

SIMULASI NUMERIK *INJECTION MOLDING* UNTUK PEMBUATAN SPESIMEN *POLYPROPYLENE ACETABULAR CUP* PADA PENGUJIAN SAMBUNGAN HIP

Agung Setyo Darmawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Jl. A. Yani, Tromol Pos I, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102.

Telepon (0271) 717417 ekst 222

Email: agungsetyod@yahoo.com

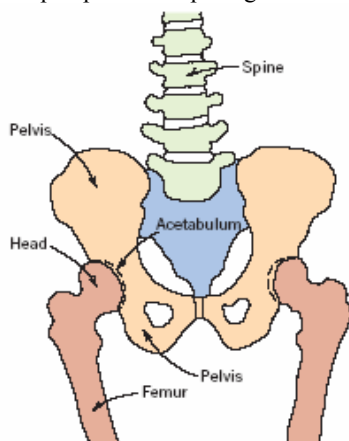
Abstrak

Sambungan Hip merupakan komponen penting dari sistem kerangka manusia. Sambungan ini terletak diantara pinggul dan pangkal tulang paha atas. Penyakit seperti osteoarthritis dan rheumatoid arthritis dapat menyebabkan penggantian Sambungan Hip dengan tiruannya. Penggantian Sambungan Hip digambarkan sebagai prestasi terbesar bidang bedah ortopedi di abad 20. Komponen Sambungan Hip tiruan terdiri dari acetabular cup, femoral head, and femoral stem. Fenomena keausan yang terjadi pada acetabular cup dan femoral head dapat dianalisa secara akurat dengan mesin Hip Joint Simulator. Penelitian ini dilakukan untuk memperkirakan lokasi saluran masuk, pola aliran, dan tekanan injeksi yang diperlukan dalam pembuatan spesimen acetabular cup dengan proses injection molding. CATIA V5R15 digunakan untuk menggambar benda kerja dari spesimen acetabular cup dengan jari-jari 24 mm. Gambar ini kemudian diimport ke Moldflow Plastic Insight 5.0 R1. Bahan yang digunakan adalah polypropylene PP 1032 dan tekanan injeksi adalah 5, 6, 7, 8, 9, 10, 40, 100 dan 150 MPa. Dari hasil simulasi numerik dengan piranti lunak Moldflow Plastic Insight 5.0 R1, saluran masuk ditempatkan pada pusat permukaan luar. Aliran PP 1032 cair merupakan aliran laminar dan bukan aliran turbulen. Tekanan 10 MPa atau lebih diperlukan untuk memproduksi acetabular cup dengan cetakan terbuat dari baja stavax supreme

Kata Kunci: Hip, Injection Molding, Acetabular cup, Aliran laminar, Aliran turbulen

PENDAHULUAN

Sambungan Hip merupakan komponen penting dalam sistem kerangka manusia. Sambungan ini terletak diantara pinggul dan pangkal tulang paha atas. Sambungan Hip dapat dilihat pada gambar 1.



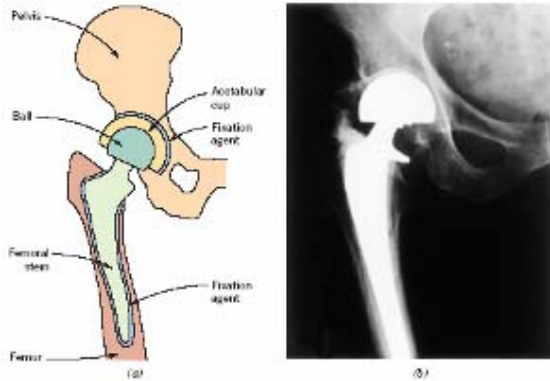
Gambar 1. Sambungan Hip Manusia [2].

Penyakit utama pada Sambungan Hip adalah *osteoarthritis*. *Osteoarthritis* mempengaruhi 90 % dari populasi manusia sebelum usia 70 tahun. Penyakit lain pada Sambungan Hip meliputi *rheumatoid arthritis*, *ankylosing spondylitis*, *avascular necrosis*, *traumatic arthritis*, *collagen disorder*, *malignant bone tumours*, dan *Paget's disease* [1].

Pada keadaan normal, tulang rawan pada Sambungan Hip permukaannya rata, halus seperti kaca. Sehingga ketika Sambungan Hip ini bergerak, gerakannya mulus. Karena tulang rawan ini tidak mempunyai saraf, maka gerakan Sambungan Hip tidak akan menimbulkan rasa sakit.

Pada orang-orang yang menderita penyakit *osteoarthritis*, tulang rawan pada sambungan Hip mengalami keausan atau penipisan akibat gesekan. Keausan atau penipisan ini akan mengakibatkan permukaan tulang rawan Sambungan Hip bergelombang dan tidak rata. Selain menimbulkan rasa sakit, gerakan Sambungan Hip tidak lancar, kadang-kadang berbunyi, dan bahkan dapat menimbulkan pergeseran dari posisi normalnya [3]. Selanjutnya, Sambungan Hip perlu diganti dengan Sambungan Hip tiruan. Gambar skematik dari

Sambungan Hip tiruan diperlihatkan pada gambar 2a. Gambar 2b memperlihatkan foto sinar X dari penggantian secara total Sambungan Hip. Gambar 3 memperlihatkan komponen-komponen dari Sambungan Hip tiruan.



Gambar 2. (a) Gambar skematik dari Pengganti Sambungan Hip Total dan (b) Foto sinar X dari Pengganti Sambungan Hip Total [2].

Penggantian Sambungan Hip digambarkan sebagai prestasi terbesar di bidang bedah ortopedi pada abad duapuluh. Bidang ini selama sekitar empat puluh tahun didominasi oleh Sambungan Hip tiruan dimana acetabular cup dibuat dari polimer sedangkan femoral head dan stem dibuat dari logam [4].

Penggunaan polimer untuk penggantian Sambungan Hip secara total telah bertambah dengan cepat pada tahun-tahun belakangan ini. Hal ini terutama disebabkan oleh kombinasi yang baik antara sifat mekanik dan permukaannya dengan biocompatibility dan bioactivity [5].

Keausan *acetabular cup* tiruan dari polimer dapat mengakibatkan kelonggaran dan pergeseran sambungan dari kondisi normalnya sehingga selanjutnya akan mengakibatkan perlunya perbaikan atau pergantian ulang dari Sambungan Hip tiruan [6]. Pada saat ini, metoda yang paling akurat untuk menganalisa fenomena keausan pada pada Sambungan Hip adalah dengan melakukan pengujian dengan menggunakan mesin uji Hip Joint Simulator. Hip Joint Simulator mempunyai kemampuan untuk mereproduksi aspek mekanik dan kinematik yang kompleks dari Sambungan Hip manusia serta dapat mengakomodasi secara aktual bentuk dari tiruan Sambungan Hip.

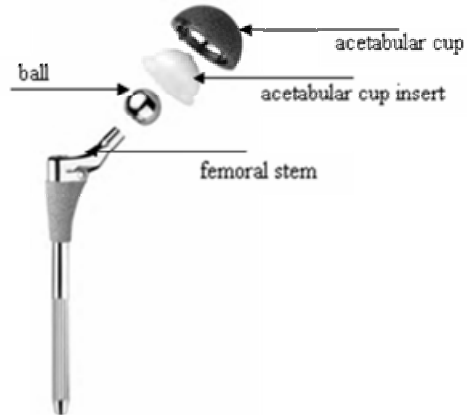
Acetabular cup dari bahan polimer dapat diproduksi dengan teknik *Injection Molding*. *Injection Molding* adalah satu dari teknik *molding* yang paling penting dan terkenal. Produk presisi tinggi dengan harga rendah dan produk berbentuk kompleks dengan produktivitas tinggi dapat dihasilkan dengan *Injection Molding* [7]. Gambar skematik dari *Injection Molding* dapat dilihat pada gambar 4.

Polimer termoplastik cair berkelakuan viscoelastic dimana karakteristik aliran akibat beban yang

diterapkan berupa kombinasi karakteristik aliran dari cairan kental dan padatan elastik.

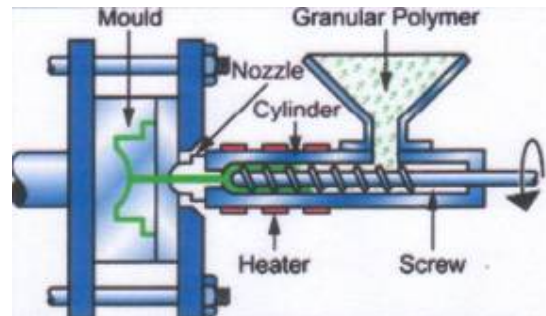
Pada *Injection Molding*, bahan polimer termoplastik cair mengalir dibawah pengaruh tekanan dari daerah bertekanan tinggi menuju daerah yang bertekanan rendah. Daerah bertekanan tinggi terbentuk pada *injection nozzle* dan berkurang sepanjang aliran menuju ke ujung aliran polimer. Kecepatan aliran tergantung dari konduktansi aliran dimana konduktansi aliran merupakan fungsi dari geometri dan kekentalan aliran [8].

Kualitas dari hasil *Injection Molding* tergantung pada baik desain cetakan (*mold*) maupun kondisi proses *injection* [9-10]. Sehingga kemudian penelitian ini dilakukan untuk memperkirakan lokasi saluran masuk, pola aliran, dan tekanan injeksi yang diperlukan dalam pembuatan spesimen acetabular cup dengan proses *injection molding*.



Gambar 3. Foto yang memperlihatkan komponen-komponen dari pengganti Sambungan Hip total tiruan.

Komponen-komponen ini (dari kiri ke kanan) adalah: *femoral stem*, *ball*, *acetabular cup insert*, and *acetabular cup* [2]



Gambar 4. Gambar skematik dari mesin *Injection Molding* [11]

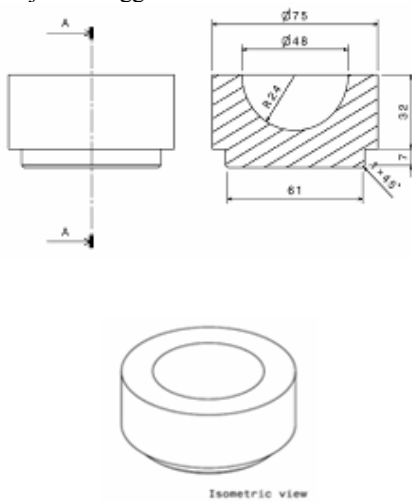
METODOLOGI PENELITIAN

Bahan spesimen *acetabular cup* untuk penelitian ini adalah polimer *polypropylene PP 1032* dan bahan untuk cetakan (*mold*) adalah baja stavax supreme.

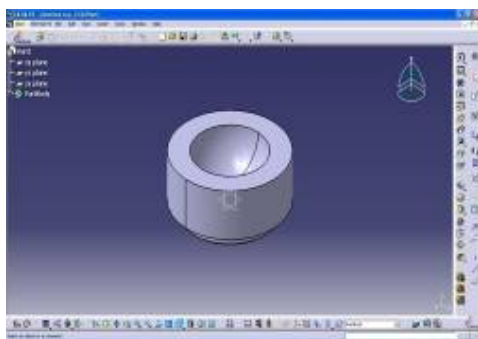
Bentuk dan ukuran dari spesimen acetabular cup diperlihatkan dengan gambar teknik pada gambar 5. Spesimen ini kemudian digambar dengan menggunakan piranti lunak CATIA V5R15 seperti yang diperlihatkan pada gambar 6.

Gambar hasil CATIA V5R15 kemudian diimport ke piranti lunak Moldflow Plastic Insight 5.0 R1 untuk dilakukan analisa.

Analisa dilaksanakan dengan memberikan tekanan sebesar 5, 6, 7, 8, 9, 10, 40, 100, dan 150 Mpa diterapkan untuk mendesak *polypropylene PP 1032* cair menuju ke rongga cetakan.



Gambar 5. Gambar teknik spesimen acetabular cup [1]

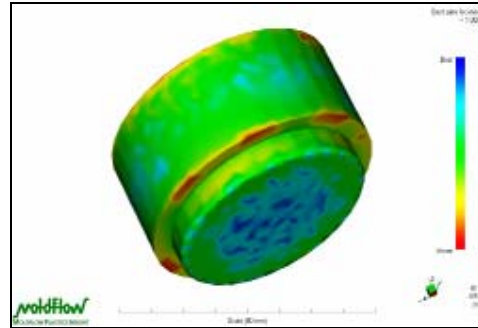


Gambar 6. Gambar acetabular cup hasil dari piranti lunak CATIA V5R15.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

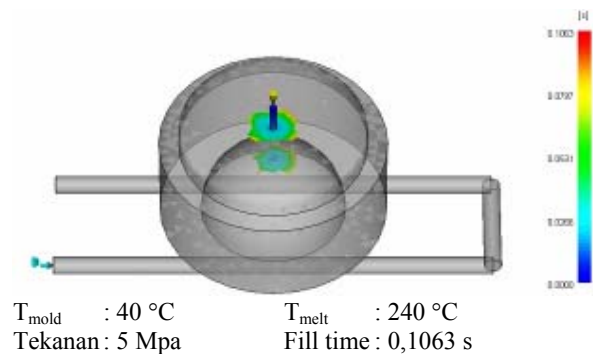
Lokasi saluran turun terbaik dapat ditentukan dengan gambar 7 yang dihasilkan dengan Moldflow Plastic Insight 5.0 R1. Cetakan hanya mempunyai satu saluran turun. Warna biru menunjukkan lokasi dimana sebaiknya injector diposisikan. Posisi saluran turun ini

dipilih pada permukaan sebelah luar untuk menghindari cacat akibat pemotongan polimer yang membeku pada saluran turun pada permukaan yang bergesekan. Pada permukaan luar, tidak akan terjadi kontak mekanik dengan komponen *femoral head*.

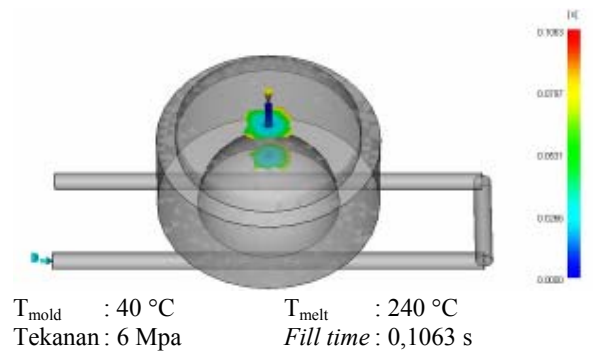


Gambar 7. Hasil simulasi numerik untuk menentukan lokasi saluran turu terbaik.

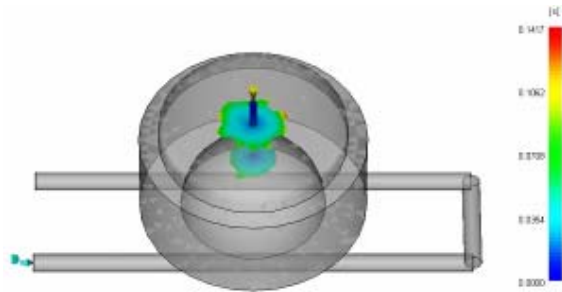
Hasil simulasi numerik terhadap waktu pengisian berdasarkan variasi tekanan dapat dilihat pada gambar 8 – 16.



Gambar 8 Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 5 MPa.

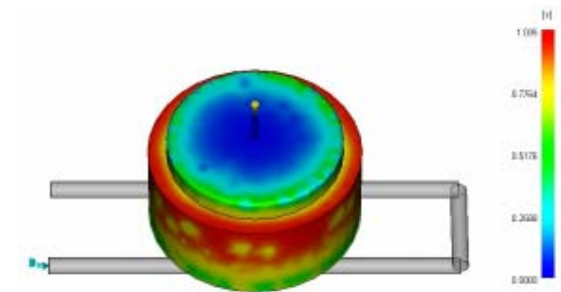


Gambar 9 Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 6 MPa.



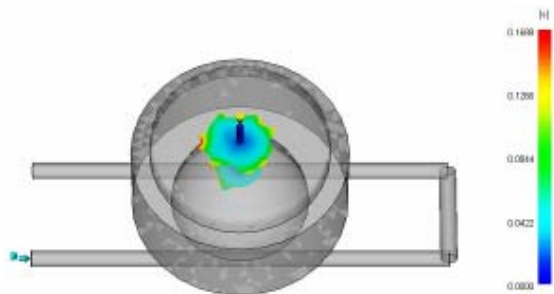
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 7 Mpa Fill time : 0,1417 s

Gambar 10. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 7 MPa



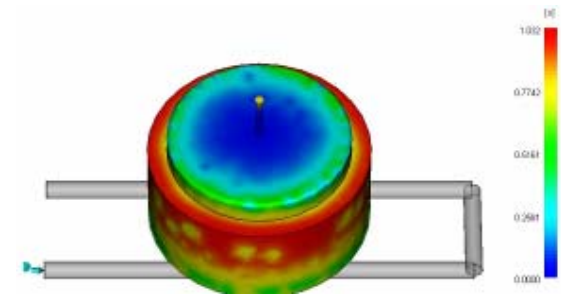
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 10 Mpa *Fill time* : 1,035 s

Gambar 13. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 10 MPa



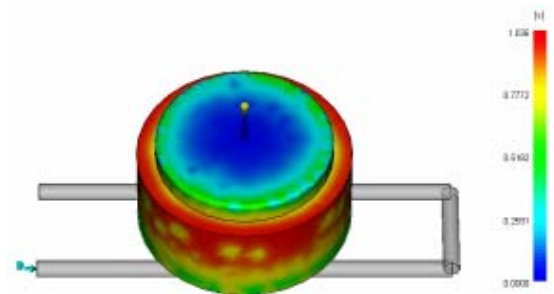
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 8 Mpa Fill time : 0,1688 s

Gambar 11. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 8 MPa



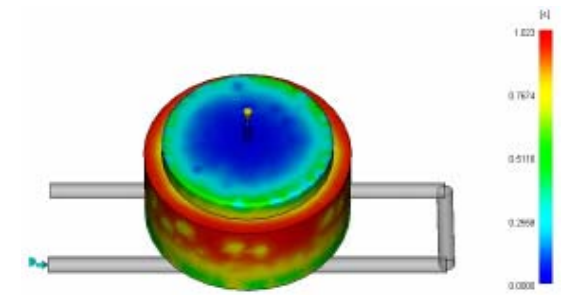
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 40 Mpa *Fill time* : 1,032 s

Gambar 14. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 40 MPa



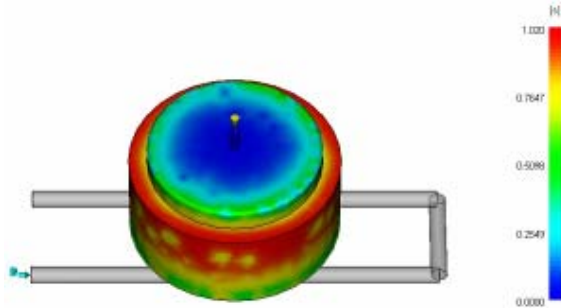
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 9 Mpa Fill time : 1,036 s

Gambar 12. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 9 MPa



T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 100 Mpa *Fill time* : 1,023 s

Gambar 15. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 100 MPa



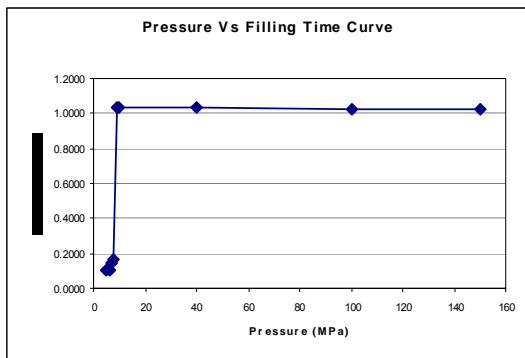
T_{mold} : 40 °C T_{melt} : 240 °C
Tekanan : 150 Mpa Fill time : 1,020 s

Gambar 16. Hasil simulasi numerik untuk waktu pengisian dengan tekanan *injection* 150 Mpa

Hasil simulasi numerik ini kemudian dibuat tabel seperti terlihat pada tabel 1 dan grafik seperti terlihat pada gambar 17.

Tabel 1. Hasil simulasi numeric pada *polypropylene PP 1032* dengan Moldflow Plastic Insight 5.0 R1

No	Pressure (MPa)	Filling Time (s)	Volume (%)
1	5	0.1063	2.61
2	6	0.1063	2.61
3	7	0.1417	4.78
4	8	0.1688	5.13
5	9	1.036	100
6	10	1.035	100
7	40	1.032	100
8	100	1.023	100
9	150	1.020	100



Gambar 17. Grafik tekanan vs waktu pengisian

Gambar 8 – 16 memperlihatkan bahwa aliran jenis *jetting* (aliran turbulen) tidak terjadi pada seluruh simulasi. Seluruh hasil simulasi memperlihatkan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran laminar.

Gambar 8 – 12 dan tabel 1 memperlihatkan bahwa shorts sort (aliran tidak memenuhi rongga cetak) terjadi pada tekanan *injection* 5, 6, 7, dan 8 MPa. Pada tekanan 9 MPa atau lebih, rongga cetakan penuh terisi dengan *polypropylene PP 1032*.

Gambar 17 memperlihatkan bahwa untuk tekanan *injection* 9 MPa keatas, semakin tinggi tekanan *injection*, semakin pendek waktu pengisiannya, tetapi tidak terjadi perbedaan waktu yang besar.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lokasi saluran masuk dipilih pada pusat permukaan sebelah dalam
2. Aliran *jetting* tidak terjadi pada semua simulasi numerik.
3. Tekanan *injection* 9 MPa atau lebih diperlukan untuk memproduksi spesimen *acetabular cup* dari bahan polimer *polypropylene PP 1032* dengan jari-jari 24mm dengan cetakan *Stavax Supreme Steel*. Semakin tinggi tekanan *injection*, semakin pendek waktu pengisiannya, tetapi tidak terjadi perbedaan waktu yang besar.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih dan penghargaan saya sampaikan kepada kolega saya Bambang Waluyo Febriantoko dan Aziz Dody Purnomo atas budi baik berupa dukungan dan bantuan dalam mempersiapkan dan melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowsher, J.G., 2001, *Accelerated Wear Testing Methodologies for Total Hip Replacements*, Ph.D Thesis, Queen Mary University of London.
- [2] Callister, W.D., 2007, *Materials Science and Engineering: An Introduction 7ed*, John Wiley and Son, New York.
- [3] Sholekhudin, M., 2007, *Kegemukan bikin Shock Absorber Tubuh Rusak*, Intisari November 2007, hal 18-25.
- [4] Dowson, D., 2001, *New Joints for the Millennium: Wear Control in Total Replacement Hip Joints*, Proc Institute of Mechanical Engineers Vol. 215 Part II, page 335-358.
- [5] Wilches, L.V., Uribe, J.A., Toro, A., 2008, *Wear of Materials Used for Artificial Joints in Total Hip replacement*, Wear 265, page 143-149
- [6] Alhassan, S., Goswami, T., 2008, *Wear Rate Model for UHMWPE in Total Joint Application*, Wear 265, page 8-13
- [7] Yokoi H., Masuda, N., Mitsuhata, H., 2002, Visualization Analysis Of Flow Front Behavior During Filling Process Of Injection Mold Cavity By Two-Axis Tracking System, Journal of Materials Processing Technology 130-131, page 130-131.

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008
Bidang Teknik Mesin

- [8] Ozdemir, A., Uluer, O., Guldaz, A., 2004, Flow Front Advancement of Thermoplastic Material during Filling Stage of a Mold Cavity, *Polymer Testing* 23, page 957-966.
- [9] Min, B.H., 2003, *A Study on Quality Monitoring of Injection-molded Parts*, *Journal of Materials Processing Technology* 136, page 1-6.
- [10] Bergstrom, J., Thuvander, F., Devos, P., Boher, C., 2001, Wear Of Die Materials In Full Scale Plastic Injection Moulding of glass fibre reinforced polycarbonate, *Wear* Vol. 251, page 1511-1521
- [11] Ashby, M., Shercliff, H., Cebon, D., 2007, *Materials Engineering, Science, Processing, and Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford