ASA	137 x 133 x 401
Produk B	350 Ton	2 Cavity	PP	151 x 200 x 260

Analisa dengan CATIA V5

(1) Pre-Processing

Tahapan pertama yang akan dilakukan sebelum mencari proyeksi area dari produk yang akan dianalisa adalah dengan membuka data model 3D produk ke dalam CATIA. Analisa yang pertama adalah data model 3D produk A.

(2) Memilih Workbench CATIA

Setelah data model 3D sudah terbuka, maka tahapan selanjutnya yaitu dengan memilih *workbench Generative Shape Design* pada program CATIA. Pada *workbench Generative Shape Design* ini kita dapat membuat *wireframe* dan *surface* dimana dalam *workbench* ini tersedia *tools* yang akan kita gunakan dalam mencari proyeksi area dari produk yang dianalisa, seperti *tools point, line, plane, dan silhouette*.

(3) Membuat Garis Draft Direction

Garis *draft direction* pada produk yang akan peneliti analisa sudah tersedia pada model 3D, jadi hanya perlu memilih garis *draft direction* yang sudah tersedia pada model 3D.

(4) Membuat plane

Tahapan selanjutnya setelah membuat *draft direction* adalah membuat *plane*. *Plane* harus dibuat karena sebagai syarat yang dibutuhkan untuk ke tahapan berikutnya yaitu membuat *silhouette*.

(5) Membuat Silhouette (Proyeksi Area)

Langkah ini dilakukan dengan memilih *tools silhouette* pada CATIA, setelah itu kita masukkan syarat-syarat yang dibutuhkan untuk membuat *silhouette*, yaitu garis *draft direction*,

plane, dan 3D produk. Ketika syarat-syarat sudah terpenuhi, maka gambar dari *silhoutte* (proyeksi area) akan muncul pada tampilan di CATIA.

(6) Mengukur Luas *Silhoutte* (Proyeksi Area)

Langkah terakhir yang akan dilakukan adalah dengan menghitung luas proyeksi area yang telah dibuat. Caranya dengan memilih *tools measuring* pada CATIA lalu kemudian memilih objek *silhoutte* (proyeksi area) sehingga akan muncul angka perhitungan luas proyeksi area pada tampilan dalam satuan cm².

Setelah proyeksi area pada produk A sudah diketahui, maka tahapan selanjutnya adalah mencari luas proyeksi produk B dengan melakukan tahapan yang sama seperti sebelumnya.

Simulasi pada Autodesk Moldflow

(1) Pre-Processing

Tahapan pertama yang akan dilakukan pada Autodesk Moldflow ini adalah menyiapkan data 3D dalam bentuk *extension file .stp* atau *.stl*. Kemudian pilih data yang akan dibuka, dalam hal ini data yang akan dibuka adalah 3D dari produk A dan produk B dalam bentuk *extension file .stp*. Pilih menu *new project* pada *toolbar*, kemudian *import* data 3D dan *setting* ke *dual-domain*.

(2) Meshing

Setelah data sudah terbuka, langkah selanjutnya adalah membuat *meshing* pada data 3D produk yaitu dengan cara memilih *toolbar generate mesh*, kemudian *setting* ukuran *global edge on surface* (segitiga *mesh*) ke *auto detect* (2,44 mm) kemudian pilih *mesh now*, *check mesh*, dan *show*.

(3) Select Material

Pilih menu *select* material pada *toolbar*. Material untuk produk A adalah ASA dan produk B adalah PP-SC2.

(4) Process Setting

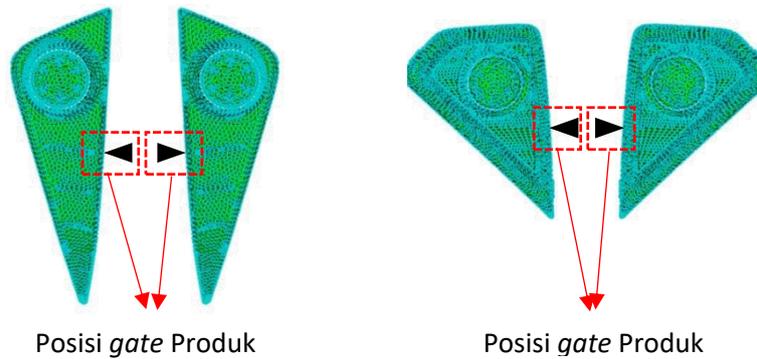
Selanjutnya memilih pengaturan *process* pada *toolbar*. Disini kita mengatur temperatur *mold surface* dan temperatur leleh material berdasarkan masing-masing material dari tiap produk. Pada tabel 2 di bawah ini menunjukkan pengaturan temperature dari setiap material yang digunakan.

Tabel 2 Material Produk

Material	Mold Surface Temperature	Melt Temperature
PP	50 °C	190 °C
ASA	60 °C	213 °C

(5) Menentukan lokasi injeksi (*set injection location*)

Lokasi injeksi atau biasa disebut *gate* dibuat untuk menentukan posisi dimana aliran akan masuk ke dalam rongga cetakan *mold*. Posisi *gate* diposisikan seperti pada gambar berikut sesuai dengan posisi yang sudah ditentukan pada *mold* yang telah dirancang.



Gambar 3 Posisi *Gate* Produk

(6) *Setting Analysis Sequence*

Langkah berikutnya adalah menentukan urutan analisis permodelan, dalam hal ini yang dipilih adalah *fill + pack*.

(7) Menentukan arah bukaan *mold* (*clamping*)

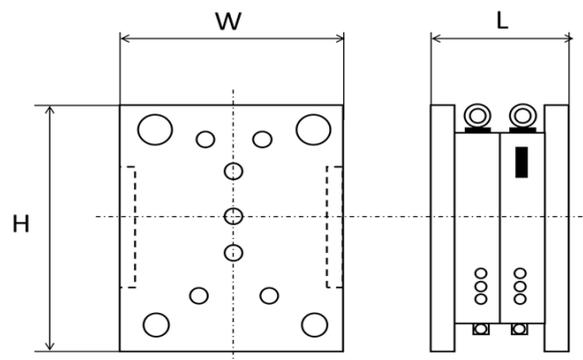
Sebelum memulai analisis, yang perlu diperhatikan selanjutnya adalah arah bukaan *mold* (*clamping*), yaitu dilakukan dengan memutar (*rotate*) produk sesuai dengan *draft direction* produk, untuk produk A maupun produk B standar arah bukaan *mold*nya adalah ke sumbu Z(+) untuk *cavity* dan Z(-) untuk *core*. Awal mula arah produk ini adalah ke sumbu X, jadi yang perlu dilakukan adalah memutar 90° sehingga menjadi ke arah sumbu Z.

(8) Memulai analisis (*start analysis*)

Setelah langkah-langkah diatas sudah terpenuhi, maka langkah selanjutnya adalah memulai analisis pada *Autodesk Moldflow*.

Untuk menganalisis suatu produk dibutuhkan waktu dalam memprosesnya, lama waktu analisis tergantung dari part yang akan dianalisis. Setelah proses analisis selesai, kita dapat mengetahui apa yang akan kita cari yaitu *clamping force* dan *pressure at injection location* pada produk dengan memilih hasil (*result*) dari analisis yang telah dibuat.

Dimensi *Mold*



Gambar 4 Dimensi *Mold*

Dalam analisa produk, salah satu hal yang harus di perhatikan adalah dimensi *moldnya*, yaitu panjang, lebar dan tinggi. Karena *setiap* kapasitas mesin injeksi sudah di standarkan untuk dimensi *mold* yang dapat masuk ke mesin. Standar yang digunakan berdasarkan data yang diperoleh dari PT. X

Mesin injeksi yang sudah ditetapkan di PT. X untuk *Mold Cover Fog lamp* yang akan dianalisa kapasitasnya 350 Ton. Peneliti akan mencoba untuk meningkatkan efisiensi dari produk dengan menganalisa apakah produk *cover fog lamp* ini dapat digunakan di mesin 230 Ton. Berikut spesifikasi untuk *mold* 350 Ton dan 230 Ton.

Tabel 3 Spesifikasi *Mold*

<i> Mold</i>	Panjang (L)	Lebar (W)	Tinggi (H)	Kapasitas Mesin
350 Ton	Panjang maks. = 800 mm	Lebar = 600 mm	Tinggi maks. = 1100 mm	3.433,5 kN
	Panjang min. = 500 mm		Tinggi min. = 550 mm	
230 Ton	Panjang maks. = 550 mm	Lebar = 500 mm	Tinggi maks. = 900 mm	2.256,3 kN
	Panjang min. = 300 mm		Tinggi min. = 550 mm	

Analisis dan Perhitungan

Dari dimensi standar *mold* 230 Ton, didapat poin-poin penting yang harus dianalisa, dimana untuk kapasitas maksimum *clamping force* mesin adalah sebesar 230 T. Hal yang akan dianalisa antara lain :

1. Proyeksi area produk

Proyeksi area produk didapatkan dari perhitungan pada aplikasi CATIA V5, dalam hal ini yaitu *cover fog lamp A* dan *cover fog lamp B*.

2. *Clamping force* produk

Clamping force produk didapatkan dari perhitungan menggunakan rumus dan hasil analisa pada *Autodesk Moldflow* yang dilakukan pada *cover fog lamp A* dan *cover fog lamp B*. Adapun rumus yang digunakan adalah

$$F_{clamp} = \frac{A_p \times P_{inj}}{1000} \quad (1)$$

F_{clamp} produk < F_{clamp} mesin injeksi.

3. Biaya mesin

Data biaya mesin didapatkan dari perusahaan X dimana biaya ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain :

- Tarif listrik per kWh
- Biaya operator (*manpower*)
- Waktu siklus (*cycle time*) produk
- Biaya investasi mesin (biaya penyusutan)

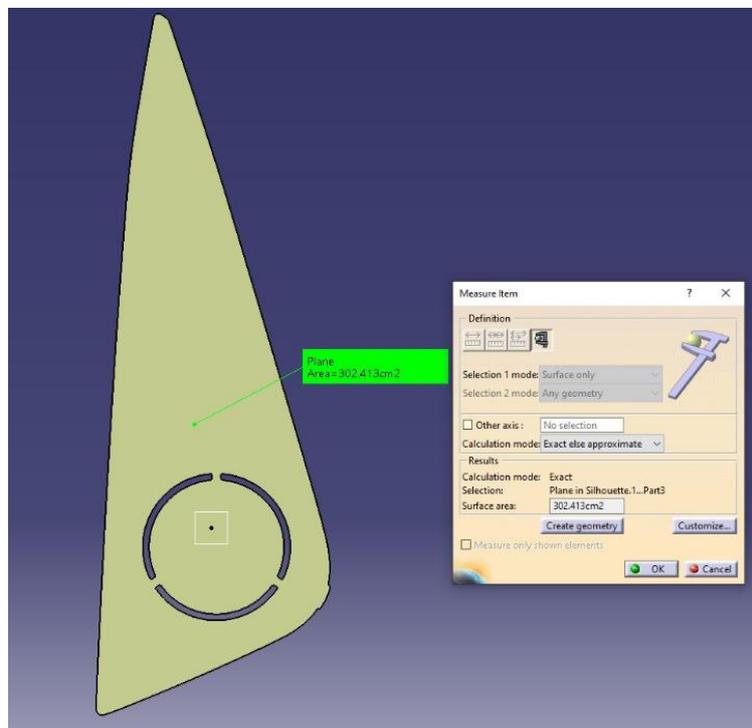
4. Efisiensi

Perhitungan efisiensi disini adalah perbandingan antara biaya (*cost*) yang dikeluarkan pada saat proses produksi antara penggunaan mesin 350 Ton dengan penggunaan mesin 230 Ton, sehingga dapat diketahui selisih biaya yang ditimbulkan jika dilakukan penurunan penggunaan mesin menjadi 230 Ton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

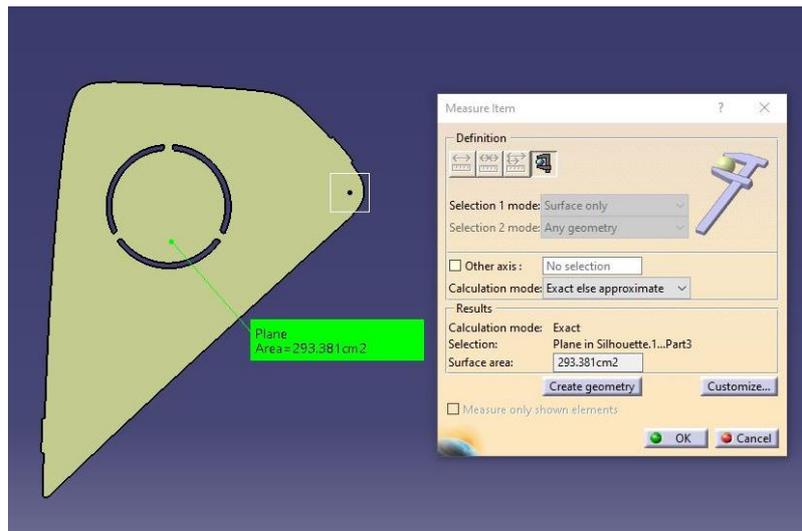
Hasil Proyeksi Area pada CATIA V5

Berdasarkan perhitungan pada CATIA V5, didapatkan hasil luas proyeksi area sebesar 302 cm² pada produk A.



Gambar 5 Proyeksi Area Produk A

Sedangkan pada produk B didapatkan hasil luas proyeksi area sebesar 293 cm² pada perhitungan CATIA V5



Gambar 6 Proyeksi Area Produk B

Hasil yang didapatkan pada perhitungan CATIA V5 diatas adalah untuk satu sisi saja (RH), sedangkan dalam pengaplikasian *tooling (mold)* yang telah ditentukan adalah untuk 2 sisi, yaitu sisi kanan (RH) dan sisi kiri (LH) maka hasil perhitungan luas proyeksi area diatas harus dikalikan dua karena untuk sisi kanan dan kiri mempunyai bentuk *symmetrical*.

Tabel 4 Proyeksi Area Produk

Produk	Proyeksi Area RH	Proyeksi Area RH & LH
A	302 cm ²	604 cm²
B	293 cm ²	586 cm²

Perhitungan *Clamping force*

Perhitungan *clamping force* produk A dan produk B dihitung berdasarkan rumus sederhana (persamaan 1), dimana untuk besar *average pressure* menggunakan nilai berdasarkan pada tabel berikut yang didapatkan pada PT. X :

Tabel 5 Material Produk

No.	Jenis Material	Average Pressure (kgf/cm ²)
1.	ASA	500
2.	PP	350-450
3.	ABS	550-600
4.	POM	600
5.	PC/ABS	550

Berikut perhitungan pengecaman mesin (*clamping force*) :

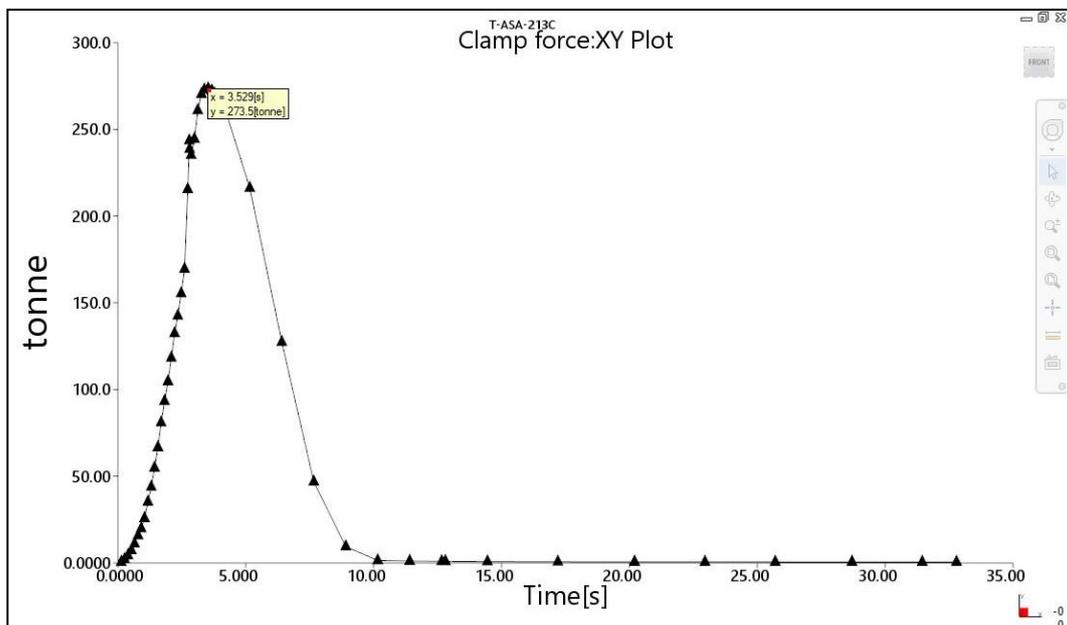
- Produk A
 - Pinj (ASA) = 500 kgf/cm² = 4.905 N/cm²
 - Ap = 604 cm²
 - Maka :
 - Fclamp = (Ap × Pinj)/1000
 - = (604 cm² × 4.905 N/cm²)/1000
 - = 2.962.620/1000
 - = 2.962,6 kN

Berdasarkan perhitungan, gaya yang dibutuhkan untuk mencekam produk adalah sebesar 2.962,62 kN. Mesin injeksi 230 Ton yang digunakan memiliki Fclamp mesin sebesar 2.256,3 kN sehingga produk A tidak dapat digunakan pada mesin 230 Ton.

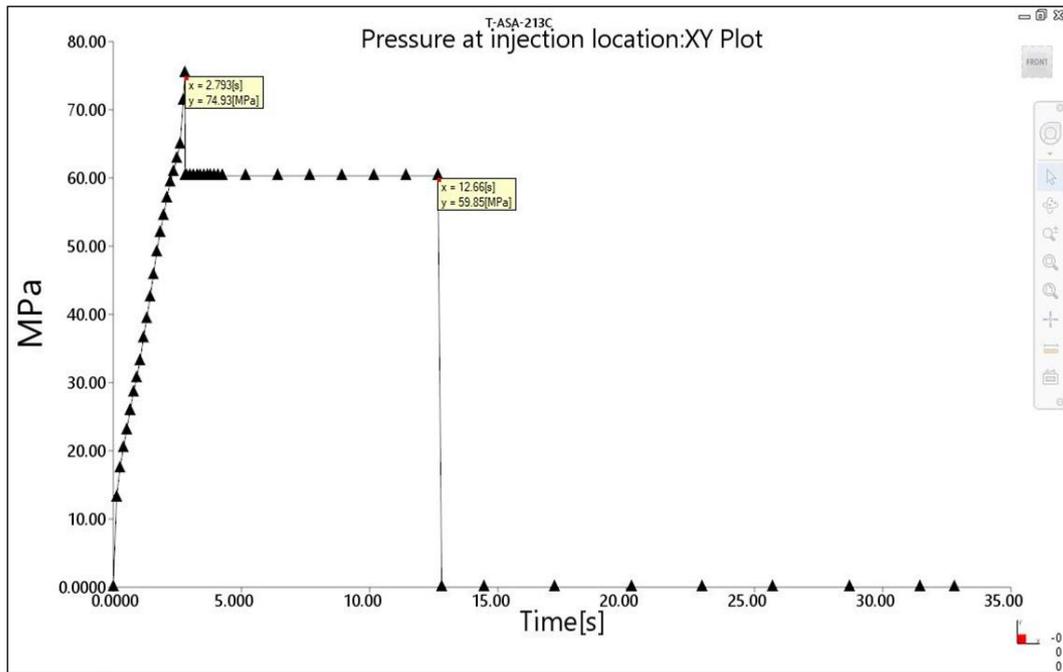
- Produk B
 - Pinj (PP) = 350 kgf/cm² = 3.433,5 N/cm²
 - Ap = 586 cm²
 - Maka :
 - Fclamp = (Ap × Pinj)/1000
 - = (586 cm² × 3.433,5 N/cm²)/1000
 - = 2.012.031/1000
 - = 2.012,03 kN

Berdasarkan perhitungan, gaya yang dibutuhkan untuk mencekam produk adalah sebesar 2.012,03 kN. Mesin injeksi 230 Ton yang digunakan memiliki Fclamp mesin sebesar 2.256,3 kN sehingga produk B dapat digunakan pada mesin 230 Ton.

Hasil Simulasi pada Autodesk Moldflow Produk A



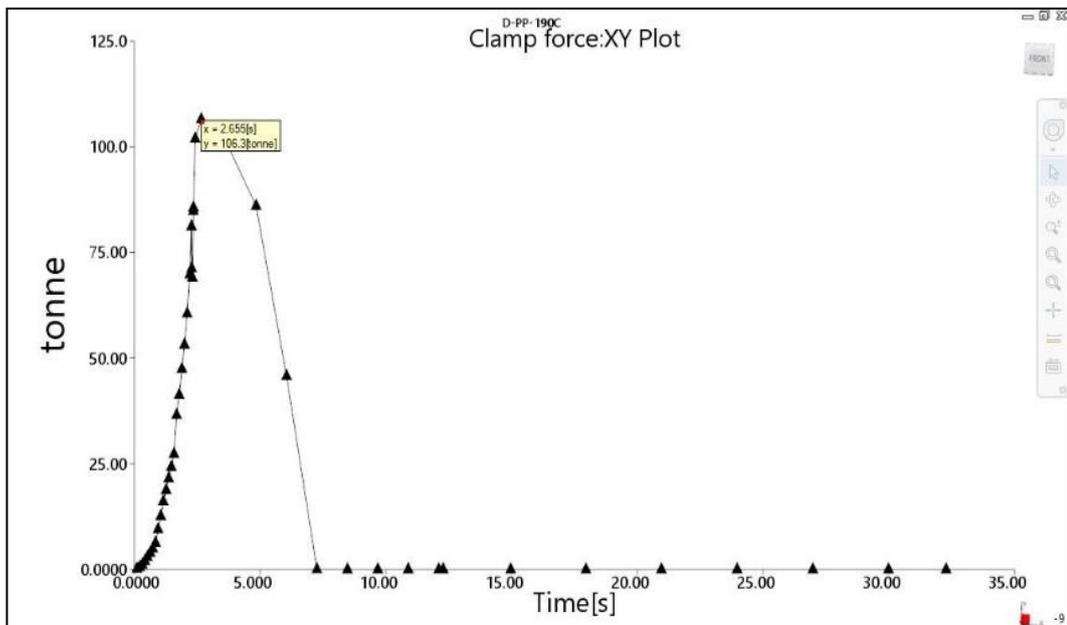
Gambar 7 Clamping force Produk A pada Autodesk Moldflow



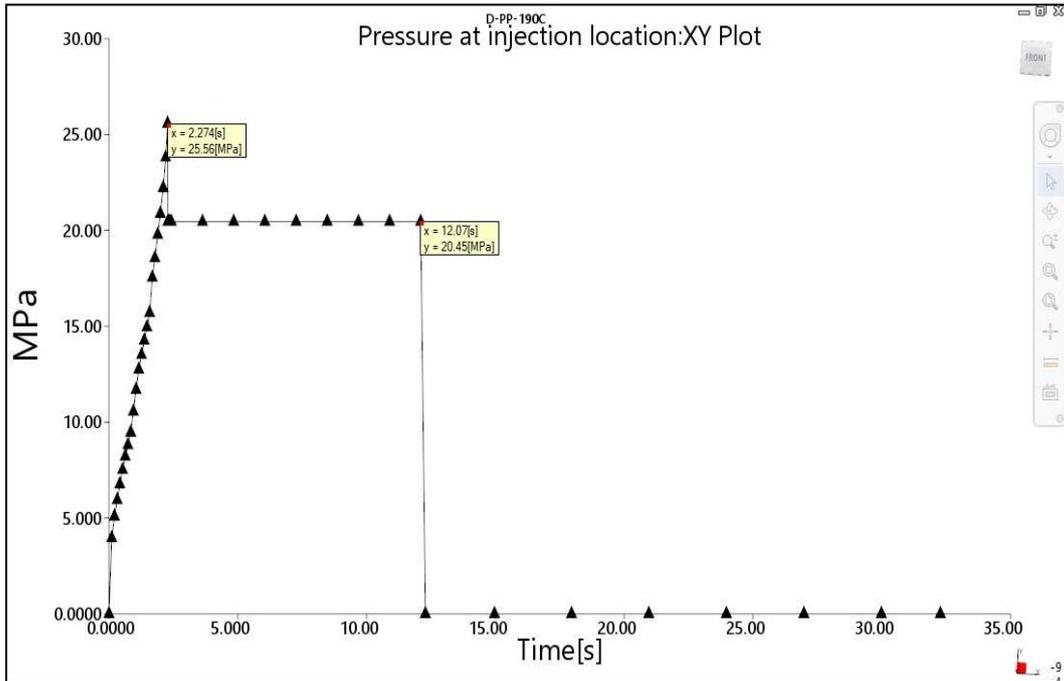
Gambar 8 *Pressure* Produk A pada *Autodesk Moldflow*

Berdasarkan hasil analisis *Autodesk Moldflow* pada produk A, didapatkan *Clamp force* sebesar 273,5 Ton, dengan maksimum *clamping force* terjadi pada saat 3.529 detik. Tekanan maksimum sebesar 764,07 kg/cm² terjadi pada saat 2.793 detik, *Pressure average* 610,3 kg/cm². Sehingga produk A tidak dapat digunakan pada mesin injeksi 230 Ton.

Produk B



Gambar 9 *Clamping force* Produk B pada *Autodesk Moldflow*



Gambar 10 *Pressure* Produk B pada *Autodesk Moldflow*

Berdasarkan hasil analisis *Autodesk Moldflow* pada produk B, didapatkan *clamp force* sebesar 106,3 Ton, dengan maksimum *clamp force* terjadi pada saat 2,655 detik. Tekanan maksimum sebesar 260,64 kg/cm² terjadi pada saat 2,274 detik dan *pressure average* 208,5 kg/cm². Sehingga produk B dapat digunakan pada mesin injeksi 230 Ton.

Biaya Mesin

Tabel 6 Biaya Mesin

Mesin Injeksi	Biaya (<i>cost</i>)
350 Ton	Rp 1.562/menit
230 Ton	Rp 1.328/menit

Asumsi :

- Produksi part 480 unit/hari
- *Cycle time* 1 unit part adalah 60 detik
- 1 bulan = 22 hari kerja (berdasarkan UU No.13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan)

Maka untuk sehari dibutuhkan :

$(480 \times 60)/3600 = 8$ jam produksi/hari

Perbandingan biaya mesin :

- Mesin 350 Ton
 $Rp1.562 \times 60 \text{ (menit)} \times 8 \text{ (jam)} = Rp749.760/\text{hari}$
 $Rp749.760/\text{hari} \times 22 \text{ (hari)} = Rp16.494.720/\text{bulan} \dots\dots\dots (n1)$
- Mesin 230 Ton
 $Rp1.328 \times 60 \text{ (menit)} \times 8 \text{ (jam)} = Rp637.440/\text{hari}$
 $Rp637.440/\text{hari} \times 22 \text{ (hari)} = Rp14.023.680/\text{bulan} \dots\dots\dots (n2)$

Pengurangan biaya = Biaya mesin 350 Ton – Biaya mesin 230 Ton
 = Rp16.494.720 – Rp 14.023.680
 = Rp2.471.040/bulan

Efisiensi :

$$\eta = 1 - n1/n2 \times 100\%$$

$$\eta = 1 - (16.494.720)/(14.023.680) \times 100\%$$

$$\eta = 15\%$$

Berdasarkan perbandingan data diatas dapat disimpulkan jika produk dapat digunakan pada mesin 230 Ton maka akan meningkatkan efisiensi produksi 15% dan mengurangi biaya (*cost reduction*) produksi sebesar Rp2.471.040/bulan.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan *clamping force* berdasarkan proyeksi area pada CATIA V5 dan analisa *clamping force* menggunakan *Autodesk Moldflow* pada produk A dan produk B, maka dapat diambil beberapa kesimpulan adalah pada produk A didapatkan hasil *clamping force* sebesar 2.962,6 kN pada perhitungan CATIA V5 dan 2.683 kN pada *Autodesk Moldflow*, sehingga tidak dapat dilakukan produksi pada mesin 230 Ton karena *clamping force* produk melebihi kapasitas *clamping force* mesin; Pada produk B didapatkan hasil *clamping force* sebesar 2.012,03 kN pada perhitungan CATIA V5 dan 1042,8 kN pada *Autodesk Moldflow*, sehingga produk dapat dilakukan peningkatan efisiensi produksi dengan menurunkan penggunaan mesin injeksi dari 350 Ton ke 230 Ton; Efisiensi dapat meningkat 15% jika dilakukan penurunan penggunaan mesin dengan jumlah biaya yang dapat direduksi (*cost reduction*) sebesar Rp2.471.040/bulan

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan jurnal ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. I Nyoman Artana, M.M., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan jurnal ini.
2. Pihak Perusahaan X yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan

4. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Mesin.

DAFTAR NOTASI

F_{clamp} (kN)	= Gaya Cekam
A_p (cm ²)	= Luas Proyeksi Area
P_{inj} (kgf/cm ²)	= Tekanan Injeksi Rata-rata
L (mm)	= Panjang
W (mm)	= Lebar
H (mm)	= Tinggi
η (%)	= Efisiensi
T (°C)	= Temperatur

DAFTAR PUSTAKA / REFERENCES

- [1] D. O. Kazmer, Injection Mold Design Engineering, munich: Hanser Publications, 2016.
- [2] Catia, Wireframe and Surface Design Version 5 Release 9, Kansas: Wichita State University, 2022.
- [3] R. H. Widyatmoko, Optimalisasi Parameter Injeksi untuk Minimasi Shrinkage, Sinkmarks dan Warpage pada Industri Mold Modern, Yogyakarta: Universitas Atmajaya, 2017.
- [4] K. C. O. AMERICA, " Machining Formula Collection Injection Molding Formulas," KEYENCE CORPORATION OF AMERICA, 2022. [Online]. Available: <https://www.keyence.com/ss/products/measure-sys/machining/formula/injection-molding.jsp>. [Accessed 2022 Juni 11].
- [5] R. R. H. P. Irwan Yulianto, "Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas pada Proses Injection Molding," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 2, no. 3, pp. 140-151, 2014.