

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu industri skala nasional yang tidak dapat lepas dalam kehidupan sehari-hari adalah industri plastik dan pengolahannya, baik itu sebagai bahan baku atau bahan pendukung dalam proses produksinya (Dharmawan, 2022). Hal ini dibuktikan dengan data pada **Gambar 1.1.** dari Kementerian Perdagangan yang menunjukkan industri karet, barang dari karet dan plastik menjadi salah satu penyumbang Produk Domestik Bruto Nasional per Tri Wulan II Tahun 2023 sebanyak 42,53 Triliun Rupiah dengan rata-rata tahunan sebesar 80 Triliun Rupiah. Jika ditelusuri lebih dalam industri plastik juga menjadi pendukung industri besar lainnya seperti industri makanan dan minuman dalam bentuk kemasan daur ulang; industri barang logam: komputer, barang elektronik, optik dan peralatan listrik dalam bentuk komponen *frame*, *cover* dan *casing*; industri alat angkutan dalam bentuk komponen interior dan industri tekstil dan pakaian jadi.



PDB INDUSTRI PENGOLAHAN DAN PERDAGANGAN BESAR DAN ECERAN BERDASARKAN HARGA BERLAKU (Triliun Rupiah)

URAIAN	2019	2020	2021*	TW I 2022*	TW II 2022*	TW III 2022*	TW IV 2022*	2022*	TW I 2023*	TW II 2023*
Industri Pengolahan	3.119.59	3.068.04	3.266.91	866.26	877.82	910.43	937.25	3.591.77	941.60	953.90
1 Industri Batubara dan Pengilangan Migas	336.67	307.61	320.01	83.72	90.29	90.60	99.01	363.62	91.15	101.89
Industri Pengolahan Non Migas	2.782.92	2.760.44	2.946.90	782.54	787.53	819.84	838.24	3.228.16	850.45	852.01
1 Industri Makanan dan Minuman	1.012.96	1.057.00	1.121.36	295.56	302.28	317.01	323.25	1.238.10	328.32	333.76
2 Industri Pengolahan Tembaku	140.97	135.94	135.15	35.73	32.31	33.58	34.13	135.75	34.52	34.37
3 Industri Tekstil dan Pakaian Jadi	200.02	186.63	180.22	49.51	50.67	50.63	50.82	201.84	51.13	51.55
4 Industri Kulit, Barang dari Kulit dan Alas Kaki	42.50	39.20	42.51	11.94	11.75	12.38	12.06	48.33	12.07	12.08
5 Industri Kayu, Barang dari Kayu dan Gabus dan Barang Anyaman dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	80.32	78.69	76.69	20.94	20.15	19.54	19.51	80.13	19.93	20.04
6 Industri Kertas dan Barang dari Kertas; Percetakan dan Reproduksi Media Rekaman	109.89	110.56	113.20	30.08	31.87	33.52	33.49	128.56	33.81	34.87
7 Industri Kimia, Farmasi dan Obat Tradisional	265.93	256.71	339.18	89.66	87.39	88.81	91.47	357.33	89.75	88.60
8 Industri Karet, Barang dari Karet dan Plastik	87.98	82.86	88.61	21.47	22.81	21.97	21.55	87.80	21.77	20.76
9 Industri Barang Galian bukan Logam	93.36	85.86	89.02	21.42	21.56	23.91	24.19	91.08	21.87	22.79
10 Industri Logam Dasar	118.07	120.56	137.66	37.84	41.99	44.82	44.84	168.91	44.94	47.17
11 Industri Barang Logam; Komputer, Barang Elektronik, Optik, dan Peralatan Listrik	265.38	252.14	257.37	69.23	68.82	71.82	74.70	284.56	79.76	81.69
12 Industri Mesin dan Perlengkapan	46.98	43.23	48.90	13.48	13.51	14.37	13.96	55.33	13.89	13.82
13 Industri Alat Angkutan	258.29	208.89	251.89	69.15	66.75	71.10	77.62	284.62	82.20	74.08
14 Industri Furnitur	39.24	38.65	42.17	11.04	10.38	10.25	10.29	41.97	10.37	10.40
15 Industri Pengolahan Lainnya; Jasa Reparasi dan Pemeliharaan Mesin dan Peralatan	23.04	23.12	23.03	5.89	5.98	6.33	6.54	24.75	6.12	6.05
Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	2.060.27	1.993.99	2.199.93	590.69	624.76	648.10	653.04	2.516.59	656.96	671.56
1 Perdagangan Mobil, Sepeda Motor dan Reparasinya	416.44	360.03	407.99	107.39	105.20	110.02	116.55	439.17	117.02	114.01
2 Perdagangan Besar dan Eceran, Bukan Mobil dan Sepeda Motor	1.643.83	1.633.96	1.791.95	483.30	519.56	538.08	536.49	2.077.43	539.93	557.54

Keterangan

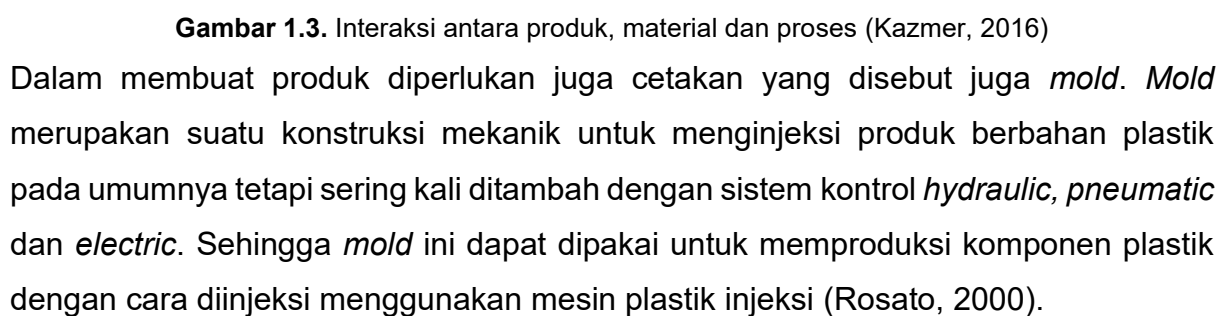
* Angka Sementara

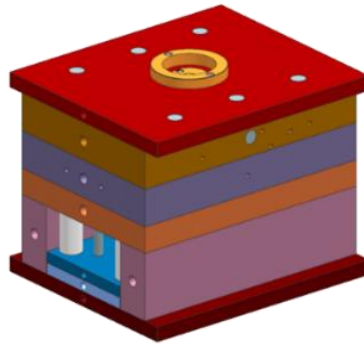
Gambar 1.1. Data Pendapatan Domestik Bruto Industri Pengolahan dan Perdagangan Besar dan Eceran Berdasarkan Harga Berlaku Sampai Tri Wulan II 2023 (Kementerian Perdagangan, 2023)

Kondisi ini terjadi dikarenakan sifat plastik yang memiliki biaya bahan baku yang murah, stabilitas bentuk yang baik pada temperatur ruangan, kualitas permukaan yang bagus (Wibowo, 2015). Saat ini proses dalam pengolahan plastik yang umum dikenal adalah plastik injeksi (*plastic injection molding*), sama halnya dengan sifat plastik, proses ini sangat dikenal karena kemampuan produksinya yang masal, murah dan mudah (Martowibowo, 2017). Masal karena mampu mencetak hingga ribuan *pieces* per harinya, murah karena kapasitas produksinya tidak terbatas sehingga

A collection of various plastic household items. On the left is a tall, multi-colored storage unit with red, blue, green, and yellow drawers. In the center is a red plastic chair and a blue plastic trash bin. To the right is a green plastic basket and a blue plastic trash bin. In the foreground are various small plastic items including bowls, cups, a green basket, a red basket, and several bottles of cleaning products.

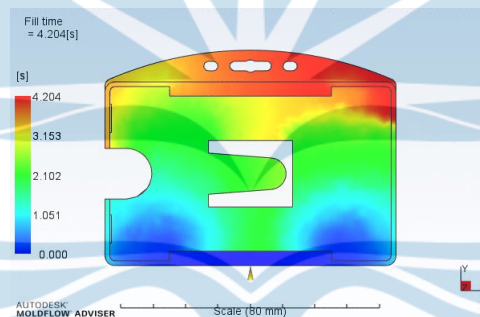
Menurut Kazmer (2016) definisi plastik injeksi adalah sebagai proses mencetak plastik menggunakan mesin yang disebut mesin plastik injeksi tujuannya untuk memproduksi barang-barang produk plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan *mold*nya, dengan cara menyemprotkan material plastik cair ke dalam *mold* melalui *nozzle* dari mesin. Setelah didinginkan plastik cair akan membeku dan mesin akan membuka *mold* untuk mengeluarkan produk yang sudah jadi. Dalam hal penggunaan mesin plastik injeksi, dibutuhkan parameter yang sesuai untuk mendapatkan hasil produk yang baik. Selain parameter dibutuhkan juga material plastik yang digunakan sebagai bahan utama dalam proses tersebut. Secara umum untuk mencapai produk yang baik, terbagi menjadi tiga variabel yaitu proses, material dan juga produk itu sendiri.





Gambar 1.4. Contoh desain 3D *mold* (Nugroho, 2022)

Seiring perkembangan teknologi di era Industri 4.0, industri plastik yang menggunakan mesin plastik injeksi sudah mampu diintegrasikan dengan *Computer Aided Engineering (CAE)*. CAE menjadi teknologi terkini dan digunakan secara luas karena memiliki kemampuan untuk memprediksi hasil produk yang tidak sesuai atau cacat dan juga memperpendek durasi dalam sehingga kerugian secara waktu dan finansial dapat tekan. Secara definisi CAE merupakan perangkat lunak yang mampu melakukan proses rekayasa *engineering* mulai dari desain, optimasi hingga analisis (Mulyadi, 2018).

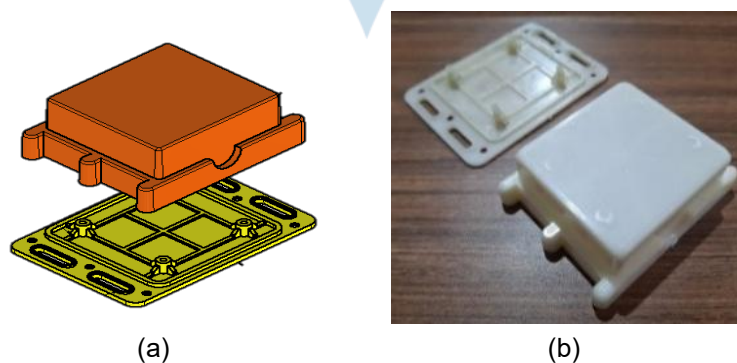


Gambar 1.5. Contoh aplikasi CAE untuk mengetahui durasi pengisian plastik

Masih masifnya industri pengolahan plastik, mendorong perguruan tinggi vokasi yang memiliki program studi dalam rumpun ilmu teknik mesin dan teknik industri untuk terlibat dalam praktik nyata pada plastik injeksi. Salah satunya adalah Politeknik XYZ yang saat ini memiliki 9 program studi dan satu di antaranya adalah Program Studi Teknik Mesin. Program studi ini menghasilkan luaran berupa lulusan dengan 4 kompetensi keahlian, yaitu *jig and fixture maker*, *dies maker*, *mold maker* dan *special purpose machine maker*. Sebagai perwujudan dari kompetensi tersebut, pada Tahun 2023 Program Studi Teknik Mesin berkolaborasi dengan PT ABC selaku produsen mesin dan jasa instalasi industri menginisiasi adanya *prototype* produk berbahan plastik yang berfungsi sebagai wadah komponen mikrokontroler bernama *casing* Gundala dengan membuat *mold* dan mencetaknya menggunakan mesin plastik injeksi

sejumlah 50 *pieces* sebagai target awal. *Casing* Gundala ini akan menjadi *supporting product* dari jasa instalasi industri yang ditawarkan oleh PT ABC. Nantinya setelah mendapatkan respon positif dari pasar, *casing* Gundala ini akan diproduksi oleh Politeknik XYZ secara rutin dengan target sebanyak 1.500 *pieces*.

Progress aktual saat ini adalah *mold casing* Gundala telah selesai dibuat dan diuji proses injeksinya. Material yang menjadi bahan dasar *mold* yang digunakan adalah JIS S50C dan *casing* Gundala diinjeksi menggunakan material plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) HI121H LG Chemical sebanyak 700 *shot* tetapi hanya menghasilkan 20 *pieces* produk yang utuh terbentuk. Berdasarkan evaluasi dari Unit *Quality Control* Politeknik XYZ seperti terlihat pada **Diagram 1.1.** hasil produknya memiliki banyak cacat. Hasil yang terlihat signifikan adalah adanya *sink mark* seperti terlihat pada **Gambar 1.7.** di keempat dinding luar produk, *short shot* dan *burn mark* pada **Gambar 1.8.** yang berdampak *casing* Gundala ini tidak dapat berfungsi maksimal sebagai wadah komponen mikrokontroler karena akan mengalami kebocoran jika terkena cairan. Kondisi tersebut juga terkonfirmasi oleh perwakilan PT ABC yang melakukan pengecekan pada *casing* Gundala yang telah diinjeksi dan setelahnya perwakilan PT ABC menyampaikan karakteristik yang diinginkan dari *casing* Gundala ini yaitu cacat yang dominan seperti *sink mark* harus minim, *burn mark* dan *short shot* harus hilang, *shrinkage* pada material yang digunakan tidak melebihi batas, *casing* Gundala berfungsi untuk memasang mikrokontroler, tidak mudah lepas ketika dipasangkan dan tahan terhadap temperatur apabila digunakan di daerah industri (Zhou, 2008; Kurt, 2009; Martowibowo, 2017; Lin, 2022; Wibowo, 2023; Autodesk, 2025). Karakteristik ini setelahnya diterjemahkan menjadi berbagai respon dalam penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1.6. *Casing* Gundala: a. Desain 3D, b. Hasil plastik injeksi utuh

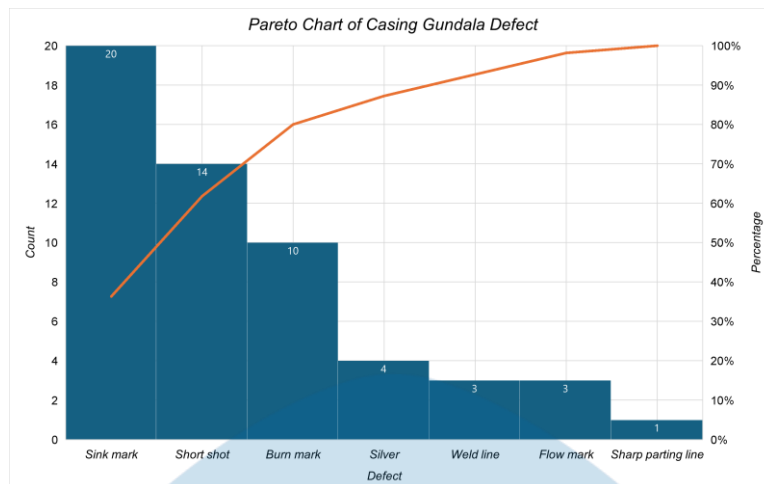
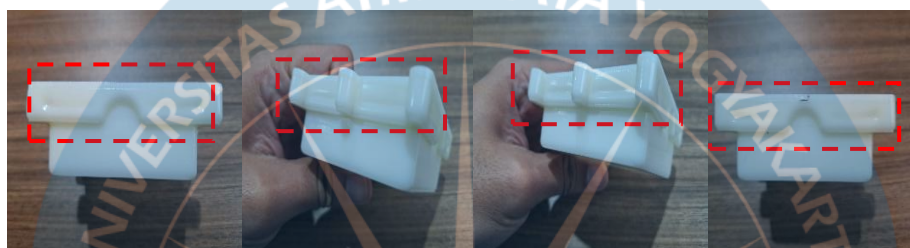
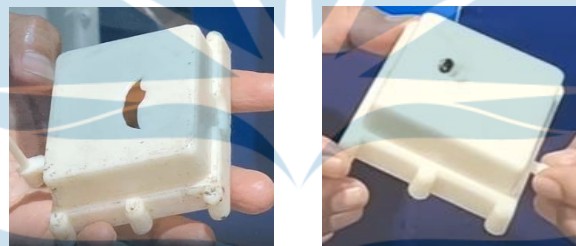


Diagram 1.1. Diagram Pareto kecacatan *casing* Gundala



Gambar 1.7. Cacat *sink mark* pada produk *casing* Gundala



(a)

(b)

Gambar 1.8. Cacat pada produk *casing* Gundala: a. *Short shot*, b. *Burn mark*

Kemudian penelusuran lanjutan dilakukan untuk menemukan penyebab terjadinya *shot* yang banyak tetapi hasil yang utuh sedikit dan cacat yang muncul pada *casing* Gundala. Hasil temuan lanjutan yang didapat adalah tidak adanya implementasi secara maksimal dari teknologi *Computer Aided Engineering (CAE)* baik dari proses desain hingga penggunaan mesin plastik injeksi yang masih *trial and error* dalam *input* dan *adjustment parameter*. Akibatnya selama ini ketika mengalami kecacatan produk, proses injeksi dilakukan berulang tanpa kontrol hingga *mold* harus diturunkan untuk dibongkar ulang dan dilakukan *rework*. Akumulasi proses yang tidak terkontrol tersebut mencapai durasi 482 jam dan membuat biaya proses produksi yang meningkat drastis dengan temuan estimasi pemborossannya adalah Rp6.984.000,00 per hari.

Oleh karena pentingnya *mold casing* Gundala ini dalam mewujudkan lulusan yang kompeten, memberikan nilai tambah dan profit untuk Politeknik XYZ serta pentingnya penerapan *CAE* yang berkelanjutan dalam menekan pemborosan biaya dan durasi pengerjaan. Maka penelitian ini akan menjelaskan tentang upaya peneliti dalam melakukan optimasi dengan untuk mendapatkan parameter yang optimal dengan menerapkan simulasi *CAE* dan statistik inferensial untuk memenuhi karakteristik multirespon yang diinginkan.

1.2. Rumusan Masalah

Terdapat ketidaksesuaian hasil plastik injeksi *mold casing* Gundala dengan karakteristik yang diinginkan yaitu *sink mark* harus minim, *burn mark* dan *short shot* harus hilang, *shrinkage* pada material yang digunakan tidak melebihi batas, *casing* Gundala berfungsi untuk memasang mikrokontroler, tidak mudah lepas ketika dipasangkan dan tahan terhadap temperatur apabila digunakan di daerah industri serta tidak adanya penerapan *CAE* berkelanjutan dalam proses penentuan parameter *mold* ini sehingga berakibat adanya pemborosan biaya dan durasi pengerjaan.

1.3. Tujuan Penelitian

Dengan memanfaatkan *CAE* dan statistik inferensial, penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mendapatkan parameter optimal pada proses plastik injeksi *mold casing* Gundala sehingga kecacatan yang ada sebelumnya dapat diminimalisasi dan dihilangkan sesuai karakteristik yang diinginkan,
- b. Mendapatkan signifikansi parameter yang mempengaruhi proses injeksi *casing* Gundala,
- c. Menurunkan total biaya yang dikeluarkan dan durasi pengerjaan sehingga terjadi penghematan dari segi biaya dan waktu.

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

Berdasarkan kondisi yang ada, untuk membuat penelitian ini terfokus pada bagaimana melakukan optimasi dengan respon dari karakteristik yang diinginkan PT ABC menggunakan *CAE* dan statistik inferensial pada *mold casing* Gundala. Oleh karenanya batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Desain dan dimensi yang ada pada *casing* Gundala adalah desain awal tanpa revisi,

- b. Penentuan material *mold* dan plastik dilakukan saat diskusi internal Politeknik XYZ dengan PT ABC,
- c. Material *mold base* menggunakan *JIS S50C* dan plastik untuk proses injeksi menggunakan *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) HI121H* LG Chemical,
- d. Proses injeksi dilakukan dengan mesin plastik injeksi *Hwa Chin 160 SE* dengan kapasitas *clamping force* 160 ton,
- e. Simulasi dilakukan dengan *software* Autodesk Moldflow Insight Ultimate 2025.
- f. Standar biaya yang digunakan adalah yang berlaku per Tahun 2023 di Politeknik XYZ,
- g. Biaya proses dihitung dalam Rupiah per jam, sehingga durasi proses dispesifikkan per jam.

