

**PERANCANGAN ALAT UJI KEKENTALAN PLASTIK DENGAN KAPASITAS 4
CM³ PADA TEMPERATUR MAKSIMAL 300°C**
**The Design of a 4 cm³ Capacity of Liquid Plastic Viscosity Test Equipment for 300°C
Maximum Temperature**

Muhammad Fatkhi

*Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jl. Lingkar Barat,
Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183*

Email : muh.fatkhi@outlook.com

Abstrak

Melt flow indexer merupakan alat pengujian resistensi satu lapisan untuk meluncur (*sliding*) di atas lapisan lainnya (viskositas). Pengujian viskositas ini bertujuan untuk mencari nilai *Melt Flow Rate* (MFR) MFR didapat dari plastik yang dilebur di dalam tabung berbentuk silinder selama 10 menit dan ditekan dengan beban yang sudah ditentukan. Plastik cair yang sudah terkena beban akan mengalir ke *die* sehingga terekstrusi. Akan tetapi harga alat *melt flow indexer* cukup mahal sehingga dibutuhkan alat dengan harga ekonomis yang mampu menguji viskositas plastik.

Perancangan alat uji kekentalan plastik ini dilakukan dengan melakukan perhitungan diantaranya menghitung kapasitas maksimal tabung silinder, menghitung kalor yang dihasilkan, menghitung waktu peleburan plastik, dan menghitung laju perpindahan yang terjadi sehingga menghasilkan spesifikasi alat uji, material yang digunakan dan batasan material yang mampu diuji.

Hasil dari perancangan alat uji kekentalan plastik memiliki kapasitas maksimal 4 cm³, kalor yang dihasilkan dari 5 gram *polypropelene* (PP) sebesar 1920 Joule, waktu peleburan 5 gram *polypropelene* (PP) sebesar 2,18 detik, dan laju perpindahan yang terjadi melewati tabung silinder sebesar 3332,5 J/s. Bahan yang digunakan untuk membuat tabung silinder dan piston terbuat dari *stainless steel* 304 (SS304), sedangkan *die* terbuat dari bahan kuningan C36000.

Kata kunci : *viskositas, melt flow rate (MFR), peleburan plastik.*

Abstract

Melt flow indexer is a one layer resistance test equipment for sliding on other layer (viscosity). The purpose of viscosity test is looking for Melt Flow Rate (MFR) value. MFR value was gained from plastic melted in a cylindrical tube for 10 minutes under specific pressure load. The liquid plastic that has been exposed to the load will flow to a die and extruded. *Melt flow indexer* price is quite expensive such that an equipment with low budget tool capable of testing the plastic viscosity is needed.

The design of the plastic viscosity test equipment is carried out by calculating the maximum capacity of the cylinder, the product of the heat, the required time, and the heat being transferred in order to obtain the specification of the equipment, material to be tested, and the limitation of material capable of being tested.

The test equipment has maximum capacity of 4 cm³, the heat for melting 5 gram polypropylene (PP) is 1920 Joule, the time required to melt 5 gram of polypropylene is 2,18 second, and heat transfer passing through cylinder tube at 3332.5 J / s. The materials used to make cylinder and piston are stainless steel 304 (SS304), while the die is made from brass C36000.

Key word : Viscosity, Melt Flow Rate (MFR), and Plastic.

PENDAHULUAN

Melt Flow Indexer

Pada zaman modern ini kebutuhan akan plastik sangat besar dan berpengaruh pada kehidupan masyarakat. Banyak barang-barang yang menggunakan bahan dasar plastik sebagai pengganti bahan dasar yang lain seperti piring yang pada awalnya menggunakan bahan dasar keramik sekarang diganti dengan bahan plastik. Hal ini dikarenakan biaya produksi plastik lebih rendah dan plastik mempunyai ketahanan yang cukup bagus.

Plastik merupakan bahan baku yang diperoleh melalui proses sintesis dari berbagai bahan mentah, yaitu : minyak bumi, gas bumi dan batu bara. Plastik juga disebut sebagai bahan berstruktur makro molekuler karena bahan tersebut terdiri dari molekul-molekul yang besar (makro) (Widjaja,2012).

Untuk menentukan kualitas suatu plastik dibutuhkan pengujian, salah satunya adalah pengujian resistensi satu lapisan untuk meluncur (*sliding*) di atas lapisan lainnya (viskositas) menggunakan alat *melt flow indexer*. Kekentalan (viskositas) diartikan sebagai tahanan internal terhadap aliran. Kekentalan adalah nilai yang diukur dari tahanan fluida yang berubah bentuk karena tegangan geser (*shear stress*) maupun tegangan tarik (*tensile stress*). Semakin kecil nilai viskositas maka semakin mudah suatu fluida dapat bergerak (Khamdani, 2013).

Harga *melt flow indexer* relatif mahal sehingga industri pengolahan plastik khususnya industri kecil tidak mampu membeli alat tersebut. Untuk menjawab permasalahan

tersebut maka perlu perancangan alat uji kekentalan plastik yang mengikuti prinsip kerja *melt flow indexer*, mudah digunakan, dapat di pindah-pindah (*portable*) dan ekonomis.

Pengujian Viskositas

Terdapat 4 prosedur pengujian kekentalan plastik yaitu, prosedur A digunakan untuk mencari nilai MFR dengan satuan g/10 menit. Prosedur B digunakan untuk mencari Melt Volume Rate (MVR) dengan satuan $\text{cm}^3/10$ menit. Prosedur C digunakan untuk mencari *Flow Rate Ratio* (FRR). Prosedur D untuk dapat menentukan MFR menggunakan dua beban atau tiga beban yang berbeda (termasuk peningkatan atau penurunan beban pada saat pengujian) (ASTM Internasional, 2010)

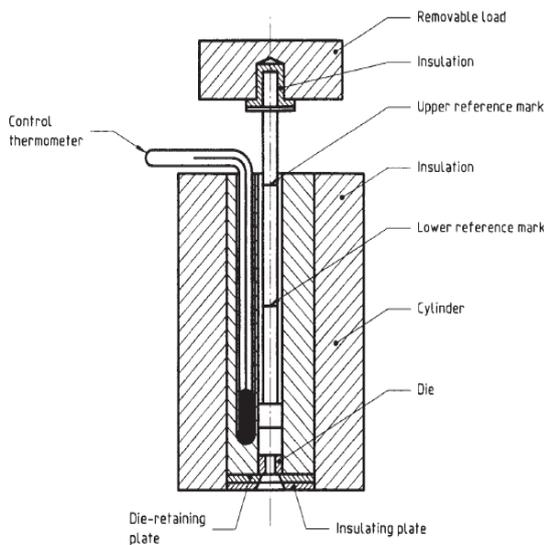
Untuk meminimalisir kemungkinan material *cross – contamination*, masing-masing pengujian dilakukan dengan sebuah material dalam berbagai variasi temperatur. Permasalahan pada pengukuran MFR adalah tekanan yang tidak konsisten pada saat pengujian, tabung, piston atau *die* dalam keadaan kotor, variasi potongan pada saat terekstrusi, pemakaian piston dan *die* dan variasi temperatur yang digunakan (Moseley, 2011)

Pada saat pengujian *polypropylene:Vistalon 404* dengan temperatur 170°C , waktu material mengalir melalui *orifice* cukup panjang dan pada saat ditambahkan beban 2,16 kg terdapat buih (*bubble*) pada material. Sedangkan pada suhu 180°C dan dengan beban 0,325 kg memiliki nilai

topography paling banyak pada permukaannya. Nilai MFR dari *Polypropylene : Vistalon 404* adalah 1,234 g / 10 menit, sedangkan nilai MVRnya adalah 1,67 cm³/ 10 menit (Wezka, 2013)

Alat Uji Viskositas

Alat uji viskositas plastik memanfaatkan pemanasan induksi magnetis dan sistem ekstrusi. Alat ini terdiri dari rangkaian piston dan tabung silinder yang dipanaskan untuk diisi sampel (lihat Gambar 1). Beban tertentu akan diberikan pada piston, dan lelehan sampel keluar melalui *die* kapiler berdimensi tertentu (Darojat, 2008)



Gambar 1 Bagian utama alat uji kekentalan plastik (DIN, 1997)

Alat uji kekentalan plastik bekerja memanfaatkan prinsip kerja *extrusion plastometer* yang beroperasi pada temperatur tetap. Material termoplastik akan dilebur di dalam tabung vertikal, hasil leburan tersebut tertekan oleh piston dan terekstrusi menjadi pelet yang selanjutnya digunakan untuk mencari nilai MFR (DIN,2005). Untuk

mengetahui waktu peleburan didapat dari persamaan berikut :

$$Q = W$$

$$Q = V.I.t$$

Sehingga $t = \frac{Q}{V \cdot I} \dots\dots\dots(1)$

Dimana :

Q = Kalor (J)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Adapun bagian-bagian secara umum alat uji kekentalan plastik menurut EN ISO 1133:2005 seperti pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

a. Tabung

Tabung diletakkan secara vertikal dan tidak bergerak (*fixed*). Tabung terbuat dari material anti korosi, dan tahan terhadap temperatur maksimum sistem pemanasan, Tinggi tabung harus diantara 115 mm sampai 180 mm dengan diameter dalam 0,025 mm sampai 9,550 mm. Tabung tempat sampel harus terisolasi untuk menjaga temperatur saat pengujian. Kapasitas tabung dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$v = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : r = Jari-jari tabung (m)

t = Tinggi Tabung (m)

Pada Tabung terjadi proses laju perpindahan kalor dari heater menuju plastik. Untuk mengetahui laju perpindahan kalor tersebut dapat menggunakan persamaan 2.

$$q = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{\ln(\frac{D_o}{D_i})} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas (j/s)

k = Konduktifitas termal (W/(m.°C))

- A =Luas penampang (m²)
- L =Panjang batang (m)
- T_i =Temperatur dalam tabung (°C)
- T₀ =Temperatur luar tabung (°C)
- D_i =Diameter dalam tabung (m)
- D₀ =Diameter luar tabung (m)

b. Piston

Piston mempunyai tinggi antara 115 mm sampai 180 mm. Kepala piston harus mempunyai panjang 0,1 mm sampai 6,35 mm dan diameternya harus kurang dari diameter dalam tabung. Selisih antara kepala piston dan diameter dalam tabung sebesar 0.01 mm sampai 0.075 mm. Diameter piston harus sebesar 9 mm. Di bagian atas terdapat kancing untuk mempermudah meletakkan beban, tetapi piston harus terisolasi dari beban. Piston dan tabung harus terbuat dari meterial yang mempunyai nilai kekerasan berbeda, dengan tabung lebih keras daripada piston.

c. Temperature Control System

Temperature control system harus mempunyai kemampuan untuk memanaskan dan menjaga temperatur di dalam tabung silinder dengan persyaratan yang sudah ditentukan pada Tabel 1 selama proses pengujian. Kalor yang diperlukan dihitung dengan persamaan 3.

$$Q = m c (T_2-T_1).....(4)$$

Dimana :

- m = Massa (kg)
- c = Kalor jenis zat (J/(kg °C))

Tabel 1 Variasi temperatur maksimum dengan jarak dan waktu pengujian. (DIN, 1997)

Temperatur Pengujian, T (°C)	Variasi Temperatur Maksimum	
	75 mm di atas permukaan die (°C)	10 mm diatas permukaan die (°C)
125 ≤ T < 250	± 2,0	± 0,5
250 ≤ T < 300	± 2,5	± 0,5
300 ≤ T	± 3,0	± 1,0

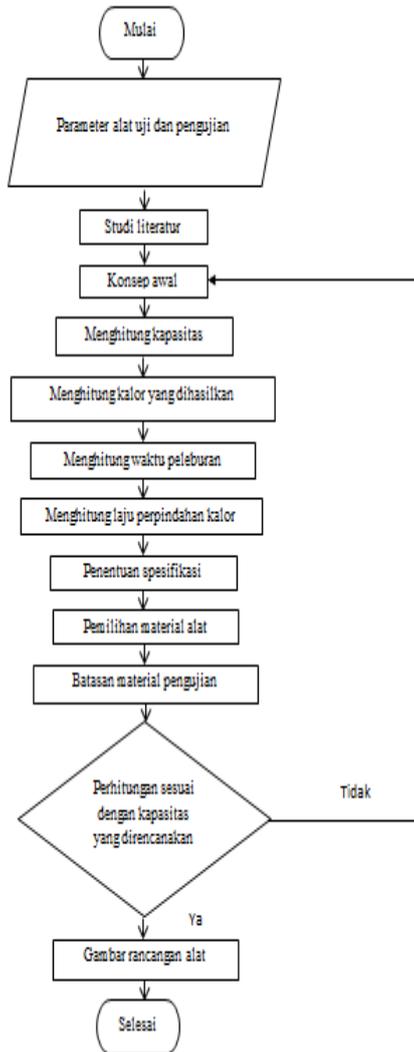
d. Die

Terbuat dari *tungsten carbide* atau *hardened steel*, dengan tinggi 0.025 mm sampai 8,00 mm, diameter dalam 0.005 mm sampai 2.095 mm dan diameter luar menyesuaikan dengan lubang bagian bawah tabung.

METODE PERANCANGAN

Diagram

Perancangan ini dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari persiapan dengan mencari referensi pendukung, membuat rancangan desain alat serta analisis perhitungan rancangan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir proses perancangan alat uji kekentalan plastik

PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Silinder

Panjang total silinder berbentuk tabung yang digunakan adalah 150 mm (0,15 m), akan tetapi menurut EN ISO 1133 : 2005 hanya diperbolehkan menggunakan 50 mm (0,05 m) dari tinggi tabung yang ada. Jari-jari tabung sebesar 5 mm. Dengan menggunakan

persamaan (2), kapasitas tabung $v = 3926,9 \text{ mm}^3$ atau dibulatkan menjadi 4cm^3 .

Kalor yang Diperlukan

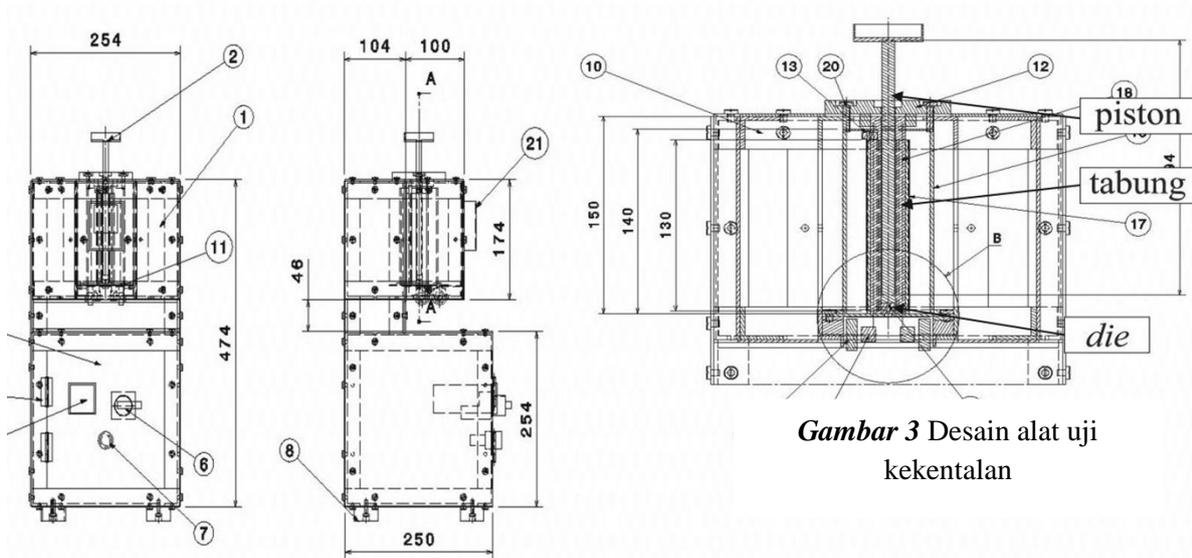
Untuk mengetahui kalor yang diperlukan pada saat proses peleburan, 5 gram plastik *polypropylene* (PP) dengan kalor jenis zat (c) sebesar $1920 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$ yang dilebur pada temperatur 230°C , dan pengujian dilakukan pada temperatur ruangan (30°C). Dengan menggunakan persamaan (4) kalor yang diperlukan $Q = 1920 \text{ Joule}$.

Waktu Peleburan

Waktu peleburan digunakan untuk mengetahui kemampuan alat uji kekentalan plastik pada saat meleburkan sampel 5 gram *polypropylene* (PP) dengan menggunakan temperatur 230°C dan menghasilkan kalor (Q) 1920 Joule . *Heater* yang digunakan berjenis *band heater* dengan tegangan 220 V dan arus 4A . Dengan menggunakan persamaan (1) waktu peleburan $t = 2,18 \text{ detik}$.

Laju Perpindahan Kalor

Laju perpindahan kalor didapat dari perbedaan temperatur antara *heater* dan silinder yang berisi sampel. Benda perantara yang digunakan adalah *stainless steel* dengan konduktivitas termal (K) sebesar $16,2 \text{ W/(m.K)}$ dan panjangnya 150 mm dengan diameter luar 25 mm serta diameter dalam 10 mm . Dengan menggunakan persamaan (3) laju perpindahan kalor $q = 3332,5 \text{ Watt}$ atau $3332,5 \text{ J/s}$



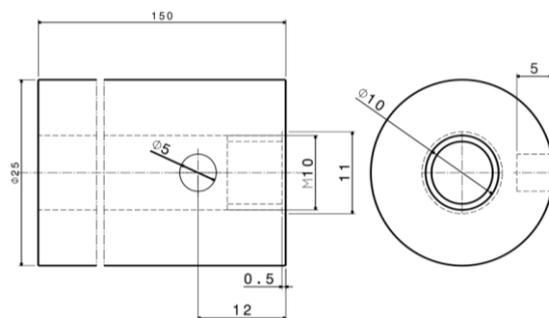
Gambar 3 Desain alat uji kekentalan

Desain Alat Uji

Desain alat uji berpedoman pada desain *melt flow indexer*. Untuk ukuran bagian-bagian utama alat uji kekentalan plastik seperti tabung, *die* dan piston mengikuti EN ISO 1133:2005 dengan sedikit penyesuaian.

Alat uji kekentalan plastik didesain menggunakan *software* Catia V5R9. Setiap bagian alat uji kekentalan plastik memiliki fungsi masing-masing.

Pada dasarnya inti alat uji kekentalan plastik terdapat pada bagian yang berhubungan dengan proses peleburan sampel yaitu piston, silinder, *heater*, ekstruder dan *thermocouple*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4. Desain silinder

Tabel 2 Tabel Data *Stainless Steel* 304 (SS304) (AK Steel Corporation, 2007)

Densitas (g/cm ³)	8,03
Kalor jenis (kJ/(Kg K))	0,5
Konduktivitas termal (W/(m K))	16,2
Titik leleh (°C)	1399

Tabung

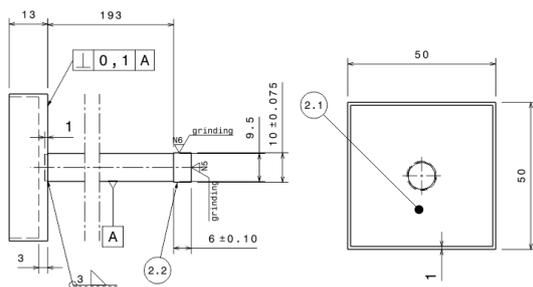
Tabung berbahan dasar *stainless steel* 304 (SS304), karena SS304 mempunyai sifat tahan karat, tahan terhadap panas, mudah ditemukan di pasaran dan ekonomis. Sifat fisik *stainless steel* yang berhubungan dengan proses pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Ukuran tabung mengikuti EN ISO 1133:2005. Diameter dalam disesuaikan dengan ukuran diameter luar *die* yang digunakan yaitu 10 ± 0.075 mm. Pada silinder dibuat lubang dengan diameter 5 mm dan dalam 5 mm. Lubang ini digunakan untuk sensor *thermocouple*. Pada ujung tabung dibuat ulir

untuk memudahkan proses pemasangan dan pelepasan tabung dengan *die*.

Piston

Piston digunakan untuk menekan sampel pada proses peleburan. Bahan dasar piston adalah *stainless steel*. *Stainless steel* digunakan karena mengikuti bahan dasar silinder (DIN, 2005).



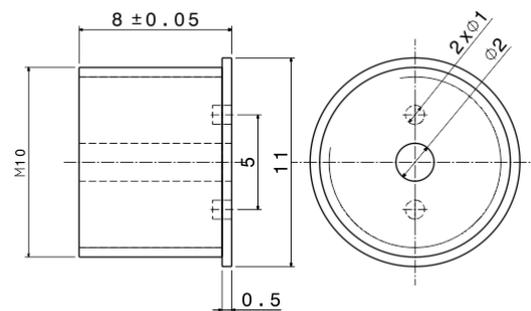
Gambar 5. Desain piston

Piston terdiri dari 2 bagian, yaitu tempat beban dan batang piston. Bagian bawah batang piston lebih lebar dari pada bagian atasnya, hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses penekanan pada saat pengujian. Ujung piston berdiameter $10 \pm 0,075$ mm sedangkan bagian atasnya berukuran 9,5 mm. Batang piston harus lebih tinggi dari silinder, sehingga tinggi total piston adalah 212 mm. Ukuran tersebut didapat dari EN ISO 1133 (DIN,2005) yang mengatur ukuran piston. Bagian ujung piston juga dilakukan permesinan tambahan, yaitu proses grinding. Proses grinding ini dilakukan untuk mempermudah piston untuk sliding dan proses penekanan sampel.

Die

Menurut EN ISO 1133 (DIN, 2005) *die* terbuat dari *tungsten*. Pada alat uji kekentalan

plastik ini *die* terbuat dari bahan kuningan C36000 (Cu 60% - 63%, Zn 35,5%, Fe 0,35%, Pb 2,5% - 3,7%, dll 0,5%). Kuningan digunakan karena mampu bekerja pada temperatur tinggi, konduktor yang baik dan mudah ditemukan di pasaran dari pada tungsten. Kuningan juga lebih murah dari pada tungsten. Harga kuningan di pasaran adalah Rp. 100.000/Kg, sedangkan tungsten adalah Rp.650.000/kg (alibaba.com, 2016). Selain dilihat dari segi harga, pemilihan kuningan juga karena pada saat proses permesinan kuningan lebih mudah dibentuk dari pada tungsten dan *hardened steel*. Sifat fisik kuningan yang berhubungan dengan proses pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 6 Desain *die*

Tabel 3 Tabel Data Kuningan C36000

(www.ezlok.com,2016)

<i>Modulus elasticity</i> (GPa)	97
<i>Tensile Strength, Yield</i> (MPa)	124 - 310
Konduktivitas termal (W/(m K))	115
Titik leleh (°C)	885 - 900

Tinggi *die* menurut EN ISO 1133 (DIN, 2005) adalah $8 \pm 0,05$ mm. Diameter luar *die* disesuaikan dengan ukuran diameter dalam silinder. Diameter dalam *die* menurut adalah sebesar 2,095 mm (DIN, 2005). Akan tetapi

karena keterbatasan proses permesinan diameter *die* yang digunakan adalah 2 mm.

Rangka dan Casing

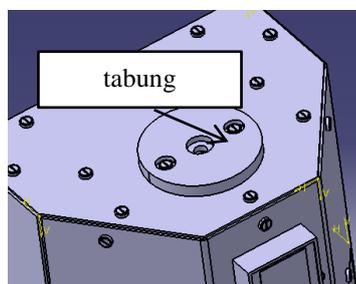
Rangka tersusun dari baja profil L dengan ukuran 25x25x3 mm yang dilas dengan ukuran kampuh las 3 mm.

Untuk body digunakan plat aluminium dengan tebal 0,3 mm dengan ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Cara Kerja Alat

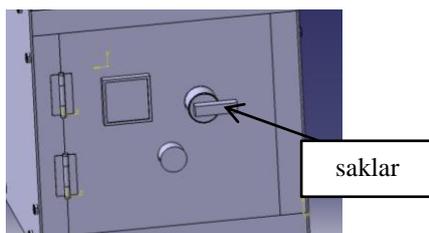
Berikut merupakan penjelasan cara menggunakan alat uji kekentalan plastik tersebut :

1. Colokkan stekker ke sumber listrik/saklar.
2. Masukkan sampel ke dalam tabung silinder sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 7 Tabung alat uji kekentalan plastik

3. Putar saklar untuk menyalakan alat uji sehingga lampu indikator akan menyala berwarna hijau.



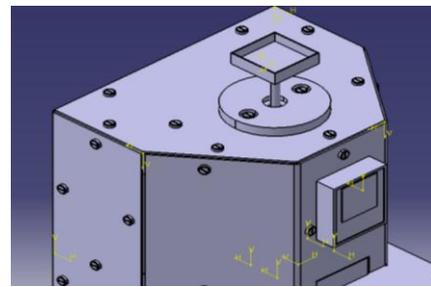
Gambar 8 Tuas saklar on/off

4. Setting *thermocouple* sesuai dengan temperatur yang akan digunakan.



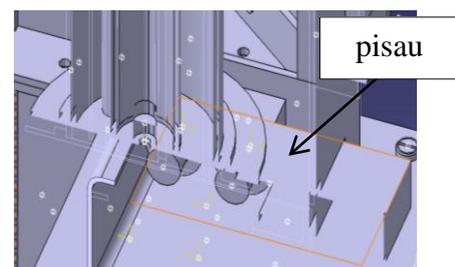
Gambar 9 Thermocouple

5. Masukkan sampel ke dalam tabung, lalu panaskan sampel selama 5 menit.
6. Letakkan piston dengan beban atau tanpa beban sesuai dengan pengujian yang ingin dilakukan.



Gambar 10 Piston tanpa beban

7. Biarkan piston menekan sampel selama kurang dari 2 menit, potong lelehan sampel yang keluar dari ekstruder menggunakan pisau.



Gambar 11 Proses pemotongan dilihat dari dalam

8. Kumpulkan hasil potongan sampel, dengan waktu interval maksimal 240 detik.
9. Hitung kekentalan plastik atau *melt flow rate* dari sampel yang didapat.

10. Bersihkan sisa sampel pada tabung agar bisa digunakan pada pengujian selanjutnya. Jika sampel masih melekat pada dinding tabung maka proses pembersihan dapat dilakukan dengan menyalakan alat uji kekentalan.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perancangan alat uji kekentalan plastik agar dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahan utama tabung silinder dan piston terbuat dari *stainless steel* 304 dan *die* terbuat dari kuningan C36000.
2. Ukuran tabung silinder dan piston sesuai dengan standar ISO EN 1133:2005 yaitu untuk tabung silinder mempunyai tinggi 150 mm dengan diameter luar 25 mm dan diameter dalam 10 mm (Gambar 4). Untuk piston mempunyai tinggi 212 mm dengan diameter 9 mm dan ujung piston berdiameter 10 mm (Gambar 5). *Die* yang digunakan mengikuti standar ISO 1133:2005 yang disesuaikan dengan kemampuan proses permesinan yaitu tinggi 8 mm dan diameter dalam 2 mm (Gambar 6).
3. Alat uji kekentalan plastik dapat melebur sampel dengan suhu maksimal 300°C. Untuk meleburkan sampel *polypropelene* (PP) seberat 5 g membutuhkan waktu 2,18 detik dengan kalor yang dihasilkan dari proses peleburan sebesar 1920 Joule. Proses perpindahan laju panas yang terjadi berasal dari *heater* menuju sampel

melewati tabung silinder *stainless steel* dengan metode konduksi sebesar 3332,5 J/s.

5.2. Saran Pengembangan

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan utama untuk *die* seharusnya *tungsten carbide* sehingga alat uji kekentalan plastik dapat bekerja dengan maksimal. Untuk piston dan tabung silinder, diperlukan peningkatan kualitas bahan agar sampel tidak mudah melekat pada dinding piston dan tabung silinder.
2. Ukuran diameter batang piston dapat diperbesar untuk mengurangi piston goyang pada saat penekanan sampel dan perlunya dilakukan perlakuan khusus pada ujung piston agar sampel terekstrusi dengan sempurna.
3. Peningkatan suhu maksimal alat uji kekentalan plastik agar dapat menguji kekentalan plastik yang mempunyai titik lebur diatas 300 °C, serta penambahan variasi beban sampai beban maksimal 21,6 Kg.

DAFTAR PUSTAKA

- AK Steel, 2007. "*Production Data Sheet 304/304L Stainless Steel*". AK Steel Corporation. West Chester, OH 45069.
- ASTM Internatiaonal. 2010. "*ASTM D1238 Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer*". 100 Barr Harbor Dr., P.O. box C-700, West Conshohocken,

- Pennsylvania 19428-2959, United States.
- Darojat, I. S. 2009. "Analisis Pengaruh Waktu Pemanasan Awal dan Akhir Massa Sampel Terhadap Hasil Uji Indeks Alir Lelehan Polipropilena". Depok: Fakultas Teknik Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
- DIN 1133. 1997. "ISO 1133 Plastics-Determination of The Melt Mass Flow Rate (MFR) and The Melt Volume Flow Rate (MVR) of Thermoplastics". Edisi 3. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Germany.
- DIN. 2005. "ISO 1133 Plastics-Determination of The Melt Mass Flow Rate (MFR) and The Melt Volume Flow Rate (MVR) of Thermoplastics". Edisi 4. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Germany
- E-Z Lok. "Brass Mechanical Properties". Melalui, <<http://www.ezlok.com/technical-info/mechanical-properties/brass>> [20/09/2016]
- Widjaja, E. S. 2012. Perancangan Program Aplikasi Penggambaran Pola Molding pada Mesin Pencetakan Plastik dengan Metode Tabu Search. Jakarta: Bina Nusantara University.
- Khamdani, F. 2013. "Studi Eksperimental Aliran Campuran Air-Crude Oil yang Melalui Pipa Pengecilan Mendadak Horizontal Berpenampang Lingkaran". Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Moseley, J. M., Miller, D. C., Kempe, M. D., Kurtz, S. R., Shah, Q.-U.-A. S. & Tamizhmani, G., et al. 2011. "Use of Melt Flow Rate Test in Reliability Study of Thermoplastic Encapsulation Materials in Photovoltaic Modules". Colorado: National Renewable Energy Laboratory.
- Weszka, J., Szindler, M., Szindler, M., Szczesna, M., & Zebracka, A. 2013. "Determining the melt flow index of polypropylene: Vistalon 404". *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 309-310.
- Zhuzhou Tongda Carbide Co, Ltd. "Tungsten Carbide Prices High Speed Polishing Solid Carbide". Melalui, <<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/tungsten-carbide-prices-high-speed-polishing-solid-carbide--60473381581.html>> [20/09/2016]