

PENGARUH TEMPERATUR DAN *DWELL TIME DEGASSING* TERHADAP POROSITAS GAS PADA ALUMINIUM JIS AC4C DENGAN METODE *GRAVITY CASTING*

Balqis Mentari Efendi

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
Phone/Fax : 081214998997
Email: balqis.m.efendi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi cacat yang terjadi pada benda-benda yang diproduksi di PT. Wijaya Karya (WIKA) Jatiwangi, Indonesia dengan material Aluminium JIS AC4C. Aluminium JIS AC4C termasuk ke dalam klasifikasi paduan Aluminium-Silikon. Dari identifikasi yang telah dilakukan, cacat yang terjadi adalah porositas gas. Ada beberapa kemungkinan penyebab porositas gas, diantaranya adalah: proses, bentuk dan material, sistem saluran dan dies. Porositas gas yang terjadi disebabkan karena kandungan hidrogen yang ada dalam cairan. Ini berarti porositas gas harus ditanggulangi dari segi proses. Kemudian parameter-parameter yang dipilih pada penelitian ini adalah temperatur cor dan *dwell time degassing*. Masing-masing dari parameter akan divariasikan menjadi beberapa level yang kemudian dikombinasikan sehingga akan menghasilkan 9 sampel. Sampel dibuat dengan mesin *vacuum porosity tester*. Pengujian yang dilakukan pada sampel adalah pengujian berat jenis yang akan membandingkan antara true density dan apparent density serta pengujian secara visual makro.

Kata kunci: *Aluminium JIS AC4C; Temperatur Cor; Dwell Time Degassing; True Density; Apparent Density.*

Abstract

This research is aimed to reduce the defect which is appear on the products that is produced in PT. Wijaya Karya (PT. WIKA) Jatiwangi, Indonesia with the Aluminum JIS AC4C material. Aluminum JIS AC4C is classified in to Aluminum-Silicon alloys. Based on the identification the appeared defects is gas porosity. There are several probability can cause gas porosity, those are: process, shape and material, gating system and dies. Gas porosity exists because of high concentration of the hydrogen in the molten aluminum. It means that the gas porosity have to be treated by its process. The parameters which is choosen on this research is pouring temperature and dwell time degassing. Each parameters has three levels. The levels is combinated to produce 9 sample. Sample is produce by the vacuum porosity tester machine.

It is necessary to determine the effect of levels, so the sample must be examined. The examinations are density that will be compare between true density and apparent density and visual macro examination.

Keywords: *Aluminium JIS AC4C; Temperatur Cor; Dwell Time Degassing; True Density; Apparent Density.*

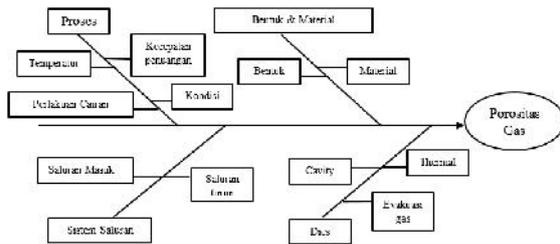
1. Pendahuluan

Dalam pembuatan benda *casting* dengan material aluminium, tidak terlepas dari porositas yang terjadi pada benda *casting* tersebut. Karena hidrogen pasti tetap akan muncul di aluminium. Pada benda produksi yang dibuat di PT.WIKA, terdapat cacat yang terjadi yaitu porositas gas. Akibat dari porositas gas yang terjadi dapat menurunkan sifat mekanis yang dibutuhkan oleh

benda. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut diantaranya sebagai berikut: Mengurangi jumlah gas di dalam cairan, mengurangi kemungkinan gas yang timbul akibat cetakan dan inti serta mengurangi kemungkinan gas yang timbul akibat proses.

2. Tinjauan Pustaka

Porositas gas terjadi karena beberapa faktor diantaranya proses, bentuk dan material, sistem saluran dan *dies*.

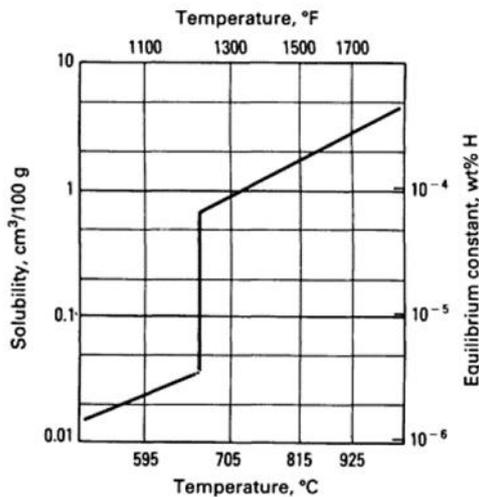


Gambar 1 Diagram sebab akibat porositas gas.

Dari bermacam-macam sumber penyebab terjadinya porositas maka akan berbeda pula cara meningkatkan kualitas *casting*. Berikut ini adalah beberapa cara menghilangkan gas dari dalam cairan.

Temperatur

Salah satu penyebab gas tersebut dapat terjebak dalam cairan adalah karena temperatur cor yang tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini temperatur akan menjadi parameter berubah yang divariasikan.



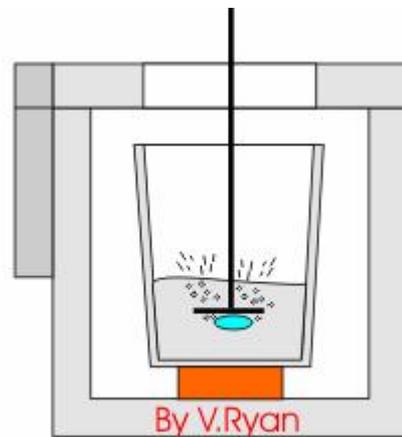
Gambar 2 Kelarutan hydrogen pada aluminium berdasarkan temperatur.

Degassing

Proses *degassing* dengan tablet *hexachlorethane* adalah metode yang paling umum digunakan di dunia pengecoran. Tablet tablet dicelupkan di cairan aluminium untuk membentuk $AlCl_3$. Petumbuhan gelembung $AlCl_3$ kemudian akan mengumpulkan hidrogen dan membawa gas itu keatas permukaan untuk keluar. Tablet juga mungkin terdapat garam *flux* untuk membantu inklusi *wet oxide* dan dapat menghilangkan gas akibat dari inklusi.

Untuk kegunaan yang sangat efektif, tablet harus selalu dalam keadaan kering, bersih dan peralatan (tongkat) yang digunakan untuk mencelupkan juga harus bersih. Tongkat yang digunakan untuk mencelupkan harus dapat mencapai dasar dari cairan aluminium dan tablet harus berada pada posisi dasar sampai gelembung-gelembung ada pada daerah permukaan hilang.

Produk *degassing* tablet tersedia untuk ukuran tanur dan ladle yang digunakan. Ketika menggunakan C_2Cl_6 menghasilkan degassing yang sangat efektif. Akan tetapi sesuatu yang berbahaya seperti reaksi kimia dari tablet terkadang terjadi effluent yang kuat selama penggunaan, saat ini banyak indsutri yang tidak menggunakan tablet sebagai *degasser* karena

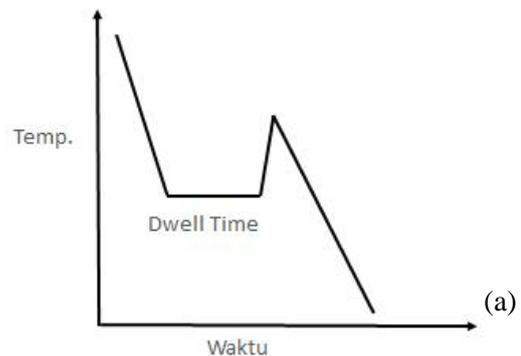


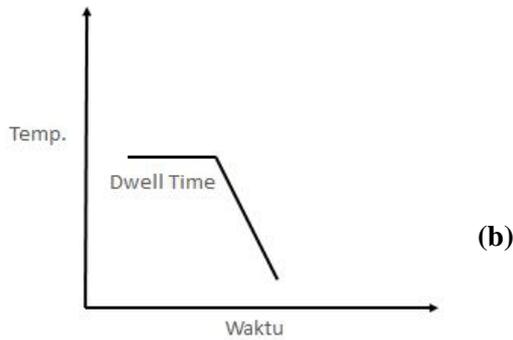
ketidakcocokan dengan lingkungan.

Gambar 3 Skema proses degassing dengan metode tablet. *technologystudent.com*

Dwell Time Degassing

Parameter lainnya adalah perlakuan cairan. Perlakuan cairan yang diaplikasikan adalah degassing. Kemudian *dwell time degassing* (waktu tunggu yang dibutuhkan sebelum cairan dituang kedalam cetakan) akan divariasikan untuk menentukan *dwell time degassing* yang ideal.





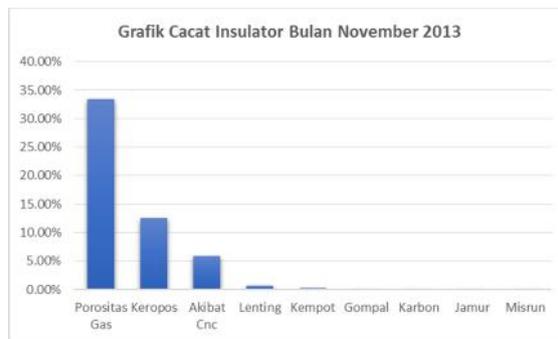
Gambar 4 Grafik proses *dwell time degassing*. (a) Proses *dwell time degassing* untuk benda besar. (b) Proses *dwell time degassing* untuk benda yang relative kecil.

3. Metodologi

Adapun langkah dalam pelaksanann penelitian adalah sebagai berikut: *Statistical Review*, analisa material dan proses, mengidentifikasi porositas, menentukan jenis cacat yang terjadi, merumuskan solusi alternatif, menentukan variabel parameter, melakukan trial, pengujian, pengolahan data, analisa dan kesimpulan.

Statiscal Review

Porositas gas terjadi terjadi pada semua benda cor, berikut ini adalah data benda produksi insulator dengan data cacat yang paling tinggi pada bulan november 2013.



Gambar 5 Grafik Cacat Insulator Bulan November 2013

Analisa Material

dilakukan uji spektrometri untuk memastikan bahwa material tersebut termasuk dalam standar komposisi aluminium JIS AC4C.

Tabel 1 Hasil pengujian spektrometri bulan November 2013.

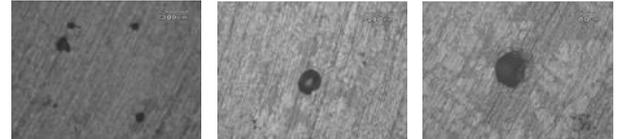
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Al
7.15	0.288	0.101	0.21	0.3	-	0.01	0.29	0.008	0.010	0.13	91.562

Analisa Proses

Temperatur *pouring* yang diterapkan biasanya sangat tinggi, tergantung dari bentuk geometri benda. Biasanya temperatur *pouring* berkisar antar 750-900°C. Untuk mengatur temperatur *pouring* yang konstan, maka dipasang alat *automatic burner* pada setiap tungku.

Perlakuan cairan, untuk menghindari gas yang timbul yang berasal dari cairan maka dilakukan degassing dengan cara melarutkan tablet degasser ke dalam cairan.

Identifikasi Porositas



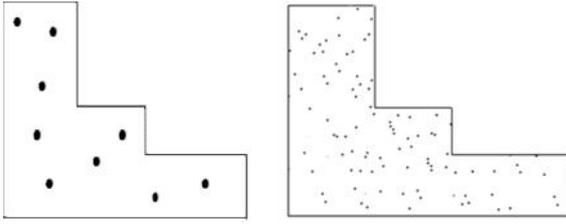
Gambar 6 Dari ketiga gambar diatas terlihat bahwa morfologi porositas yang terjadi berbentuk bulat dan berdinging halus. (a) Aluminium AC4C. Tidak dipoles dan dietsa. 50x. (b) Aluminium AC4C. Tidak dipoles dan dietsa. 100x. (c) Aluminium AC4C. Tidak dipoles dan dietsa. 200x.

Mengacu pada tabel AFS, prositas yang terjadi dengan bentuk bulat dan berdinging halus disebabkan karena kandungan hidrogen yang tinggi. Maka porositas yang terjadi adalah porositas gas.

	1) round pores	2) long, bread pores	3) long, fissured pores	4) small, fissured pores
Solidification process and bubble formation				
Pore morphology in the structure				
Characterization	- precipitation in the liquid melt or in the beginning of solidification - unrestricted bubble growth - high H ₂ concentration required	- bubble formation with still high liquid fraction - arrangement between growing bubbles and drosses - high to medium H ₂ concentration	- bubble formation during formation of the dendrite network - bubble expansion limited by still open melt channels	- precipitation shortly before the end of solidification - shape and size of pores determined by closed interdendritic spaces - low H ₂ concentration

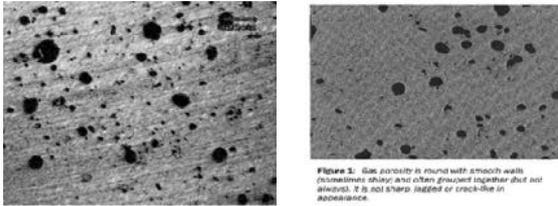
Gambar 7 Gambar tabel diatas menunjukkan penyebab porositas berdasarkan morfologi porositas yang terjadi. *American Foundry Society (AFS): Paper 05-245(04), 2005.*

Porositas gas terjadi karena konsentasi hidrogen yang tinggi. Ada 2 kemungkinan hidrogen dapat terjebak pada benda sampai benda tersebut membeku. Penyebab yang pertama adalah karena turbulensi. Turbulensi yang terjadi ketika menuang cairan ke dalam cetakan akan membuat hidrogen terperangkap. Penyebab yang kedua adalah hidrogen yang sudah sejak awal berada di dalam cairan. Penyebab porositas gas yang berbeda akan menghasilkan morfologi yang berbeda pula.



Gambar 8 (Kanan) sebaran porositas akibat turbulensi dan (kiri) sebaran porositas akibat gas dari dalam cairan).

Bentuk porositas akibat turbulensi cenderung besar dengan jarak yang agak jauh. Sedangkan porositas akibat gas dari dalam cairan bentuknya lebih kecil dengan jarak sebaran yang dekat.



Gambar 9 (a) Aluminium AC4C. Tidak dipoles dan dietsa. 50x. (b) Sebaran porositas gas akibat hidrogen yang ada di dalam cairan. Minami, Rin (2005). *Research on Porosity Defects of Al-Si Alloy Castings Made with Permanent Mold*.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari benda yang diuji, terlihat sebaran porositas yang terjadi cenderung dengan carak dekat dan bentuk yang kecil. Maka, dapat disimpulkan bahwa porositas yang terjadi adalah akibat dari gas yang ada di dalam cairan.

Parameter

Penyebab terjadinya porositas adalah karena gas yang terjebak dalam cairan pada saat proses. Karena gas tersebut dapat terjebak dalam cairan adalah karena temperatur cor yang tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini temperatur akan menjadi parameter berubah yang divariasikan. Selain itu perlu dilakukan proses degassing untuk mengurangi gas dalam cairan. Kemudian akan dilakukan proses *dwel time degassing*.

Pembuatan Sample

Hal yang pertama dilakukan adalah dengan melebur ingot yang kemudian dimasukan komposisi sesuai dengan standar material aluminium JIS AC4C. Setelah komposisi cairan tersebut sesuai standar, selanjutnya dilakukan proses *fluxing* selama kurang lebih 600 detik. Kemudian dilakukan proses *drossing*. Setelah itu tablet *degasser* dimasukan ke dalam cairan aluminium. Proses *degassing* berlangsung

selama kurang lebih 600 detik. Kemudian dilakukan proses *drossing*. Dan selanjutnya proses penuangan pada cawan untuk dibuat pada mesin porosity tester.



Gambar 10 Salah satu sample yang dibuat pada mesin *vacuum porosity tester*.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil uji spektrometri dari material yang dilakukan selama penelitian.

Tabel 2 Hasil komposisi Aluminium JIS AC4C.

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Al
0.017	0.222	-	0.008	0.412	-	0.009	0.012	0.008	0.010	0.1	91.175
0.99	0.35	-	0.52	0.38	-	0.009	0.012	0.008	0.010	0.1	91.62
7.1	0.34	-	0.485	0.283	-	0.009	0.012	0.008	0.010	0.1	91.62

Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan respon dari masing-masing sampel dengan perbedaan masing-masing parameter. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian berat jenis dan secara visual makro.

Density

Berikut ini adalah hasil pengujian density yang membandingkan antara *true density* dan *apparent density*. Dapat dilihat bahwa porositas yang paling kecil terjadi pada temperatur 700°C dan pada waktu degassing selama 35 menit.

True density adalah kepadatan dari sebuah benda padat tanpa porositas yang terdapat didalamnya. Didefinisikan sebagai perbandingan massanya terhadap volume sebenarnya (g/mm^3).

$$\rho_{th} = \frac{100}{\{(\%Al/\rho_{Al})+(\%Cu/\rho_{Cu})+(\%Fe/\rho_{Fe})+etc.\}} \quad (1)$$

Apparent Density adalah berat setiap unit volume material termasuk cacat (*void*) yang terdapat dalam material yang diuji (g/mm^3).

$$\rho_s = \rho_{air} \frac{w_s}{w_b} \quad (2)$$

Setelah mendapatkan *true density* dan *apparent density* maka dapat dihitung prosentase porositas yang terjadi.

$$\% P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 11 Skema penimbangan *apparent density*.

Tabel 3 Nilai hasil pengujian berat jenis.

Temp.	Dwell time degassing	15 Menit	25 Menit	35 Menit
	750°C		0.1824	0.1088
750°C		0.1707	0.1064	0.0959
750°C		0.1493	0.1041	0.0905
725°C		0.1213	0.1021	0.0734
725°C		0.1190	0.0979	0.0655
725°C		0.1172	0.9056	0.0643
700°C		0.0938	0.0782	0.0519
700°C		0.0874	0.0762	0.0432
700°C		0.0813	0.0571	0.0455

Porosity Tester

Dengan sample yang dibuat pada mesin *porosity tester*, langkah selanjutnya adalah membandingkan porositas yang terjadi pada aluminium dengan gambar standar porositas pada aluminium.

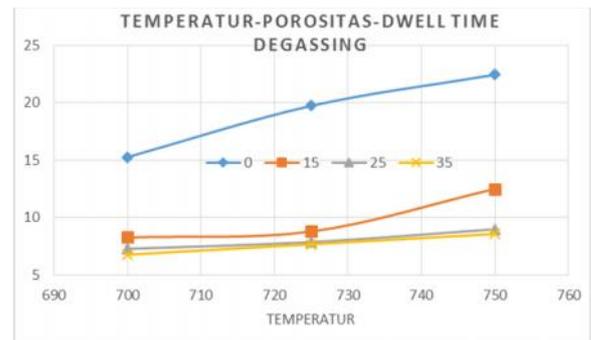
	0	15	25	35
750	 22,43%	 14,93%	 10,41%	 8,13%
725	 18,72%	 12,13%	 9,58%	 7,31%
700	 15,26%	 10,30%	 7,44%	 6,23%

Gambar 12 Gambar porositas yang terjadi secara visual makro.

Analisa

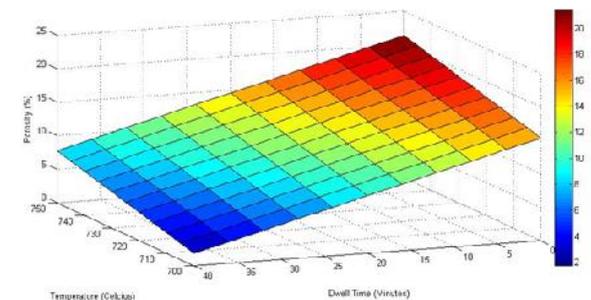
Proses *degassing* yang dilakukan pada cairan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap porositas yang terjadi pada sample.

Terlihat perbedaan yang jelas pada benda sebelum proses *degassing* dan sesudah proses *degassing*. Berikut ini adalah grafik perbandingan sebelum proses *degassing* dan setelah proses *degassing*.



Gambar 13 Grafik pengaruh *degassing* terhadap porositas.

Pada grafik tiga dimensi dibawah menunjukkan daerah porositas, semakin berwarna merah porositas yang terjadi semakin tinggi. Sedangkan semakin menuju berwarna biru porositas yang terjadi semakin kecil.

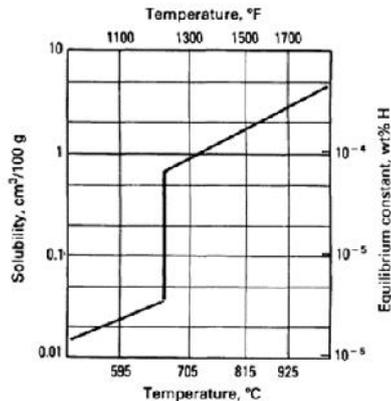


Gambar 14 Grafik hubungan 3 dimensi antara porositas gas, temperatur dan *dwell time degassing*.

Melihat grafik diatas, pada saat menit ke-15 perbedaan temperatur sangat berpengaruh terhadap terjadinya porositas. Tetapi setelah terjadinya porositas. Tetapi setelah menit ke-25 dan menit ke-35 perlakuan degassing, temperatur masih berpengaruh namun tidak sebesar pada menit ke-15. Hasil dari grafik pun menunjukkan bahwa pada temperatur 700 dan *dwell time* selama 35 menit menghasilkan porositas yang paling kecil.

Awalnya porositas ada pada cairan, sehingga harus dibuat caranya agar gas tersebut dapat keluar yang pertama memperkecil tekanan yang berada di atas permukaan cairan dengan cara vakum agar gas dapat naik ke permukaan. Cara

yang kedua memperbesar tekanan di dalam cairan dengan menurunkan temperatur sehingga gas hidrogen yang larut dalam cairan sedikit. Memperbesar tekanan dalam cairan juga bisa dilakukan dengan cara *inert gas treatment* atau yang biasa dikenal dengan proses *degassing*. Proses *degassing* (yang mengandung gas) dapat memperbesar tekanan di dalam cairan.



Gambar 15 Kelarutan hidrogen pada aluminium berdasarkan temperatur.

Temperatur yang paling rendah menunjukkan nilai porositas yang juga semakin kecil begitu juga sebaliknya temperatur yang paling tinggi menunjukkan nilai porositas yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan grafik kelarutan hidrogen pada aluminium dimana kelarutan hidrogen pada temperatur rendah lebih kecil daripada kelarutan hidrogen pada temperatur tinggi. Kemudian juga dapat dilihat pada *Ellingham diagram*, semakin rendah temperatur, reaksi akan semakin spontan. Reaksi semakin spontan karena nilai energi bebas yang semakin negatif. Reaksi yang terjadi yaitu berpisahannya unsur logam dengan gas.

Kemudian *dwel time degassing* pada menit ke-35 juga menunjukkan porositas menurun. Gas yang terdapat pada cairan membutuhkan waktu untuk bisa keluar. Mula-mula gas dalam bentuk atomer akan berbentuk molekular dan keluar. Gas dapat keluar karena adanya perbedaan tekanan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan identifikasi porositas yang terjadi adalah porositas gas yang timbul dari dalam cairan. Kemudian dipilih metode untuk mengurangi porositas dari dalam cairan yaitu temperatur dan perlakuan cairan. Setelah sample dibuat, sample itu selanjutnya diuji.

Degassing yang dilakukan pada cairan memberikan pengaruh yang signifikan. Dari hasil pengujian data yang didapatkan menunjukkan porositas yang paling kecil terjadi yaitu pada temperatur 700°C dan pada menit ke-35 *dwel time degassing*. Sedangkan porositas yang paling besar terjadi pada temperatur 750°C pada menit ke-15 *dwel time degassing*. Pengaruh temperatur terhadap porositas lebih besar daripada *dwel time degassing*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang masih memberikan waktu untuk menyelesaikan karya ini. Kemudian, penulis juga berterima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan. Terima kasih penulis ucapkan juga pada pembimbing yaitu, Wiwik Purwadi, Dipl.Ing, M.T, dan Otto Purnawarman, S.T, M.T yang telah membimbing penulis serta menurunkan ilmunya. Terakhir, penulis ingin berterima kasih kepada teman-teman sekelas yang telah berjuang bersama selama 4 tahun ini.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] ASM Metals Handbook, Vol 02. (t.thn.). *Properties and Selection Non-Ferrous Alloys and Special-Purpose Materials*.
- [2] Paper 05-245(04). 2005. American Foundry Society (AFS).
- [3] Campbell, John and A. Harding, Richard, *Solidification Defects in Castings*. The University of Birmingham.
- [4] Minami, Rin (2005). *Research on Porosity Defects of Al-Si Alloy Castings Made with Permanent Mold*.
- [5] Müller, HJ (1977). *Handbuch der Schmelz und Legierungspraxis für Leichtmetalle*. Berlin: Schiele & Schön.
- [6] Foseco. *Non-Ferrous Foundryman's Handbook*.
- [7] Prasetya, Chandra, Irawan, Yudi Surya dan Oerbandono, Tjuk. *Pengaruh Jumlah Saluran Masuk pada Pengcoran Impeller Turbin Crossflow terhadap Cacat Permukaan dan Porositas*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.