

KAJIAN PENGARUH TEMPERATUR, PORE FREE DIE CASTING DAN DEGASSER TERHADAP POROSITAS PADA MATERIAL ALUMINIUM DIE CASTING CLASS 12 STUDI KASUS: ARM SUSPENSION – PT. WIJAYA KARYA

Pria Akbar Sejati

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649
Email: priaakbars@gmail.com

Abstrak

Die casting bertekanan tinggi (HPDC) adalah salah satu proses komersial produksi yang penting untuk pengecoran aluminium. *Arm suspension* merupakan salah satu contoh produknya. Namun demikian HPDC seperti proses lainnya memiliki kelemahan, terutama kandungan gas di dalam cairan yang cukup tinggi sehingga akan menimbulkan cacat blister jika ada proses lanjutan perlakuan panas. Untuk itu usaha menghilangkan gas di dalam cairan perlu dilakukan guna menghasilkan benda yang bebas cacat. Cacat harus diidentifikasi dengan benar untuk menentukan langkah-langkah perbaikan yang tepat. Dalam penelitian ini analisis cacat dilakukan dengan menggunakan teknik diagram *cause effect* dan *design of experiment* sehingga lahir pendekatan langkah untuk identifikasi cacat, analisis dan perbaikan cacat. Dalam mengidentifikasi cacat, penulis mengklasifikasikan cacat dalam aspek: ukuran, lokasi, konsistensi, tahap penemuan dan metode inspeksi yang dimana hal ini akan membantu dalam mengidentifikasi cacat yang benar. Untuk perbaikan cacat, lahir variasi yang berpengaruh terhadap jumlah gas di dalam cairan yaitu temperatur, *pore free die casting* dan degasser. Selanjutnya kandungan porositas akan diukur menggunakan perhitungan matematis yang melibatkan *apparent density* dan *true density* menggunakan metode eksperimen dengan analisis data deskriptif analitis. Sehingga kelarutan hidrogen pada aluminium yang didapatkan lebih tinggi dari 9% dapat direduksi hingga mencapai level 1.77% yang akan membuat tuangan bebas dari porositas.

Kata kunci : Porositas, DOE, HPDC, Aluminium

1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan dunia industri semakin pesat. Dunia otomotif salah satu yang mewakili pertumbuhan dunia industri semakin berlomba-lomba untuk menciptakan produk yang tidak hanya unggul dari sisi teknologi melainkan pula dari sisi kualitas. Industri dituntut untuk mampu menciptakan benda secara cepat, masal dan berkualitas. *Arm suspension* adalah salah satu produk yang diproduksi dalam jumlah banyak. *Arm suspension* merupakan *part* penghubung *swing arm* dan *body* pada motor Kawasaki KLX. *Arm suspension* menggunakan material standar JIS ADC class 12 yang diproduksi dengan proses Die casting. Fungsi dari *arm suspension* adalah menahan beban dari *swing arm* dan *body* yang bertumpu pada satu titik sehingga suspensi dan motor dapat bergerak dengan

stabil. Pada umumnya benda – benda yang terbuat melalui proses die casting tidak melalui tahapan proses perlakuan lanjut seperti perlakuan panas. Namun *arm suspension* yang dibuat di PT. Wika harus melalui proses perlakuan panas untuk menaikkan nilai kekerasan dari aluminium dan sebagai kesepakatan antara konsumen dan produsen. Akibatnya terdapat permasalahan cacat seperti



Gambar 1. 1 Cacat Blister

pada gambar.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan cara tertua untuk pembentukan logam. Pengecoran logam sudah dikenal oleh manusia sejak beberapa-abad yang lalu, proses pengecoran diperkirakan dipakai pertama kali kira-kira 4.000 tahun SM. Pengecoran perunggu diperkirakan merupakan yang pertama dilakukan di Mesopotamia sekitar 3.000 tahun SM, kemudian diteruskan ke India, Cina, Jepang dan Eropa (Surdia dan Chijiwa, 1996). Perkembangan pengecoran mulai pesat sejak ditemukannya mesin uap, mesin diesel dan bensin serta berbagai tungku/dapur peleburan seperti kupola, Siemens Martin, Bessemer, Thomas, dapur tinggi, dapur listrik, krusibel dan sebagainya. Proses pengecoran dapat dilakukan lebih dari satu teknik. Diantaranya adalah *sand casting*, *plaster*, *investment casting*, *gravity die casting* (centrifugal dan *low-pressure casting*) dan *pressure die casting*.

2.2 Cacat Porositas

Cacat coran adalah kerusakan atau kesalahan hasil coran yang mengakibatkan hasil coran tersebut ditolak oleh konsumen atau *reject*. Cacat seringkali disebut diskontinuitas yaitu “ketidaksempurnaan” (Davis, 1998) mendefinisikan cacat sebagai ketidakteraturan dalam dunia pengecoran logam yang tidak diinginkan yang didefinisikan sebagai kondisi di dalam casting yang harus diperbaiki atau dihilangkan atau casting harus ditolak.

Jenis cacat beraneka ragam diantaranya cacat porositas.

Berdasarkan sumber penyebabnya porositas terbagi ke dalam 2 jenis, yaitu:

1. Porositas gas dan
2. Porositas rongga susut (*shrinkage*)

2.3.1 Porositas Gas

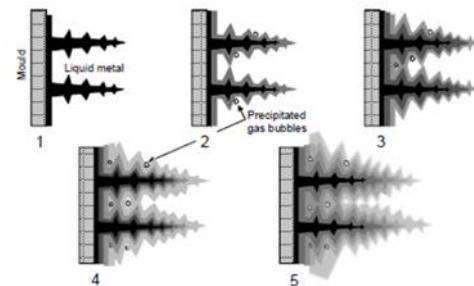
Porositas gas yaitu cacat porositas yang disebabkan oleh gas. Porositas gas biasanya berbentuk bulat karena hasil dari presepitasi hidrogen selama pembekuan (karena kelarutan hidrogen lebih besar pada cairan logam dibandingkan pada logam padat). Bentuk porositas bisa berbentuk bola, lurus rata atau memanjang terkadang seperti rongga susut jika bersamaan dengan adanya porositas rongga susut. Lokasinya tersebar dan tidak menentu. Seringkali mendekati daerah permukaan benda.

Ukurannya terkadang kecil dan besar dengan permukaan halus.

Gas dapat muncul pada produk casting dalam 3 kondisi:

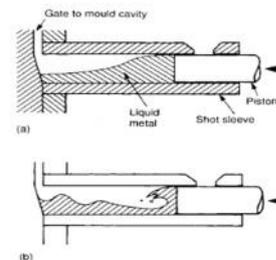
1. Presipitasi Gas

Yaitu gas sudah berada pada cairan logam dan kemudian terjebak sampai material membeku. Gas ada pada larutan logam dalam bentuk atom kemudian gas-gas ini dapat berdifusi hingga ke permukaan, bergabung membentuk molekul gas. Gas precipitation dari cairan logam membentuk gelembung-gelembung kecil berukuran 0.05 – 0.5 mm.



Gambar 2. 1 Presipitasi Gas

2. Ketika pengisian cetakan keadaanya sangat buruk sehingga gas dapat terjebak pada laju cairan contohnya turbulensi. Turbulensi dapat terjadi karena rancangan pengisian yang tidak baik serta keenceran material yang tinggi sehingga menyebabkan gas terjebak dalam laju cairan dan gas ini tidak dapat keluar dengan mudah karena cairan terlindung oleh lapisan oksida.

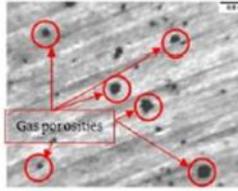


Gambar 2. 2 Turbulensi Cairan Pada Proses Injeksi Die Casting

3. Pengikat dari pasir inti rusak ketika inti bersentuhan dengan cairan logam akibatnya muncul gas dan gas ini bertahan sampai logam membeku. Ukuran gas yang terbentuk karena proses ini biasanya memiliki ukuran 10-100 mm.

Davis (1988) menyatakan, “Cacat porositas gas disebabkan karena adanya pembentukan gas ketika logam cair dituangkan. Cacat porositas gas berbentuk bulat akibat tekanan

gas ini pada proses pembekuan” (hlm. 457). Ukuran cacat porositas gas sebesar ± 2 mm sampai 3 mm, lebih kecil bila dibandingkan dengan cacat porositas *shrinkage*. Bentuk cacat gas seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 2. 4 Cacat Porositas

berikut:

3 Cara Menghilangkan Porositas

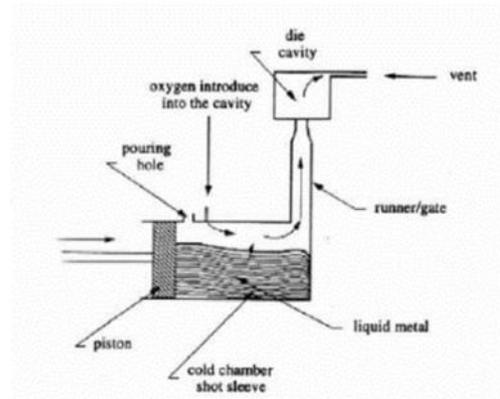
Untuk menghilangkan porositas pada aluminium ada banyak cara yang dapat ditempuh, diantaranya:

2.5.1 Degassing

Tingkat hidrogen terlarut dapat dikurangi dengan beberapa metode. Paling sederhana adalah untuk menahan logam pada suhu yang lebih rendah untuk beberapa periode waktu dimana kelarutan hidrogen lebih rendah dan dengan demikian memberikan outgassing alami. Namun, semuanya ini tidak selalu dapat dilakukan. Degassing dapat dicapai dengan cara berikut: *purging gas* atau pembersihan, *tableted degassing fluks*, mekanik *mixer degassing* Brown (1994: 119) menyatakan, “Adanya kecacatan pada produk cor aluminium, salah satu solusinya adalah dengan melakukan proses *degassing treatment*”.

2.5.2 Pore Free Die Casting

Gas terjebak adalah salah satu masalah yang paling berpengaruh pada proses *pressure die casting*. Solusi yang mungkin dilakukan adalah dengan melakukan teknik *porefree diecasting*. Pada teknik ini oksigen dihembuskan ke dalam cetakan agar bereaksi dengan cairan logam. Reaksi akan membuat kondisi menjadi vakum sehingga mengurangi porositas. Pada teknik ini oksigen dihembuskan ke dalam cavity untuk menggantikan nitrogen dan agar bereaksi dengan cairan logam agar terbentuk vakum. Pada kasus ini reaksi ditunjukkan $2 \text{Al} + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ dimana aluminium oksida akan menyebar pada logam. Persentase aluminium oksida di dalam aluminium adalah 0.24 persen dan ini adalah batas agar tidak mempengaruhi properties dari produk tersebut. (Kaye and Street, 1982)



Gambar 2. 3 Skema Pemberian Gas Oksigen Pada Proses PFDC

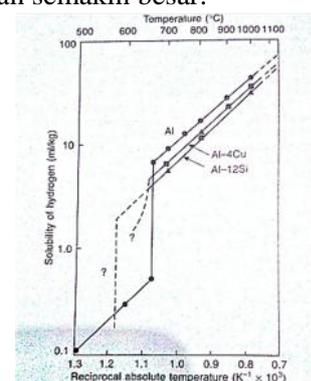
Metode pore free sudah diperkenalkan sejak tahun 1970 (Herrschaft, 1976). Metode ini sering digunakan oleh diecaster dari Jepang.

2.5.3 Temperatur

Aluminium memiliki tingkat reaktif yang berbeda di setiap tingkat kenaikan temperatur, dimana gas akan larut dan bereaksi dengan aluminium seperti terlihat pada gambar.

Selain itu temperatur yang terlampaui tinggi akan mengakibatkan nilai viskositas/ keenceran cairan menurun. Nilai viskositas yang turun artinya keenceran akan meningkat sehingga laju cairan akan cepat yang akan mengakibatkan turbulensi pada cairan. Turbulensi akan menyebabkan gas terjebak di dalam cairan. Semakin rendah viskositas maka kemungkinan turbulensi akan semakin tinggi yang mana kemungkinan gas

Gambar 2. 5 Grafik Kelarutan Hidrogen Terhadap Temperatur



terjebak akan semakin besar.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian ini untuk mengetahui kombinasi proses terbaik yang bisa dilakukan guna mereduksi jumlah porositas pada *arm suspension* adalah dengan melakukan percobaan dan kemudian proses selanjutnya adalah melakukan penimbangan dan

perhitungan persen porositas pada produk *arm suspension* dengan material ADC12.

Hasil penelitian yang digunakan dalam analisis berupa data, gambar struktur makro, dan grafik untuk menyatakan keberadaan dan pengaruh variasi suhu, PFDC dan degasser terhadap persen porositas.

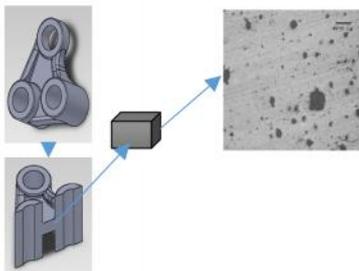
3.1 Analisis Cacat

Untuk dapat menanggulangi cacat terlebih dahulu kita harus dapat menetapkan cacat dengan benar dan tepat. Agar cacat dapat diidentifikasi dengan benar ada beberapa cara yang dapat ditempuh, yaitu:

- Study literatur
- Uji struktur mikro
- Statistical review
- Uji Struktur Makro

3.2 Menetapkan Cacat

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, cara mengidentifikasi porositas adalah dengan melihat morfologi porositas, posisi porositas, sebaran porositas dan ukuran porositas.



Gambar 3. 2 Proses Pemotongan Sample dan Struktur Mikro (pembesaran 100X)

Dilihat dari morfologinya, cacat ini termasuk ke dalam kelompok cacat porositas gas sesuai dengan ciri-ciri yang telah disebutkan di tinjauan pustaka.

Lokasi cacat tersebar secara acak, ukuran cacat relatif kecil, permukaan cacat terlihat halus, terlihat secara visual. Setelah semua tahapan sebelumnya dan ciri-ciri diatas penulis menyimpulkan bahwa cacat yang terjadi adalah gas porositas.

3.3 Identifikasi Parameter yang berkaitan dengan cacat

Porositas yang terjadi adalah gas porositas yang termasuk dalam kategori gas *precipitation*.



Gambar 3. 1 Cacat Porositas Pada Arm Suspension

Penyebab terjadinya adalah karena gas yang terjebak dalam cairan pada saat proses. Solution treatment alternative yang dilakukan adalah mengurangi dampak terjadinya gas pada saat proses. Sehingga mereduksi jumlah gas di dalam cairan menjadi tujuan utama

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 karena salah satu faktor yang menyebabkan gas berada dalam cairan adalah temperatur cor yang terlalu tinggi. Semakin tinggi temperatur cor akan semakin tinggi pula affinitas cairan tersebut terhadap hidrogen. Artinya gas porositas akan semakin banyak terbentuk karena hidrogen jika temperatur cornya tinggi selain itu semakin tinggi temperatur maka material akan semakin encer yang mana keenceran material akan mempengaruhi aliran cairan.

Suhu yang digunakan dibagi ke dalam 3 rentang

Rentang 1 = 641- 660 °C

Rentang 2 = 661- 680 °C

Rentang 3 = 681-700 °C

Degasser

Degasser yang digunakan adalah tablet degasser dengan kandungan hexachloroethane (C₂Cl₆)

Pore Free Die Casting

Pore free die casting menggunakan sistem yang telah distandarkan dan diotomatisasi di PT.Wijaya karya. Menggunakan gas O₂.

3.4 Design Percobaan

Temperatur	Tanpa PFDC	PFDC
rentang 1	1	2
rentang 2	3	4
rentang 3	5	6
Temperatur	tanpa PFDC	PFDC
rentang 1	7	8
rentang 2	9	10
rentang 3	11	12

Percobaan yang dilakukan seperti pada tabel diatas dengan jumlah percobaan 12 kali. Percobaan 7-12 ditambahkan tablet degasser sesuai yang telah direncanakan. Masing-masing percobaan dilakukan 2 kali replikasi sehingga total sample menjadi 24 sample.



Gambar 3. 3 Skema Penimbangan

3.5 Perhitungan Porositas

Untuk mengetahui hasil setelah dilakukan trial, dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan *true density* (massa jenis teori) dan *apparent density* (massa jenis aktual benda). Serta melakukan pengujian visual dengan melihat struktur makro benda. Adapun cara pengukuran dengan perhitungan density:

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left(\frac{\%Al}{\rho_{Al}}\right) + \left(\frac{\%Fe}{\rho_{Fe}}\right) + \left(\frac{\%Cu}{\rho_{Cu}}\right) + etc} \quad (3.1)$$

Yang pertama melakukan perhitungan true density dengan memakai persamaan (3.1) komposisi diambil berdasarkan hasil uji komposisi spektrometri (EOS) di Polman Bandung. Kemudian dilakukan perhitungan apparent density dengan menimbang benda pada udara dan menimbang benda dalam keadaan melayang di dalam air seperti pada gambar.

dengan memakai persamaan (3.2)

$$\rho_{ap} = \rho_{liquid} \left(\frac{W_s}{W_{sb}} \right) \quad (3.2)$$

dengan :

- ρ_{ap} = massa jenis aktual
- ρ_{liquid} = massa jenis cairan
- W_s = Berat benda di udara
- W_{sb} = Berat benda di dalam air

Sedangkan untuk menghitung persen(%) porositas dilakukan menggunakan persamaan (3.3)

$$\% \text{ Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{th}} \right) * 100 \% \quad (3.3)$$

(Prasetya, 2012)

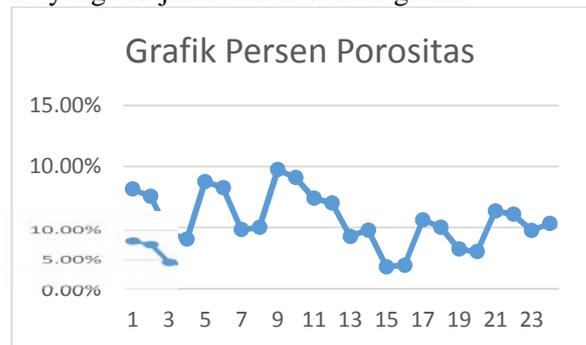
4. Hasil dan Analisa

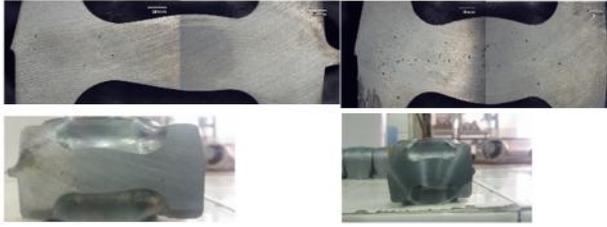
Berdasarkan hasil pengujian komposisi maka dapat diketahui beberapa unsur yang menunjukkan kandungan unsur kimia yang terdapat pada aluminium ADC12, berikut adalah hasil spektrometri yang dilakukan di Polman Bandung.

unsur	Standar	hasil uji
Si	9.6-12	11.40244
Fe	1.3 max	0.90723
Cu	1.5-3.5	2.11439
Mn	0.5 max	0.23463
Mg	0.3 max	0.23491
Cr	-	0.02292
Ni	0.5 max	0.0869
Zn	1.0 max	0.91714
Pb	0.2 max	0.08176
Sn	0.2 max	0.02066
Ti	0.3 max	0.03205
Al	Reminder	83.9338

Komposisi diatas adalah dasar yang dipakai untuk menghitung *apparent density* benda pengujian.

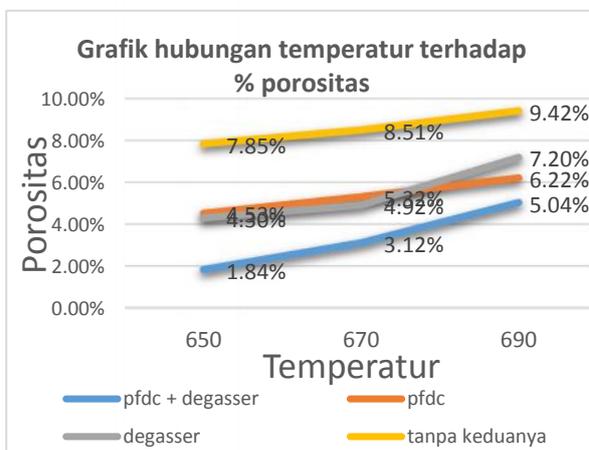
Berikut adalah persen porositas pada sample 1-24 yang disajikan dalam bentuk grafik.





Gambar 4. 1 Gambar Struktur Makro

Pengujian secara visual menunjukkan hasil yang berbanding lurus dengan apa yang dihasilkan dari hasil perhitungan density bahwa secara visual sampel 9 mempunyai nilai porositas yang paling besar dan sample 15 mempunyai nilai porositas yang paling kecil yang secara hasil perhitungan density sample 9 mempunyai persen porositas sebesar 9,74% dan sample 15 memiliki persen porositas 1,77%.



Dari grafik diatas terlihat bahwa penggunaan PFDC semakin efektif jika digunakan pada rentang suhu 1 (641-660) yang memiliki nilai rata – rata porositas sebesar 4% dan semakin besar persen porositas seiring dengan kenaikan temperatur hingga pada rentang suhu 3 (681-700). Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai rata-rata persen porositas pada rentang 1 sebesar 4,2% lebih besar sedikit dibandingkan persen porositas tanpa perlakuan cairan degasser. Namun pada rentang temperatur 3 nilai rata-rata persen porositas ini lebih kecil dibandingkan nilai rata-rata persen porositas tanpa perlakuan degasser pada temperatur yang sama. Sekilas terlihat bahwa PFDC dan degasser mempunyai pengaruh terhadap temperatur dan PFDC memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap porositas dibandingkan degasser pada rentang temperatur 1. Mengacu pada grafik diatas ternyata jika hanya temperatur yang berubah hal itu tidak membawa pengaruh banyak terhadap nilai persen porositas, terlihat bawa pada temperatur rentang 1 rata-rata nilai porositas

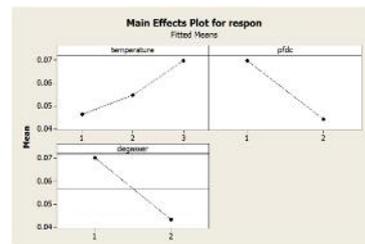
sebesar 9% dan di rentang 3 sebesar 10%. kombinasi keduanya terlihat bahwa rata – rata nilai porositas jauh lebih kecil dibandingkan kombinasi yang lain pada rentang temperatur yang sama. Ini membuktikan bahwa bila dari nilai porositas perlakuan cairan ganda (PFDC dan degasser) memiliki nilai yang lebih baik.

Analisis selanjutnya adalah melihat sejauh mana pengaruh setiap faktor terhadap nilai porositas dengan menggunakan efek dari rata-rata (means effect) dengan bantuan software minitab 16. Pada *software* ini nilai yang paling berpengaruh ditunjukkan dari kemiringan grafik dan nilai F yang semakin besar. Kemiringan grafik PFDC dan degasser memiliki kemiringan yang sama tetapi dari nilai F degasser memiliki nilai yang lebih besar sehingga dikatakan bahwa degasser lebih berpengaruh dibandingkan PFDC dan temperatur.

Analysis of Variance for respon, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
temperature	2	0.0022509	0.0022509	0.0011254	37.67	0.000
pfdc	1	0.0039645	0.0039645	0.0039645	132.70	0.000
degasser	1	0.0043395	0.0043395	0.0043395	145.25	0.000
Error	19	0.0005677	0.0005677	0.0000299		
Total	23	0.0111226				

S = 0.00546596 R-Sq = 94.90% R-Sq(adj) = 93.82%



Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas nikmat dan anugrah yang telah diberikan, kepada Bapak Wiwik Purwadi, Dipl, Ing. MT. dan Bapak Otto Purnawarman, S.T., MT. selaku pembimbing yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat serta waktunya selama penelitian dan penulisan skripsi ini. Kepada Staf Pegawai PT. Wijaya Karya yang telah memberikan izin, perhatian dan semangat serta mencurahkan waktunya agar penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Kepada Ayah dan Ibu atas jasa-jasanya, kesabaran, doa dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberi cinta yang tulus dan ikhlas. Kepada saudara-saudara Foundry tercinta yang telah banyak memberikan dorongan, semangat, kasih sayang dan bantuan baik secara moril maupun materiil.

Daftar Pustaka

- [1]ASM Special Aluminium. (n.d.). *Heat Treating*. ASM INTERNATIONAL HANDBOOKS.
- [2]CAMPBELL, J. (2003). *The New Metallurgy Of Cast Metals CASTING second edition*. BUTTERWORTH HEINEMANN.
- [3]Prasetya, I. &. (2012). Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Impeller Turbin Crossflow Terhadap Cacat Permukaan dan Porositas. 4.
- [4]Surdia, T. (2000). *Teknik Pengecoran Logam*. PT. Pradnya Paramitha.
- [5]Monroe, R. (2005). Porosity In Casting. *AFS Transactions*, 1-8.
- [6]*non ferrous handbooks*. (1994). John R. Brown.