

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH WAKTU TAHAN TERHADAP CACAT
WARPAGE PADA PROSES INJEKSI PLASTIK BAHAN
*POLYPROPYLENE (PP)***



Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

Joko Dwi Prasetya

D200 10 0068

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2015

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah publikasi tugas akhir dengan judul " **ANALISA PENGARUH PARAMETER WAKTU TAHAN TERHADAP CACAT WARPAGE PADA PROSES INJEKSI PLASTIK BAHAN POLYPROPYLENE (PP)**", telah disetujui oleh pembimbing dan disahkan oleh ketua Jurusan Teknik Mesin sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh :

Nama : Joko Dwi Prasetya

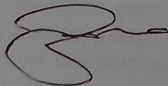
NIM : D 200 100 068

Disetujui pada

Hari : Senin

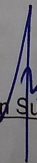
Tanggal : 09 Januari 2016

Pembimbing Utama



Bambang Waluyo F. ST, MT

Pembimbing Pendamping



Amir Sulistyanto, ST

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo Besar Riyadi, ST., M.Sc., Ph.D

ANALISA PENGARUH WAKTU TAHAN TERHADAP CACAT WARPAGE PADA PROSES INJEKSI PLASTIK BAHAN POLYPROPYLENE (PP)

Joko Dwi Prsetya, Bambang Waluyo F.ST, Amin Sulistyanto, ST

Tenik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A. Yani Tromol pos I Pabelan, Surakarta

Email: prasetyo.dwi92@gmail.com

ABSTRAKSI

Injection molding adalah proses pembentukan plastik dengan cara melelehkan material plastik yang diinjeksikan ke dalam sebuah cetakan(mold). Cacat yang sering terjadi pada produk injection molding antara lain short shot, Sink mark, flash dan warpage. Faktor penyebab terjadinya warpage dipengaruhi oleh tekanan injeksi, suhu cetakan, titik leleh dan waktu tahan pada proses injeksi plastik (Huang dan Tai, 2001). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh waktu tahan terhadap terjadinya cacat warpage dari hasil produk injection molding dan untuk menentukan parameter waktu tahan yang tepat sehingga didapatkan produk yang optimal dari injection molding.

Langkah awal pembuatan cetakan (mold) dengan mesin CNC milling dan pembuatan pendingin dengan sistem softtooling tipe saluran pendingin conformal. Sistem soft toling dibuat dengan mencampurkan serbuk aluminium dan lem epoxy dengan perbandingan 2:1 saluran conformal dicetak didalamnya. Metode pengambilan data yang digunakan adalah pemrosesan gambar dengan pengambilan gambar menggunakan kamera 14 pixel dan diproses menggunakan software solidwork dan pengukuran warpage dengan alat ukur dial indikator sehingga dapat dianalisa secara statistik serta dapat diambil sebuah kesimpulan.

Dari hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa dalam penelitian ini secara umum menaikkan waktu tahan membuat persentase warpage yang terjadi semakin semakin mengecil bahkan menghilang begitu juga sebaliknya. Waktu tahan optimal dari penelitian ini yaitu pada waktu tahan 12.5 detik.

Kata Kunci: injection molding, solidwork, dial indikator, waktu tahan, warpage.

ANALISA PENGARUH WAKTU TAHAN TERHADAP CACAT WARPAGE PADA PROSES INJEKSI PLASTIK BAHAN POLYPROPYLENE (PP)

Joko Dwi Prsetya, Bambang Waluyo F.ST, Amin Sulistyanto, ST

Tenik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A. Yani Tromol pos I Pabelan, Surakarta

Email: prasetyo.dwi92@gmail.com

ABSTRACTION

Injection molding is a plastic forming process by way of melting the plastic material is injected into a mold (mold). Defects that often occur in injection molding products include a short shot, Sink mark, flash and warpage. The causes of warpage is affected by the injection pressure, mold temperature, melting and holding time in the plastic injection process (Huang and Tai, 2001). Therefore, the purpose of this study was to investigate the influence of the holding time of the occurrence of defects warpage of the results of injection molding products and to determine the proper holding time parameter to obtain the optimal product of injection molding.

The initial step of making the mold (mold) with CNC milling machines and manufacture of cooling systems softtooling type of conformal cooling channels. Tooling soft system is made by mixing powdered aluminum and epoxy glue in the ratio 2: 1 channel conformal printed therein. The data collection method used is processing images with image capture using a 14 pixel camera and processed using software solidwork and warpage measurement with a dial indicator measuring devices that can be analyzed statistically and can be drawn to a conclusion.

From the results of the study concluded that in this study generally increase the holding time making warpage percentage that increasingly smaller and smaller and even disappear and vice versa. Optimal holding time of this analysis, the holding time of 12.5 seconds.

Keywords: injection molding, solidwork, dial indicators, hold time, warpage.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, baik industri manufaktur maupun industri jasa, kualitas sangat sering dibahas. Hal itu disebabkan karena apabila kualitas produk atau jasa itu tidak sesuai harapan konsumen, maka hal itu akan menjadi salah satu pemborosan dalam biaya operasional. Dalam hal ini plastik dikenal sebagai salah satu bahan serbaguna yang memiliki beberapa kelebihan seperti mudah dibentuk, ringan, tidak mudah pecah, tahan karat, tahan korosi, murah dan lebih cepat di produksi dibandingkan dengan logam. *Injection moulding* adalah salah satu operasi yang paling umum dan serbaguna untuk produksi massal pada komponen plastik yang kompleks dengan toleransi dimensional yang sempurna. Namun dalam proses produksi menggunakan mesin *injection moulding* tidak lepas dari cacat produk. *Injection moulding* adalah proses pembentukan plastik dengan cara melelehkan material plastik yang kemudian diinjeksikan ke dalam sebuah cetakan (*mold*). Dengan teknik *injection moulding* plastik dapat bentuk sesuai dengan desain produk yang diinginkan.

Namun dalam proses produksi menggunakan mesin *injection moulding* tidak lepas dari cacat produk seperti *sink mark*, *short shot*, *flash*, *silver streak*, *warpage*, ataupun yang terjadi pada bagian-bagian tertentu suatu produk. Desain cetakan yang kurang optimal dan pengaruh parameter / *setting* proses injeksi dapat mempengaruhi timbulnya beberapa jenis cacat di atas sehingga mengakibatkan biaya produksi yang tinggi atau kurang efisien karena material banyak yang harus diproses ulang dan kualitas produk menurun karena produk banyak yang rusak.

Warpage adalah Cacat terjadi pada suatu produk dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain kesalahan pembuatan desain mold, kesalahan operasi akibat dari parameter proses injeksi yang tidak sesuai sehingga produk terjadi cacat, berupa tekukan / cembungan / cekungan pada permukaan atau sirip produk.

Pada proses *injection moulding* dengan pengaturan parameter penekanan yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan menghemat biaya produksi. Hal ini dikarenakan parameter proses penekanan dan waktu penekanan yang

pada umumnya dilakukan oleh sistem hidrolik merupakan salah satu parameter penting yang harus diperhatikan untuk keberhasilan proses produksi melalui *injection molding* (Manas Chanda and Shalil Roy,2006).

Batasan masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas penelitian ini berkonsentrasi pada :

1. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk produk disk spesimen.
2. Kekuatan material dari *mould* sudah dianggap memenuhi syarat perencanaan.
3. Pembuatan mould dan sistem pendinginnya dimulai dengan desain 3D CAD.
4. Bentuk produk sudah ditentukan sesuai ASTM D955.
5. Bahan baku yang digunakan adalah *polypropylene (PP)*.
6. Mesin injeksi plastik dioperasikan secara manual.
7. *Setting temperature* leleh plastik dibuat sama 150° C.
8. Tekanan injeksi 12,738 kg/cm².

9. Variasi Waktu tahan 5 sampai 15 detik.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh parameter waktu tahan proses injeksi plastik terhadap cacat warpage.
2. Menyelidiki presentase cacat warpage mana yang paling sedikit cacat produk terhadap parameter waktu tahan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembuatan modeling dalam bentuk 3D (tiga dimensi) *injection molding* baik *cavity* maupun *corenya* dengan menggunakan CATIA, kemudian dilakukan analisis dengan *software MoldFlow* untuk pembuatan *mesh* dan memberikan batasan panas pada komponen sehingga dapat diketahui mode penyusutannya. Analisis ini akan memberikan gambaran tentang distribusi panas pada mould dan memberikan tentang gambaran aliran *fluida*. Pada analisis tersebut dapat dilihat gejala terjadinya cacat produk (Agus Dwi Anggono 2005).

warp dapat dikurangi dengan jalan mengurangi ukuran *gate*, mengurangi tekanan, memposisikan ulang saluran pendingin, mengurangi temperatur cetakan dekat *gate* dan *sprue*, mengurangi waktu tahan, serta menaikkan temperatur cetakan. Fischer (2003)

Metode *rapid lamination* dalam pembuatan *rapid prototyping* sudah dikembangkan sejak beberapa tahun yang lalu. Pelopor metode laminasi ini diawali sejak tahun 1979 oleh profesor Nakagawa yang dipublikasikan sejak tahun 1980 dengan aplikasi cetakan untuk baja, aluminium dan *soft tooling* (Himmer dkk, 1999; Chung dkk, 2003, Ferreira dan Matheus, 2004). Dalam beberapa tahun kedepan mulai muncul beberapa grup penelitian selain Profesor Nakagawa, seperti dari grup Warwick University (Bryden, Wimpenny) yang mempunyai fokus pada laminasi plat baja baik skala kecil sampai pada industri dirgantara. Grup lainnya yang fokus pada *stereolithography* dari Ferreira dan Matheus, (2004) yang fokus pada *soft tooling* dan *rapid prototyping* untuk pengecoran.

LANDASAN TEORI

Polypropylene

Bahan merupakan bahan polimer yang kuat dan tangguh. Material ini mempunyai ketahanan yang baik terhadap keretakan, tahan kimia, tahanan listrik, kekakuan, tahan terhadap pengikisan, penyerapan air yang rendah. Bahan ini mempunyai titik leleh yang tinggi 165°C dan mampu digunakan pada temperatur 100°C dalam waktu yang lebih singkat. (Al-Tayyib, A-H. J dan Al-Zahrani, M.M.).

Bahan ini digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil, alat tulis, berbagai tipe wadah terpakai ulang serta bagian plastik, perlengkapan laboratorium dan komponen otomotif.

Sifat-sifat *polypropylene* serupa dengan sifat-sifat *polyethylene*. Massa jenisnya rendah (0,90- 0,92) g.cm⁻³ termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer, dapat terbakar bila dinyalakan dibandingkan *polyethylene* massa jenis tinggi. Sifat tembus cahayanya pada pencetakan lebih baik dari pada *polyethylene* dengan permukaan mengkilap, penyusutannya pada pencetakan kecil, penampilan dan ketelitian

dimensinya lebih baik. Tahan kimianya kira-kira sama bahkan lebih baik dari pada *polyethylene* massa jenis tinggi (Boedeker.com,2010).

Adapun sifat fisis, mekanis dan thermal dari *polypropylene* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Sifat fisis, mekanis dan thermal dari *polypropylene*(Boedeker.com, 2010)

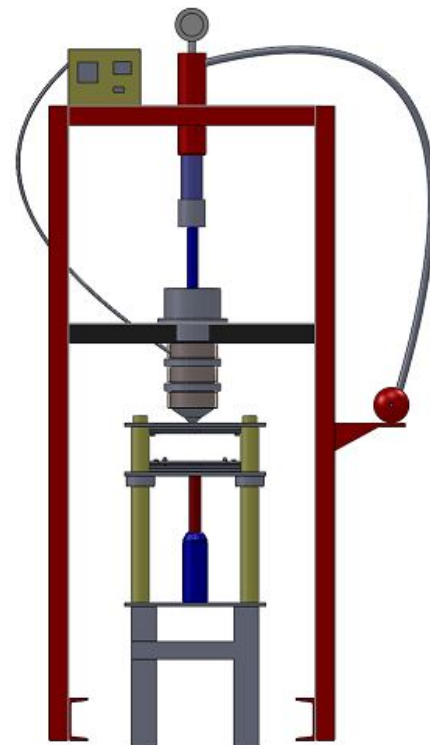
TIPIKAL PROPERTI dari POLYPROPYLENE				
ASTM atau UL uji	Properti	Homopolimer	Co-Polymer	Api Retardant
FISIK				
D792	Densitas (lb/in ³)	0.033	0.033	0.035
	(g/cm ³)	0.905	0.897	0.988
D570	Penyerapan Air, 24 jam (%)	<0.01	0.01	0.02
MEKANIK				
D638	Kekuatan 9arik (Psi)	4800	4800	4800
D638	Modulus Tarik (Psi)	195000	-	-
D638	Tarik Pemanjangan di Yelt (%)	12	23	28
D790	Kekuatan lentur (Psi)	7000	5400	-
D790	Lentur Modulus (Psi)	180000	160000	145000
D695	Kekuatan tekan (psi)	7000	6000	-
D695	Tekan Modulus (psi)	-	-	-
D785	Kekerasan, R Rockwell	92	80	-
D256	Izod berkulai Dampak (ft-lb/in)	1.9	7.5	0.65
THERMAL				
D696	Koefisian Ekspansi Termal Linier (X 10 ⁻⁵ in/di °.F)	6.2	6.6	-
D648	Panas Lendutan Temp (°F/°C)			
	Pada 66 psi	210/ 99	173/ 78	106/ 41
	di 264 psi	125/ 52	110/ 43	57/ 14
D3418	Suhu lebur (°F/°C)	327/ 164	327/ 165	327/ 166
-	Max Operating Temp (°F/°C)	180/ 82	170/ 77	180/ 82

Injection molding

Proses *injection moulding* merupakan proses dengan kecepatan tinggi dan otomatis yang dapat digunakan untuk memproduksi produk plastik dengan geometri yang kompleks. Proses ini merupakan proses yang

kompleks dengan melibatkan serangkaian langkah kerja, dimulai dari pemasukan biji plastik.

Untuk thermoplastik waktu satu siklus proses *injection molding* singkat (sekitar 10-30 detik) karena produk langsung membeku setelah diinjeksikan ke dalam cetakan. Sementara, untuk thermoset waktu yang dibutuhkan agak lama karena pemanasan terjadi selama material berada dalam tekanan cetakan yang bersuhu tinggi. Bagian utama mesin *injection molding* dapat dilihat pada Gambar 1.



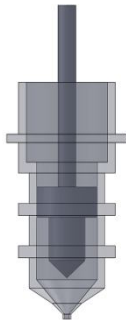
Gambar 1. Bagian utama mesin *injection molding*

Produk-produk yang dihasilkan melalui proses *injection molding* diantaranya *printer, keyboard, casing handphone, packing* makanan dan minuman, pesawat telepon, *dashboards* mobil, *body* motor, helm, peralatan rumah tangga dan lain-lain.

Secara umum konstruksi mesin *injection molding* terdiri dari tiga unit pokok yang penting yaitu *injection unit, clamping unit* dan *mold unit* (Sendi, 2012).

1. Plasticizing Unit

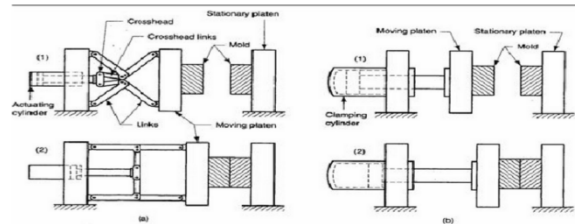
Merupakan bagian untuk memasukan *pellet* plastik (*resin*) dan pemanasan. Bagian dari *Plasticizing unit: Hopper* untuk memasukan *resin*; *Screw* untuk mencampurkan material supaya merata, *Barrel, Heater*, dan *Nozzle*.



Gambar 2. Bagian *Plasticizing Unit*
(www.academia.edu)

2. Clamping unit

Merupakan tempat untuk menyatukan *moulding*. *Clamping system* sangat kompleks, dan di dalamnya terdapat mesin *moulding* (cetakan), untuk memastikan *moulding* terisi penuh oleh *resin, injection* untuk memasukan plastik melalui *sprue* pendingin, *ejection* untuk mengeluarkan hasil cetakan plastik dari *moulding*.

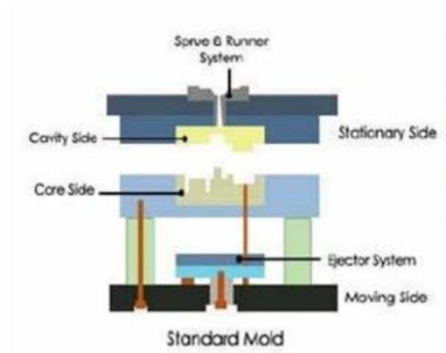


Gambar 3 *clamping unit*
(www.academia.edu)

1. Mold unit

Mould unit adalah bagian terpenting untuk mencetak plastik, bentuk benda plastik sangat tergantung dari bentuk *mould*, karena setelah plastik masuk ke dalam *mould*, didinginkan maka terbentuklah bentuk plastik sesuai dengan bentuk *mould*, ada berbagai tipe *mould*, disesuaikan dengan bentuk benda yang akan dibuat, untuk mengenal lebih jauh tentang *mould* perlu pembahasan tersendiri, secara

umum *mould unit* dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. Bagian utama *mold unit*
(www.academia.edu)

Waktu tahan (*holding time*)

Waktu tahan yang tidak tepat akan memungkinkan bahan keluar dari lubang runner, jika tekanan holding dihentikan sebelum gate membeku. Setelah gate solid, plastik tidak bisa lagi mengalir ke dalam atau keluar dari lubang runner. Tambahan, waktu tahan dihitung setelah gate membeku tidak ada lagi plastik yang masuk ke cetakan.

Cacat produk *injection molding*

Cacat produk yang terjadi pada proses *injection molding* diantaranya:

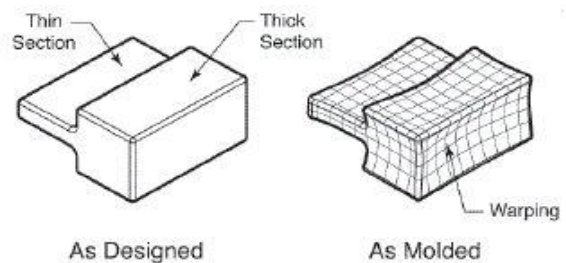
- a. *Short shot* : Kondisi dimana kapasitas lelehan plastik tidak mampu memenuhi kapasitas cetakan atau lelehan plastik pada

saat diinjeksikan mengeras sebelum memenuhi cetakan.

- b. *Warpage* : Kondisi dimana produk melengkung atau bengkok.
- c. *Flash* : Kondisi dimana terdapat material plastik yang lebih ikut membeku di pinggir-pingir produk dll.

Cacat *Warpage*

warpage seperti pada gambar digunakan untuk menjelaskan bagian dari produk yang bengkok atau melengkung, biasanya disebabkan karena waktu tahan yang singkat pada produk.



Gambar 5. *Warpage*

(<https://www.solidconcepts.com>)

Penyebab terjadinya *warpage* adalah :

- a. Perbedaan antara *shrinkage* dan *cooling time* yang tergantung pada kontraksi kedua permukaan dan

ketebalan komponen dari hasil distribusi *temperature mould*.

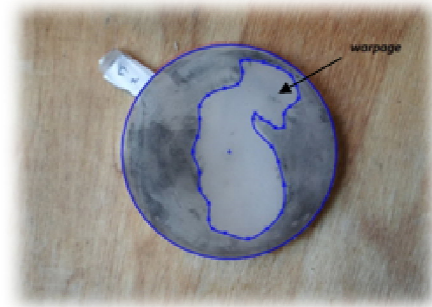
- b. Ketidak-samaan distribusi tekanan pada produk.
- c. Kurangnya kekakuan struktural produk.
- d. Aliran dan volume pendingin yang kurang serta kurangnya kinerja distribusi panas mold.

Cacat warpage dapat dikurangi dengan cara:

- a) Menambahkan waktu pendinginan atau mengurangi tekanan, serta memeriksa sistem pendinginan mold atau memperbaiki *mold*.
- b) memeriksa *gate* untuk lokasi yang tepat dan ukuran yang memadai.
- c) memeriksa mekanisme pelepasan mold untuk desain dan pengoperasian yang sesuai.

Pengukuran luasan *warpage*

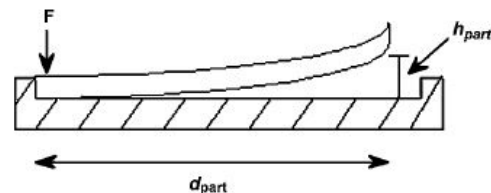
Dimana dilakukan pengolesan serbuk karbon untuk memperjelas pengamatan dan menghitung luasan *warpage* dengan *software solid work*.



Gambar 6 pengukuran luasan *warpage*

Pengukuran besaran *warpage*

Dimana pengukuran dilakukan dengan mencari selisih antara tebal produk bagian terendah dengan bagian tertinggi produk dengan alat dial indikator.



Gambar 7. Pengukuran besaran *warpage* (fisher)

Rumus perhitungan *warpage*

$$W = h_{part} / d_{part}$$

Dimana :

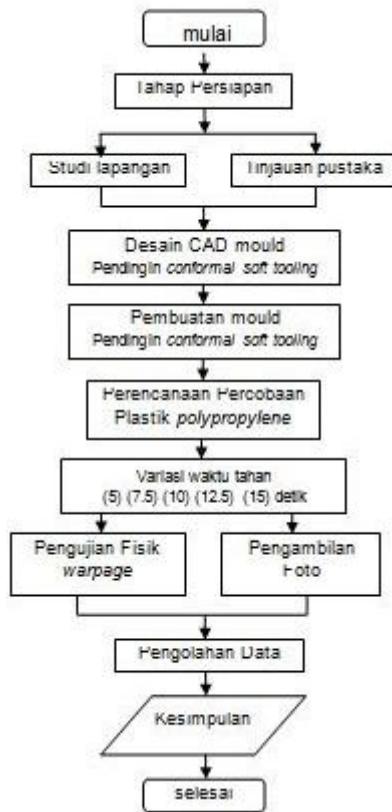
w : *Warpage*

h_{part} : Ketinggian *warpage* (mm)

d_{part} : Diameter Spesimen (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



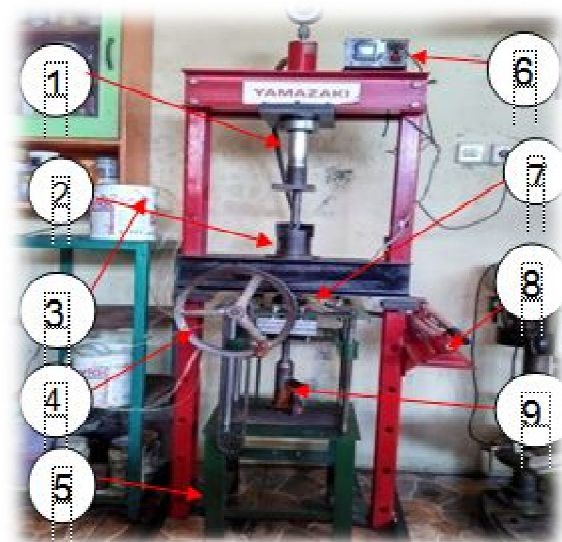
Gambar 8. Diagram alir penelitian

Studi pustaka dengan mencari jurnal-jurnal penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dan survei lapangan dengan melakukan kerja praktek sesuai penelitian untuk meninjau proses dan alat penelitian yang akan digunakan.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Mesin injeksi plastik
2. Thermometer
3. Stopwatch
4. Gelas ukur
5. Kamera
6. Pompa air dan selang
7. Kunci pas
8. Skrap
9. *Polypropylene*
10. Serbuk aluminium
11. Epoxy
12. Pipa tembaga
13. Karbon
14. Dial indikator



Gambar 9. Instalasi mesin *injection moulding*

Keterangan :

1. Hidrolik pendorong biji plastik.
2. Barel.
3. komponen pendingin.
4. puly penggerak mold (buka tutup)

5. rangka tempat mold.
6. *Thermocontrol*.
7. *Heater*.
8. Tuas penggerak hidrolik pendorong biji plastik.
9. Hidrolik penahan mold.

DATA DAN HASIL PENELITIAN

Data pembuatan Spesimen

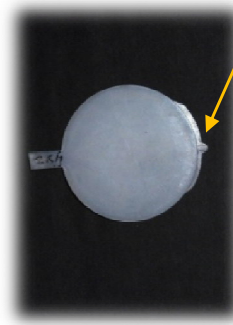
Pembuatan spesimen dengan variasi waktu tahan 5 detik, 7.5 detik, 10 detik, 12.5 detik dan 15 detik diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2.Data pembuatan spesimen

Temperaturleleh polypropylene	170 °C
Temperatur didalam barel	150 °C
Tekanan	12.738 kg/cm ²
Temperatur cetakan atas rata-rata	39 °C
Temperatur cetakan bawah rata-rata	36 °C
Temperatur air pendingin	30 °C
Debit air pendingin rata-rata	3.37 cm ³ /s
Waktu injeksi rata-rata	44.5 Detik
Waktu pendinginan rata-rata	34.59 Detik

Dalam proses pembuatan spesimen dengan variabel data di atas diperoleh hasil bahwa tidak semua spesimen mengalami cacat *warpage*. Namun *warpage* yang timbul cukup besar sehingga dapat terlihat jelas secara langsung oleh mata seperti cekungan.

Selain cacat *warpage* juga timbul cacat lain seperti berikut



Gambar 10. Cacat *flash*

Flash : Kondisi dimana terdapat material plastik yang lebih ikut membeku di pinggir-pinggir produk seperti sirip ikan.

dari hasil percobaan pada parameter diatas didapat hasil sebagai berikut.

Data hasil pengukuran *warpage*

Tabel 3. Pengamatan *warpage*

NO	Waktu Tahan (detik)	Warpage	
		tidak ada	ada
1	5		
		perc.1	✓
		perc.2	✓
2	7.5		
		perc.1	✓
		perc.2	✓
3	10		
		perc.1	✓
		perc.2	✓
4	12.5		
		perc.1	✓
		perc.2	✓
5	15		
		perc.1	✓
		perc.2	✓

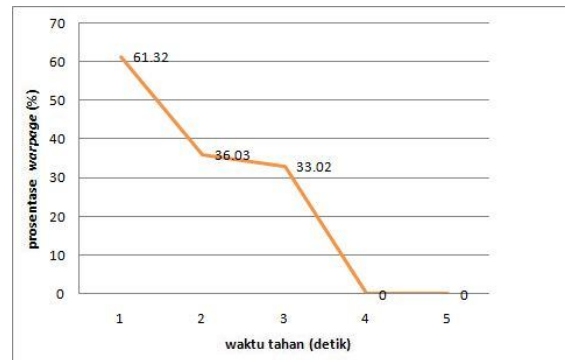
Tabel 4. Hasil pengukuran luasan *warpage software solid works*

NO	Waktu Tahan (detik)	Warpage		
		luas(mm ²)	%	
1	5			
		perc.1	41.71	53.14
		perc.2	49.08	62.53
		perc.3	53.61	68.3
2	7.5			
		perc.1	18.92	24.11
		perc.2	24.36	31.04
		perc.3	41.55	52.94
3	10			
		perc.1	28.01	35.69
		perc.2	27.21	34.67
		perc.3	22.54	28.72
4	12.5			
		perc.1	tidak ada	
		perc.2	tidak ada	
		perc.3	tidak ada	
5	15			
		perc.1	tidak ada	
		perc.2	tidak ada	
		perc.3	tidak ada	

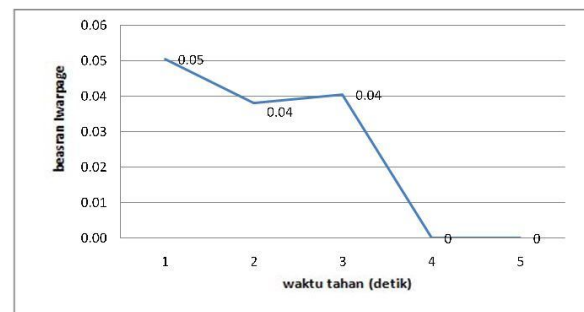
Tabel 5. Hasil pengukuran besaran *warpage* dengan *dial indikator*

NO	Waktu Tahan (detik)	Warpage	
1	5		
		perc.1	0.0494
		perc.2	0.054
		perc.3	0.048
2	7.5		
		perc.1	0.0183
		perc.2	0.039
		perc.3	0.0571
3	10		
		perc.1	0.0439
		perc.2	0.0374
		perc.3	0.0401
4	12.5		
		perc.1	tidak ada
		perc.2	tidak ada
		perc.3	tidak ada
5	15		
		perc.1	tidak ada
		perc.2	tidak ada
		perc.3	tidak ada

Dari data tabel maka dapat dibuat grafik hasil pengukuran luasan dan besaran cacat *warpage* pada spesimen sebagai berikut :



Gambar 11. histogram hasil pengukuran luasan *warpage*



Gambar 12. histogram hasil pengukuran besaran *warpage*

Dari data yang diperoleh dari hasil percobaan *injection moulding* pada parameter waktu tahan 5 detik – 10 detik ditemukan cacat *warpage*, pada waktu tahan 5 detik dari tiga percobaan luasan *warpage* terkecil adalah 41.71 mm² dengan besaran *warpage* 0.048. Untuk waktu tahan 7.5 dan 10 detik

luas *warp*age terkecil adalah 18.92 mm² dan 22.54 mm² dengan besaran *warp*age 0.0183 dan 0.0374 mm². Sedangkan waktu tahan 12.5 – 15 detik belum ditemukan adanya *warp*age. Jika dilihat dari data tersebut memperlihatkan bahwa parameter waktu tahan 5 detik – 10 detik belum ideal karena dalam proses *injection moulding* dengan bahan *polypropylene* masih terdapat *warp*age pada produk.

Jadi waktu tahan yang ideal proses *injection moulding* ini adalah 12.5 -15 detik karena pada parameter tersebut plastik yang telah di injeksi dapat sempurna memenuhi ruang *mould* dan pada waktu tahan tersebut juga waktu paling cepat dibandingkan waktu tahan yang lain dan menghasilkan produk yang baik.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa hasil yang merupakan jawaban dari penelitian ini.

1. Prosentase mengurangi cacat produk *warp*age dimensi lebih baik menggunakan parameter waktu

tahan yang lebih lama didalam penelitian lapangan, ini membuktikan bahwa parameter waktu tahan yang lebih lama mempunyai kontribusi lebih optimal dalam mengendalikan cacat *warp*age dimensi produk.

2. Waktu tahan optimal dari penelitian ini yaitu pada 12.5 detik.

SARAN

Saran dari peneliti jika nantinya ada peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian ini:

1. Untuk lebih mendalami lebih mendalami plastik disarankan menggunakan bahan plastik lain sebagai pembandingan
2. Penulis berharap penelitian ini diteruskan dan dikembangkan kearah pengontrolan perpindahan panas yang terjadi diseluruh bagian *mould* sehingga dapat dicapai produk yang baik.
3. Penulis menyarankan untuk penelitian berikutnya lebih memperhatikan desain *mould* agar mendapat hasil yang lebih baik dan menggunakan plat yang lebih tebal dalam pemilihan bahan.

DAFTAR PUSTAKA

Budhi Sadewa, Allan (2014) Laporan Praktek Kerja Nyata Proses Produksi Penutup Roda Mobil Pada Pt. Yogya Presisi Tehnikatama Industri.

CHEN Zhen, DENG Yi-min, SUN Bao-Shou, WANG Li-zhu (Faculty Of Mechanical Engineering and Mechanic, Ningbo Univercity, Ningbo 315211, China); Optimization of Injection Warpage Process parameters based on Uniform Design Of Experiment[J];Litght Industry Machinery;2010-2.

Dwi Anggono Agus(2007) Prediksi *Shrinkage* untuk Menghindari Cacat Produk Pada *Plastic Injection*

Ferreira, J.C., mateus, A., "studies of rapidSoft Tooling with Conformal Channels for Plastic Injection Moulding," Journal Of Materials Processing Tehnology (2003).

Handbook Of Molded Part Shinkage and Warpage, Jerry M. Fischer. Plastics Design Library/Wiliam Andrew publishing, Norwich, NY (2003)

Himmer, T.,Nakagawa, ., Anzai, M. (1999) Lamination Of metal Sheets Computers in Industry,