PERANCANGAN BANGKU PENDEK *(DINGKLIK)* BERBAHAN PLASTIK DENGAN BANTUAN SIMULASI CAD/CAE

Hutomo Yanto [a], Joko Waluyo[b*], Nidia Lestari[c]
(Tanda bintang [(*)] menunjukan penulis **KORESPONDENSI, Tidak harus penulis pertama**, dan harus menyertakan e-mail)

[a,b,c] Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta
[*] Penulis Korenspondensi, Alamat Email: joko_w@akprind.ac.id

Diterima : 29-12-202129-12-2020 Direview : 30-12-2021-2020 - Diterbitkan : 31-12-202131-12-2020

Intisari

Injection Molding adalah metode pemrosesan material thermo plastik yang mana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh plunyer ke dalam cetakan kemudian didinginkan sampai material padat, setelah padat dikeluarkan dari cetakan..
Tujuan dari perancangan ini untuk menentukan beban maksimal yang dapat diterima oleh bangku pendek (Dingklik), dan merancang dimensi dingklik, adapun tahapan perancangan adalah sebagai berikut: dimulai dari perancangan dingklik menggunakan software CAD/CAE, dan simulasi permesinan dengan menggunakan perangkat lunak CAM
Simulasi Input data dilakukan menggunakan mesin perangkat lunak CAM. Berat badan maksimal dari responden adalah 95 kg, serta beban yang dipilih agar aman dalam perancangan ini sebesar 190 Kg (1862,9 N)
Hasil dari perancangan dingklik diperoleh data-data sebagai berikut: panjang 350 mm, lebar 250 mm dan tinggi 180 mm, material yang digunakan Polypropylene, luas permukaan benda 409923 mm^2, volume total dengan gatting sistem 776493,9461 mm3, serta beban maxsimum yang mampu ditahan bahan dingklik sebesar 2551,3995 Newton.

Kata Kunci : dingklik, plastik, cetakan, simulasi.

Abstract
Injection Molding is a thermoplastic material processing method in which the material that melts due to heating is injected by a plunger into the mold and then cooled until the material is solid, and removed from the mold.
The purpose of this design is to determine the maximum load that can be accepted by the short bench (Dingklik), and to design the dimensions of the bench, while the design stages are as follows: starting from the design of the bench using CAD/CAE software, and machining simulation using can CAM software.
Data input simulation is performed using the CAM software engine. The maximum weight of the respondent is 95 kg, and the load chosen to be safe in this design is 190 Kg (1862,9 N)
The results of the design of the bench obtained the following data: length 350 mm, width 250 mm and height 180 mm, the material used is Polypropylene, the surface area of the object is 409923 mm2, the total volume with the gatting system is 776493,9461 mm3, and the maximum load that the material can withsatand is 2551.3995 Newtons.

Keywords : *bench, mold, plastic, simulation*

1 Pendahuluan

Bahan plastik banyak digunakan untuk penggunaan alat industri rumah tangga misalnya untuk tempat makan, kantong belanja banyak menggunakan bahan plastik karena ringan, multiguna, kuat, tidak karatan dan bersifat *thermoplastis*, bersifat isolator, memiliki warna yang menarik, harga yang murah dan dapat didaur ulang. Karena faktor tersebut berbagai macam industri memilih plastik untuk bahan bakunya.

Injection Molding adalah salah satu metode atau proses manufaktur material plastik, di mana material cair diinjeksikan oleh *Plunger* ke dalam cetakan atau *Mold* yang kemudian didinginkan sampai material padat,

sehingga dapat dikeluarkan dari cetakan. keuntungan dari proses *Injection molding*

diantaranya adalah akurasi ketelitian dimensi yang tinggi.

Dingklik juga mengalami perkembangan zaman yang awalnya menggunakan bahan kayu sekarang berubah menggunakan bahan plastik karena untuk memenuhi permintaan untuk itu bentuk dari *dingklik* harus memenuhi keinginan pasar maka harus dibuat bentuk yang inovatif dan nyaman, dalam pembuatan dingklik tersebut dengan menggunakan aplikasi berbantuan komputer.

Adapun tujuan dari perancangan desain dan analisis bangku pendek *(Dingklik)* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan beban maksimal yang dapat diterima oleh bangku pendek (*Dingklik*) yang dirancang dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019.

2. Merancang dimensi bangku pendek (*Dingklik*) dengan simulasi dan analisis proses injeksi plastik dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019.
3. Merancang dimensi cetakan untuk pembuatan bangku pendek (*Dingklik*).

2. Kerangka Teori

Ariyanto (2018) melakukan analisis pengaruh temperatur dan tekanan proses *injection molding part cup detergent*. Tujuan dalam analisis ini adalah untuk dapat menentukan temperatur dan tekanan yang optimal pada produksi *part* dengan menggunakan mesin *injection molding*. Hasil dari analisis yang didapatkan adalah bahwa temperatur yang optimal didapatkan sebesar 235ºC dan tekanan yang optimal sebesar 90 kg/cm². Temperatur tersebut diperoleh dari tabel *melt temperatur* material *Polypropylene*, sedangkan tekanan optimal didapatkan dengan cara *setting pressure* dari 0 kg/cm² kemudian dinaikkan setiap kelipatan 5 kg/cm² hingga hasil optimal (produk tidak mengalami cacat). Dalam satu hari produksi mesin *injection molding* melakukan *inject* sebanyak 1170 kali *inject*. Dalam sekali *inject Cup Detergent* menghasilkan empat *pcs* produk, sehingga satu hari produksi dapat menghasilkan 4680 *pcs*. Kemudian didapatkan jumlah produksi yang baik sebesar 4634 *pcs* dan yang mengalami cacat produk sebesar 46 *pcs*.

Saputra (2017), melakukan analisis pengaruh variasi temperatur dan tekanan proses *injection molding part ornament wheel hub*. Tujuan dalam analisis ini adalah menentukan temperatur dan tekanan pada produksi *part* dengan menggunakan mesin *injection molding*. Melakukan analisis kecacatan produk yang terjadi akibat perubahan temperatur dan tekanan dalam suatu proses produksi *part* tersebut. Menentukan *setting* parameter temperatur dan tekanan yang tepat untuk memproduksi *part*. Hasil dari analisis yang didapat yaitu pengaruh dari temperatur pada sistem *injection molding* adalah tingkat kelelahan plastik, dimana jika temperatur terlalu rendah maka akan berakibat kecacatan pada *part* yaitu *short shot* (hilangnya sebagian *part* atau tidak terisi material saat proses injeksi) dan *flashing* (kelebihan material pada sisi *part*). Dalam analisa penelitian ini digunakan variasi temperatur 270, 275, 280, 285, 290 °C dan variasi tekanan 70, 75, 80, 85, dan 90 kg/cm^2.

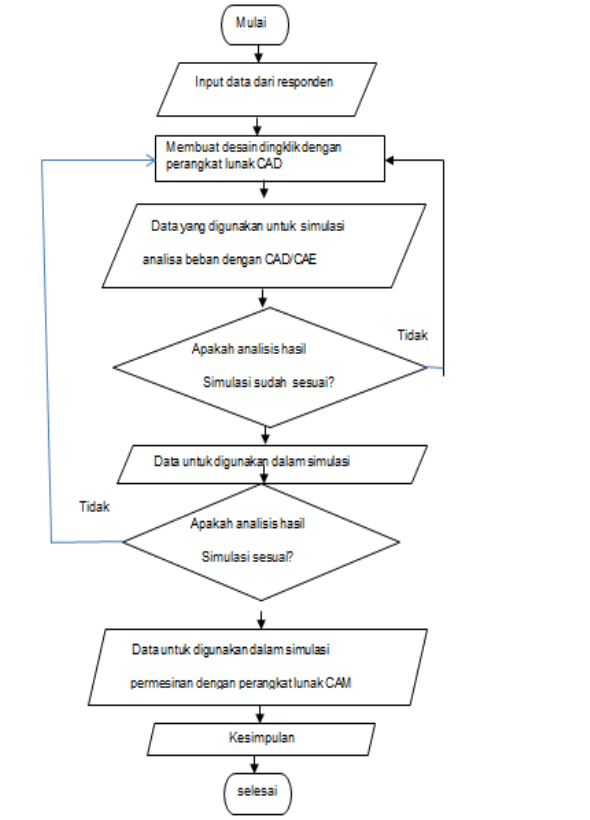
Triyanto (2018), melakukan perancangan cetakan injeksi plastik 6 rongga cetak untuk pembuatan gelas *jelly*. Tujuan dari perancangan yang dibuat adalah dapat merancang desain dan melakukan simulasi untuk produk gelas *jelly* sebanyak 6 buah *cavity* berbantuan CAD/CAE. Hasil yang didapat adalah jumlah produk yang dihasilkan tiap injeksi adalah 6 buah dengan menggunakan aplikasi CAD/CAE menggunakan bagan plastik *Polypropelene*. Mekanisme cetakan ini menggunakan konstruksi *two plate mold* agar lebih efisien dan ekonomis sesuai produk yang dihasilkan.

Mulyadin (2018), melakukan perancangan, analisis desain cetakan plastik dan simulasi permesinan cetakan untuk pembuatan terminal listrik. Tujuan dari perancangan adalah desain dan simulasi dengan Mastercam untuk produk terminal listrik. Hasil yang didapat pada perancangan cetakan injeksi ini untuk pembuatan produk terminal listrik menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2014 dan Mastercam X7 dengan bahan plastik *Polypropelene*. Untuk membuat desain cetakan injeksi produk terminal listrik yang pertama dilakukan adalah membuat desain produk, proses ini harus dilakukan secara teliti dan presisi karena akan berpengaruh kepada desain cetakan yang akan dibuat. Hasil dari simulasi dengan Inventor 2014 adalah *Fill time 7,2 detik, Plastic flow, Confidence of fill, Quality prediction ,Air trap, Weld lines*

3. Metodologi

Dalam perancangan ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Input data yang didapatkan dari responden: pada bagian ini proses yang dilakukan adalah melakukan pengambilan data berdasarkan keinginan pasar dalam bentuk kuesioner yang selanjutnya data tersebu digunakan untuk menentukan parameter desain bangku pendek (*dingklik*) yang akan dirancang
2. Membuat desain bangku pendek (*dingklik*) dengan perangkat lunak CAD
3. Setelah menentukan desain produk berdasarkan parameter yang sudah ditentukan selanjutnya membuat desain produk untuk proses simulasi dengan perangkat lunak CAD/CAE:
4. Hasil simulasi beban bila sudah sesuai dilanjutkan untuk data selanjutnya dan bila belum sesuai dikembalikan untuk desain awal dengan perangkat lunak CAD.
5. Input data selanjutnya digunakan untuk simulasi permesinan dengan perangkat lunak CAM, dalam simulasi permesinan dengan perangkat lunak CAM digunakan untuk mengetahui beban yang bekerja serta simulasi proses injeksi plastik terhadap cetakan yang sebelumnya sudah didesain agar didapatkan hasil desain dingklik yang optimum.
6. Analisis hasil simulasi beban bila sudah sesuai dilanjutkan untuk data selanjutnya dan bila belum sesuai dikembalikan untuk desain awal dengan perangkat lunak CAD.
7. Apabila data-data yang diperoleh sudah sesuai teruma untuk cetakan produk maka dilanjutkan dengan simulasi CAM.
8. Kesimpulan menjawab dari tujuan pembuatan produk yang dirancang yaitu dimensi dingklik, bahan cetakan volume produk dan volume totalnya cairan plastik, beban yang bekerja pada dingklik.
9. Saran berisikan kekurangan-kekurangan dari perancangan agar diperbaiki untuk perancangan selanjutnya.
10. Bila perancangan sudah sesuai dengan spesifikasi dari dingklik yang diinginkan maka perancangan dianggap selesai,
11. Adapun diagram alir dari uraian tersebut diatas dari awal perancangan, proses perancangan Hasil perancangan dan kesimpulan dapat dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagaram alir Perancangan

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari data yang dibagikan kepada pengguna dingklik didapatkan beberapa saran –saran antara lain :

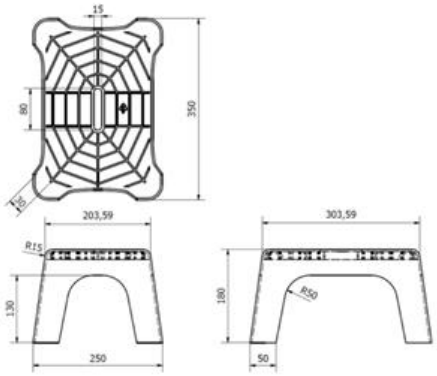
1. Dingklik harus mampu menahan beban kejut.
2. Tidak memakan tempat dimensi ramping.
3. Pada saat dingklik ditumpuk dengan dingklik untuk disimpan dingklik tersebut harus mudah untuk dilepas.

Adapun. Data-data dari pengguna dingklik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data-data berat badan pengguna

No	Jenis Kelamin	Pekerjaan	Usia (th)	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Tinggi Kursi (cm)
1.	Laki-Laki	Mahasiswa	25	75	169	20
2.	Laki-Laki	Mahasiswa	23	95	170	22
3.	Perempuan	IRT	45	56	160	18
4.	Perempuan	IRT	47	56	154	15
5.	Laki-Laki	Pelajar	16	63	155	13
Rata-Rata			31,2	69	161,6	17,6

Berat badan maksimal dari responden adalah 95 kg. Desain sengaja dibuat lebih kuat dari yang dibutuhkan untuk mengantisipasi situasi darurat, beban kejut yang tidak terduga, penyalah gunaan fungsi dingklik atau degradasi bahan. Untuk mengantisipasi masalah tersebut maka data yang dimasukkan dalam simulasi pembebanan adalah dua kali lipat berat maksimal responden yaitu 190 kg atau 1863,9 N dengan asumsi gravitasi bumi 9,81 m/s^2. Maka gaya tekan yang akan dimasukkan dalam simulasi adalah sebesar 1863,9 N, maka didapatkan dimensi seperti pada gambar 2 dan desain produknya seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Dimensi dingklik



Gambar 3 Desain produk dingklik

Detail dingklik produk perancangan

1. Panjang maksimum : 350 mm
2. Lebar maksimum : 250 mm
3. Tinggi maksimum : 180 mm
4. Material digunakan : *mold steel*
5. Masa benda : 0,899 kg
6. Lua benda :409923mm^2
7. Volume benda :763986,755 mm^3

Detail produk perancangan cetakan :

1. Diameter Sprue = 9.7032 mm
2. volume sprue = 4513,526 mm^3
3. Volume runner = 1893.333 mm^3
4. Volume gate = 150 mm^3
5. Volume totol = 950,331 mm^3

Simulasi pembebanan

Hasil simulasi pembenan sperti terlihat pada tabel 2

Tabel 2. Beban pada dingklik

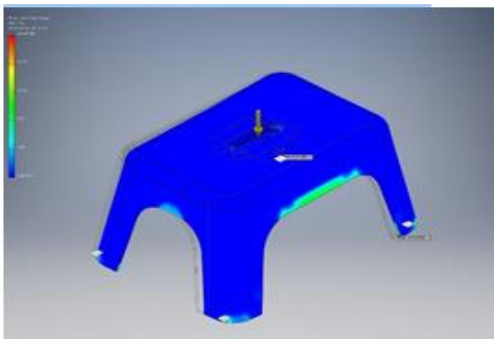
Load Type	Force
Magnitude	1863,900 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-1863,900 N
Vector Z	0,000 N

Tabel 3. *Reaction Force and Moment on Contraints*

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Frictionless Constraint:1	1389,84 N	0,206969 N	7,88709 N m	6,96275 N m
		1389,84 N		0,00491593 N m
		0,0900314 N		-3,70491 N m
Fixed Constraint:1	480,816 N	0,0551899 N	10,1428 N m	-8,50823 N m
		480,816 N		-0,00494599 N m
		0,000857115 N		5,52153 N m

1. *Von Mises Stress*

Von mises stress merupakan tegangan tarik maksimal yang dialami oleh benda. Dari hasil simulasi diketahui tegangan tarik paling tinggi ditunjukkan dengan nilai *von mises stress* sebesar 22,1354 MPa, nilai ini ditandai dengan warna merah. Tegangan tarik minimal ditunjukkan dengan nilai *von mises stress* sebesar 0,189624 MPa, nilai ini ditandai dengan warna biru. Nilai-nilai *von mises strees* dapat dilihat pada Gambar 4. Bahan yang digunakan dalam simulasi adalah *polypropylene* yang memiliki *yield strength* sebesar 4 kpsi atau 27,57903 MPa, sedangkan dalam simulasi didapatkan hasil *von mises stress* maksimal 22,1354 MPa. Karena nilai *von mises stress* lebih kecil dari *yield strength* bahan tersebut, maka bahan tidak memasuki daerah plastis sehingga benda akan kembali ke bentuk semula setelah tidak menerima gaya



Gambar 4. *Von Mises Stres*

2. *Safety Factor*

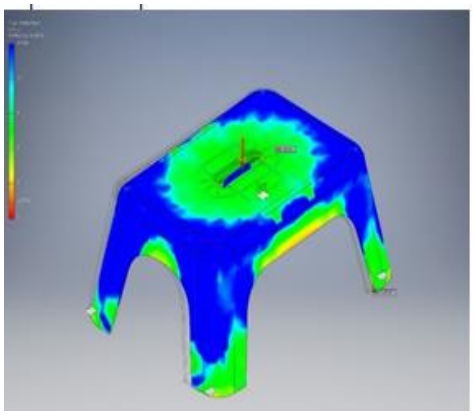
Safety factor adalah patokan utama yang digunakan dalam menentukan keamanan suatu produk. Jika nilai *safety factor* minimal kurang dari 1, maka produk tersebut gagal, untuk nilai *safety factor* bisa dikatakan aman bila nilai minimal yang didapat adalah 1 atau lebih. Untuk mendapatkan nilai *safety factor* dapat menggunakan persamaan berikut berikut:
Dimana:

yield stress = 4395 psi
= 30,3 Mpa

working stress = 22.1354 Mpa

$$Factor\ of\ safety = \frac{30,3}{22,1354} = 1,36885$$

Nilai *safety factor* minimal yang didapat yaitu 1,36885 ul, nilai ini ditandai dengan warna merah. Nilai-nilai *safety factor* dapat dilihat pada Gambar 5. Berikut ini



Gambar 5 *Safety Factor*

3. Beban maksimal

Untuk mengetahui beban maksimal yang diterima olah bangku dapat menggunakan persamaan berikut berikut ini:

max force = factor of safety x working force

max force = 2551,3995 N

Tabel 4. *Result Summary*

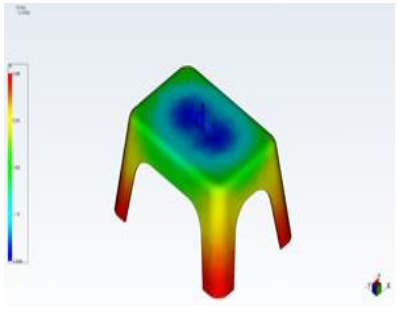
Name	Minimum	Maximum
Volume	768987 mm^3	
Mass	0,691319 kg	
Von Mises Stress	0,189624 MPa	22,1354 MPa
1st Principal Stress	-8,42339 MPa	13,1034 MPa
3rd Principal Stress	-24,6725 MPa	2,55316 MPa
Displacement	0 mm	15,063 mm
Safety Factor	1,36885 ul	15 ul
Stress XX	-12,3838 MPa	11,4172 MPa
Stress XY	-4,28021 MPa	3,80992 MPa
Stress XZ	-9,06334 MPa	8,76088 MPa
Stress YY	-24,4355 MPa	7,24399 MPa
Stress YZ	-4,73516 MPa	4,63944 MPa
Stress ZZ	-16,2576 MPa	11,136 MPa
X Displacement	-0,000519358 mm	14,9079 mm
Y Displacement	-4,80451 mm	0,0383365 mm
Z Displacement	-8,92563 mm	6,20668 mm
Equivalent Strain	0,000133414 ul	0,0155001 ul
1st Principal Strain	-0,0000160164 ul	0,00891172 ul
3rd Principal Strain	-0,0168038 ul	-0,0000493301 ul
Strain XX	-0,00568232 ul	0,00805571 ul
Strain XY	-0,0044463 ul	0,00395776 ul
Strain XZ	-0,00941505 ul	0,00910085 ul
Strain YY	-0,0165576 ul	0,00403806 ul
Strain YZ	-0,00491892 ul	0,00481948 ul
Strain ZZ	-0,00748298 ul	0,00831326 ul

Simulasi Injeksi *Mold Flow*

1. *Fill*

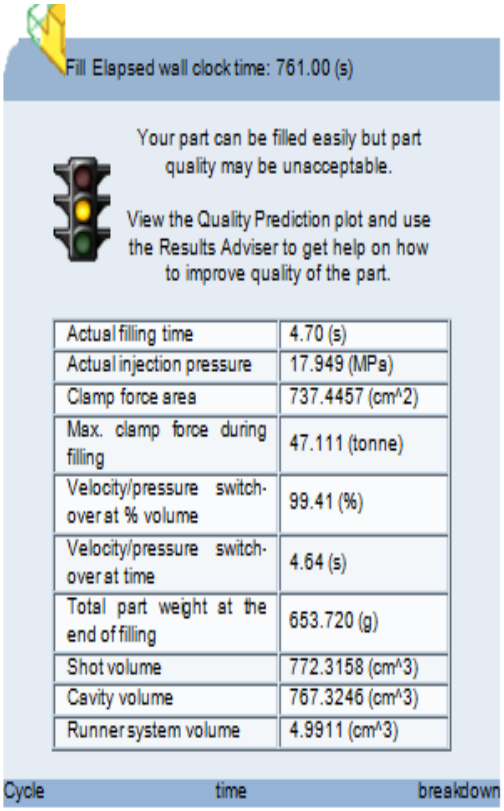
Fill time adalah lama waktu pengisian cetakan hingga penuh. Hasil yang didapat saat simulasi adalah 4,698

detik, untuk pengisian paling lama ditunjukan dengan warna merah seperti pada gambar 6.



Gambar 6. simulasi *fill time*

Tabel 5 hasil simulasi Fill



Fill Elapsed wall clock time: 761.00 (s)

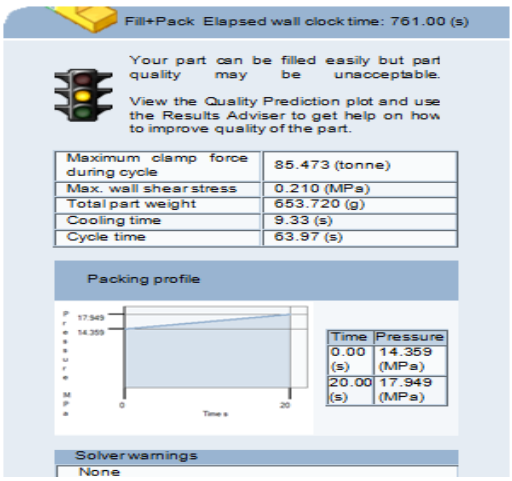
Your part can be filled easily but part quality may be unacceptable.

View the Quality Prediction plot and use the Results Adviser to get help on how to improve quality of the part.

Actual filling time	4.70 (s)
Actual injection pressure	17.949 (MPa)
Clamp force area	737.4457 (cm^2)
Max. clamp force during filling	47.111 (tonne)
Velocity/pressure switch-over at % volume	99.41 (%)
Velocity/pressure switch-over at time	4.64 (s)
Total part weight at the end of filling	653.720 (g)
Shot volume	772.3158 (cm^3)
Cavity volume	767.3246 (cm^3)
Runner system volume	4.9911 (cm^3)

Cycle time breakdown

Tabel 6. simulasi *fill Pack*



Fill+Pack Elapsed wall clock time: 761.00 (s)

Your part can be filled easily but part quality may be unacceptable.

View the Quality Prediction plot and use the Results Adviser to get help on how to improve quality of the part.

Maximum clamp force during cycle	85.473 (tonne)
Max. wall shear stress	0.210 (MPa)
Total part weight	653.720 (g)
Cooling time	9.33 (s)
Cycle time	63.97 (s)

Packing profile

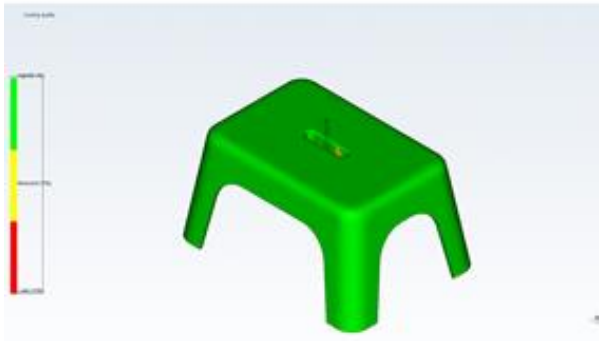
Time	Pressure
0.00 (s)	14.359 (MPa)
20.00 (s)	17.949 (MPa)

Solver warnings

None

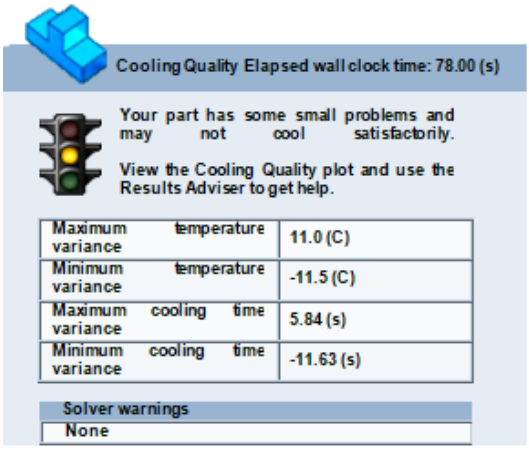
Cooling quality

Cooling quality adalah kualitas pendinginan dari benda saat proses percetakan dilakukan. Hasil maksimal yang didapat pada saat simulasi adalah 96,7 %, nilai ini ditandai dengan warna hijau. Hasil medium yang didapat pada saat simulasi adalah 3,27 %, nilai ini ditandai dengan warna kuning seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. simulasi *Cooling quality*

Tabel 7. hasil simulasi *Cooling Quality*



Cooling Quality Elapsed wall clock time: 78.00 (s)

Your part has some small problems and may not cool satisfactorily.

View the Cooling Quality plot and use the Results Adviser to get help.

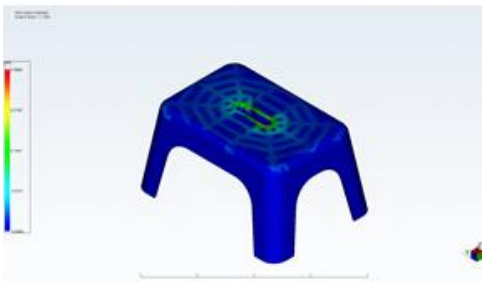
Maximum temperature variance	11.0 (C)
Minimum temperature variance	-11.5 (C)
Maximum cooling time variance	5.84 (s)
Minimum cooling time variance	-11.63 (s)

Solver warnings

None

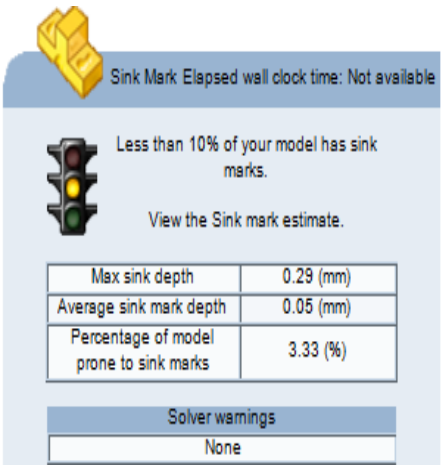
2. *Sink Mark*

Sink mark adalah pengerutan pada benda setelah proses pendinginan. Hasil pengerutan paling besar didapat pada saat simulasi adalah 0,2883 mm, untuk pengerutan paling besar ditunjukkan dengan warna merah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini:



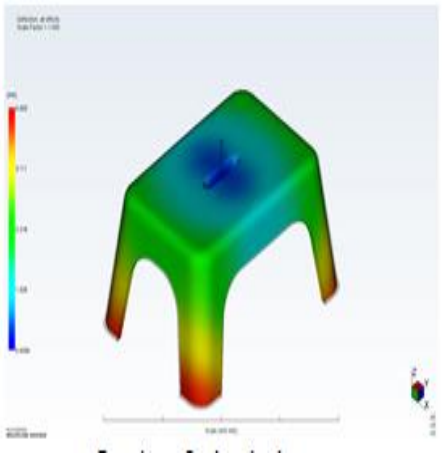
Gambar 8 simulasi *Sink mark*

Tabel 8 hasil simulasi Sink Mark



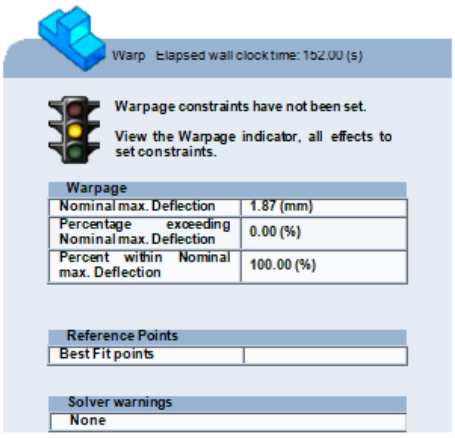
3. *Warp*

Warp adalah kelengkungan pada benda setelah proses pendinginan. Hasil kelengkungan paling besar yang didapatkan pada saat simulasi adalah 4,003 mm, untuk kelengkungan paling besar ditunjukkan dengan warna merah. Hasil kelengkungan minimal yang didapat pada saat simulasi adalah 0,4334 mm, untuk kelengkungan paling kecil ditunjukkan dengan warna biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini:



Gambar 9. simulasi *warp*

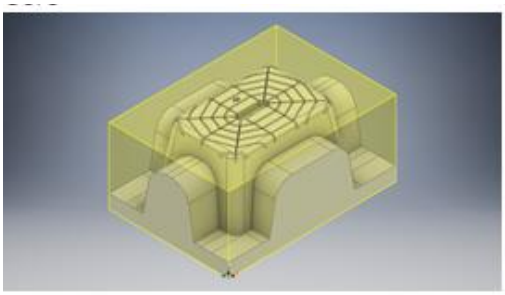
Tabel 9 hasil simulasi Warp



Simulasi Permesinan dengan perangkat lunak CAM

Proses permesinan pembuatan *core* cetakan menggunakan bahan *mold steel P20*

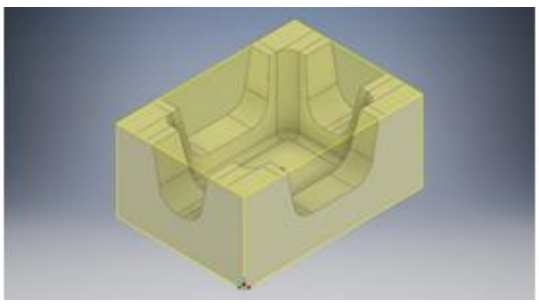
a. Persiapan pengerjaan benda sebelum proses permesinan adalah menentukan dimensi dari benda yang akan dibuat yaitu dengan panjang 490 mm lebar 350 mm dan tinggi 260 mm.
b. Proses perataan permukaan benda menggunakan tipe tool face mill dengan waktu pengerjaan selama 20 menit 6 detikProses pemakanan kasar pada benda menggunakan tipe tool flat end mill dengan waktu pengerjaan selama 5 jam 43 menit 25 detik.
c. Proses pemakanan beda untuk membuat lubang menggunakan tipe tool flat end mill dengan waktu pengerjaan 6 jam 31 menit 27 detik.
d. Pemakanan halus pada permukaan benda menggunakan tipe tool ball end mill dengan waktu pengerjaan selama 23 jam 7 menit 42 detik



Gambar 10 *design core*

Proses permesinan *cavity* cetakan *menggunakan bahan mold steel P20*

a. Persiapan pengerjaan benda sebelum proses permesinan adalah menentukan dimensi dari benda yang akan dibuat yaitu dengan panjang 490 mm lebar 350 mm dan tinggi 221 mm.
b. Proses perataan permukaan benda menggunakan tipe *tool face* mill dengan waktu pengerjaan selama 9 menit 41 detik.
c. Proses pemakanan kasar pada benda menggunakan *tipe tool flat end mill* dengan waktu pengerjaan 18 jam 17 menit 39 detik.
d. Proses pemakanan halus pada benda menggunakan tipe tool ball end mill dengan waktu pengerjaan 23 jam 13 menit 55 detik.
e. Proses pembuatan gatting system pada benda menggunakan tipe tool flat end mill dan ball end mill dengan waktu pengerjaan 9 menit 5 detik.



Gambar 11. Desain Cavity

5, Kesimpulan

1. Beban yang diijinkan pada bangku pendek sebesar 1862,9 N, untuk nilai *von mises stress* minimum sebesar 0,189624 MPa dan beban maksimum bahan dingklik sebesar 22,1354 Mpa.
2. Bahan yang digunakan dalam simulasi adalah *polypropylene* dengan dimensi luar 350 mm x 250 mm x 180 mm. massa benda 0,691 kg, luas permukaan 409923 mm^2, volume 76896,755 mm^3. Hasil analisis terhadap simulasi *Mold Flow* yaitu dalam satu kali cetak memerlukan waktu selama 63,97 detik, volume polimer adalah sebesar 772,3158 cm^3, kemudian massa benda kerja sebesar 653.720 gram.
3. Dimensi cetakan menghasilkan *cone* dan *cavity* yang menggunakan bahan *mold steel* P20, untuk *core* dengan dimensi luar 350 mm x 490 mm x 216 mm, perkiraan waktu permesinan yaitu 42 jam, 47 memit, 22 detik. Kemudian untuk *cavity* mempunyai dimensi luar 350 mm x 490 mm x 220 mm, perkiraan waktu permesinan yaitu 41 jam, 51 menit,51 detik.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanto, Aldy., 2018, Analisis Pengaruh Temperatur dan Tekanan Proses *Injection Molding Part Cup Detergent*, IST Akprind, Yogyakarta.

Denu, Triyanto., 2018, Perancangan Cetakan Injeksi Plastik 6 Rongga Cetak untuk Pembuatan Gelas *Jelly*, IST Akprind, Yogyakarta.

Kasna, Mulyadin., 2018, Perancangan, Analisis Desain Cetakan Plastik dan Simulasi Permesinan Cetakan untuk Pembuatan Stop Kontak, IST Akprind, Yogyakarta

Saputra, Decky Novian., 2017, Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Dan Tekanan Proses Injection Molding Part Ornament Wheel Hub, IST Akprind, Yogyakarta.