

PENGARUH *CHILLER* PENDINGIN PADA KEKERASAN PRODUK COR PROPELER ALUMINIUM

Hera Setiawan

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: herasetiawan6969@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan pengembangan proses pembekuan searah (*unidirectional solidifications*) sehingga dihasilkan struktur *columnar dendrite* pada pengecoran aluminium propeler kapal nelayan untuk meningkatkan sifat mekanis material. Pengecoran dilakukan dengan pasir cetak (*sand casting*) dan proses peleburan logam dilakukan pada dapur *crucible* dengan bahan bakar minyak. Teknik pengecoran dilakukan dengan pendinginan logam cor dengan *chiller* pendingin yang dialiri air dengan dorongan pompa. Pengujian *spectrometer* digunakan untuk mengetahui komposisi kimia material aluminium. Pengujian kekerasan digunakan metode Rockwell dengan *indenter* bola baja diameter 1/16 inci dengan beban mayor 100 kg (HRB). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik pembekuan searah dengan *chiller* pendingin dapat meningkatkan kekerasan material aluminium propeler sebesar 3,99% dari 60,5 HRB menjadi 62,9 HRB.

Kata kunci: aluminium, propeler, *chiller*, kekerasan, pembekuan searah.

ABSTRACT

This research is the development process of unidirectional solidifications in aluminum casting fishing boat propellers so that the resulting structure of columnar dendrite to improve the mechanical properties of the material. The alloy material was melted on a crucible furnace with sand casting method. Casting technique is performed by water cooling chiller, flowed with a boost pump. Testing spectrometer is used to determine the chemical composition of the aluminum material. Rockwell hardness testing method is used with a steel ball indenter diameter of 1/16 inch with a major load of 100 kg (HRB). The results of this study indicate that the unidirectional solidifications casting with water cooling chiller can increase the hardness of aluminum propellers material for 3.99% of the 60.5 HRB becomes 62.9 HRB HRB

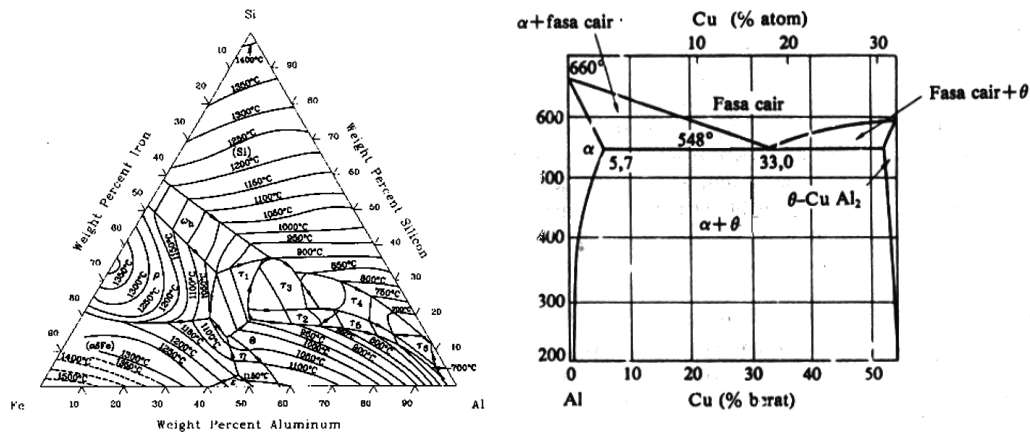
Keywords: aluminum, propeller, chiller, hardness, unidirectional solidifications.

1. PENDAHULUAN

Dari hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa teknik pembekuan searah dapat dilakukan pada pengecoran dengan pasir cetak dengan *chiller* pendingin dan menghasilkan struktur mikro *columnar dendrite* pada material kuningan [1]. Sedangkan pada penelitian ini akan dikembangkan metode tersebut untuk propeler dengan material aluminium.

Material aluminium banyak digunakan pada proses pengecoran propeler karena harganya yang relatif murah dibandingkan dengan kuningan dan lebih mudah didapat. Aluminium yang digunakan adalah aluminium daur ulang. Gambar 1 menunjukkan diagram fasa ternary Al-Si-Fe dan fase biner Al-Cu [2].

Pengecoran logam merupakan salah satu ilmu pengetahuan tertua yang sudah dipelajari oleh umat manusia. Walaupun telah berumur sangat tua, ilmu pengecoran logam terus berkembang dengan pesat [3]. Berbagai macam teknik dan metode pengecoran logam telah ditemukan dan terus disempurnakan, diantaranya adalah *centrifugal casting*, *investment casting*, dan *sand casting* serta masih banyak lagi metode-metode lainnya [2,4].



Gambar 1. Diagram fase terner Al-Si-Fe dan diagram fase biner Al-Cu [3]

Industri pengecoran logam tumbuh seiring dengan perkembangan teknik dan metode pengecoran, berbagai model produk cor membanjiri pasar domestik [5]. Produk cor banyak kita jumpai mulai dari perabotan rumah tangga, komponen otomotif, pompa air sampai propeler kapal seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Produk propeler untuk kapal nelayan dari UMKM – Juwana

Sentra-sentra industri pengecoran usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) banyak tersebar di Propinsi Jawa Tengah seperti Klaten, Pati, Tegal dan Surakarta. Salah satu sentra industri logam khususnya pengecoran adalah Kecamatan Juwana di Kabupaten Pati Jawa Tengah. Tidak kurang dari 12 pengrajin dalam skala UMKM menekuni pekerjaan pengecoran logam dari bahan aluminium maupun kuningan. Beberapa industri menengah dengan produk yang cukup kompleks yaitu : UMKM Citra Widi Mandiri, Timbulindo Gear, Yamusu, Indogas Maju Saputra, Barokah Jaya Abadi dan KTM. Salah satu produk yang dibuat dan telah dipasarkan untuk industri galangan kapal nasional adalah propeler (baling-baling kapal). UMKM pengecoran logam ini juga telah menjalin kemitraan dengan PT. National Gobel, Panasonic, Pindad Material, PT. Pura Box dan PT. Galangan Kapal [5].

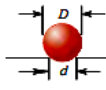

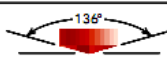

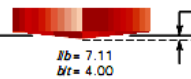

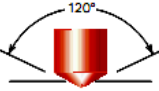



Permintaan pasar akan produk logam cor yang prospektif dan luas ini, kurang diimbangi dengan peningkatan kualitas produk. Ironisnya walaupun banyak industri cor di tanah air, produk logam cor dari pengrajin lokal masih kalah bersaing dengan produk impor baik dari sisi kualitas dan harga. Hal ini merupakan tantangan yang harus segera dibenahi, agar industri kita dapat bersaing dipasar domestik maupun luar negeri.

Upaya meningkatkan kualitas produk menjadi prioritas utama dalam upaya meningkatkan daya saing produk di pasar domestik maupun global. Produk yang berkualitas tentu dihasilkan dari pemilihan bahan baku yang baik, penguasaan teknik produksi, serta pengujian kualitas yang melekat. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kekerasan propeler aluminium hasil pengecoran produk UMKM dari Juana Pati.

Propeler yang merupakan salah satu komponen sistem penggerak kapal sangat menentukan keberhasilan rancang bangun kapal. Kualitas produk cor propeler sangat ditentukan oleh keunggulan sifat mekanisnya, hal ini masih dikeluhkan oleh UMKM dan konsumen pengguna produk propeler. Upaya memperbaiki sifat mekanis tersebut selain dari pemilihan bahan baku (*raw material*) dan pengaturan komposisi paduan, juga sangat ditentukan oleh proses dan teknik pengecoran yang akan mempengaruhi bentuk mikrostruktur logam cor. Sebagaimana diketahui sebelum proses pembekuan akan didahului oleh proses pengintian untuk selanjutnya terbentuk butir (*crystal*) dengan batas butir (*grain boundary*).

Produk cor seperti propeler kapal dan sudu-sudu turbin sangat membutuhkan orientasi butir searah sehingga mampu menahan beban aksial dan memiliki kekuatan mulur yang tinggi serta tahan terhadap beban berulang atau retak fatik [4,6,7]. Kekerasan suatu bahan (logam) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga metoda atau teknik yang umum dilakukan yaitu metoda Brinell, Rockwell dan Vickers seperti yang terlihat pada gambar 3 [2,4].

Uji kekerasan Rockwell, seperti yang terlihat pada gambar 4, sering dipakai untuk meterial yang keras. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja atau logam yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti [2,3].

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	<ul style="list-style-type: none"> ⎧ Diamond cone ⎧ 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres 	 	 	<ul style="list-style-type: none"> 60 kg 100 kg 150 kg } Rockwell <ul style="list-style-type: none"> 15 kg 30 kg 45 kg } Superficial Rockwell	

Gambar 3. Teknik pengujian kekerasan [3]

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap *indenter* yang berupa bola baja (HRB) ataupun kerucut intan (HRC) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengukurannya dapat dilakukan dengan bantuan sebuah kerucut intan dengan sudut puncak 120° dan ujungnya yang dibulatkan sebagai benda pendesak (*indenter*) [2,3].

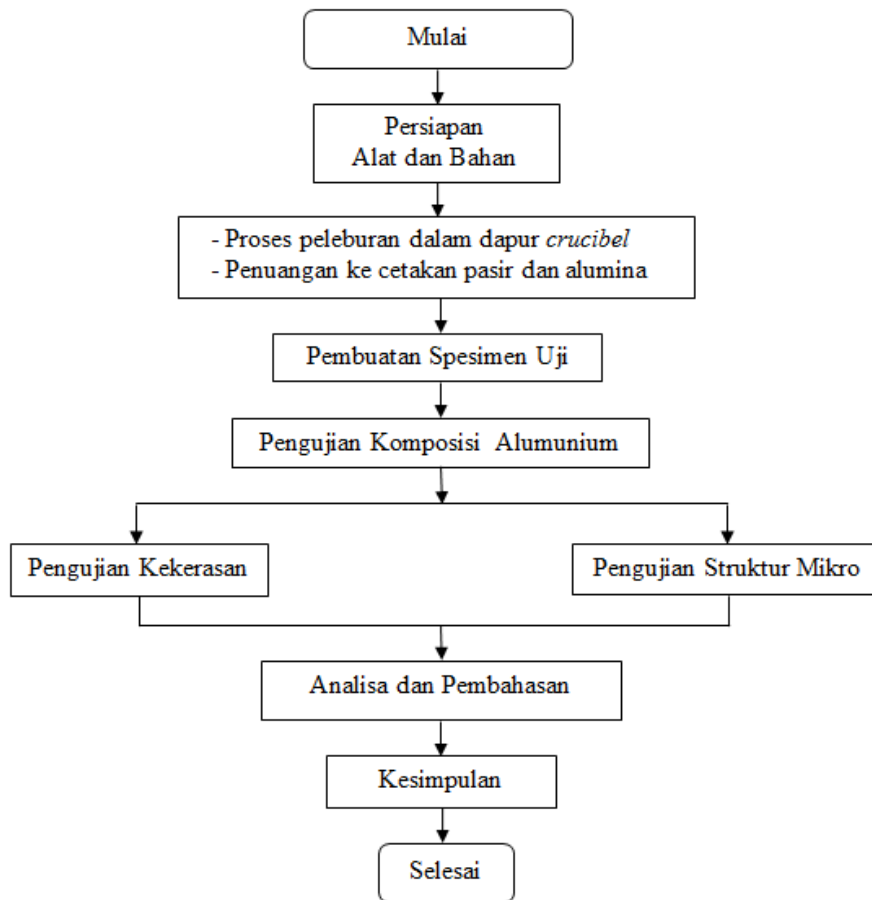
Prinsip pengujian pada metoda Rockwell adalah dengan menekan *penetrator* ke dalam benda kerja dengan pembebanan, dan kedalaman *indentasi* akan memberikan harga kekerasan yaitu perbedaan kedalaman *indentasi* yang didapatkan dari beban mayor dan minor [2,3].



Gambar 4. Alat uji kekerasan Rockwell

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan diagram alir seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah alumunium daur ulang berupa propeler kapal nelayan tiga sudu hasil pengecoran produk UMKM dari Juana Pati. Proses peleburan logam kuning menggunakan dapur *crucible* menggunakan bahan bakar minyak dan pengecoran dengan pasir cetak (*sand casting*) dengan pola cetakan dari logam dan bingkai cetakan (*frame*) dari kayu seperti yang terlihat terlihat pada gambar 6, gambar 7 dan gambar 8.

. Pengujian komposisi paduan logam alumunium dengan *spektrometer* digunakan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat dalam logam tersebut. Selanjutnya dengan menggunakan acuan diagram fase biner paduan Al-Cu atau fase terner Al-Si-Fe dapat ditentukan berapa temperatur untuk mencapai titik *liquidus* (*melting point*). Hal ini penting untuk menghindari temperatur peleburan berlebih yang justru merusak cairan logam cor.

Untuk melihat struktur mikro digunakan mikroskop optik logam dengan perbesaran 200 kali. Pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell (HRB) dengan indenter bola baja berdiameter 1/16 inci dan beban mayor 100 kg, pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan *Universal Testing Machine*.



Gambar 6. Peleburan logam alumunium dengan dapur *crucible*



Gambar 7. Pengecoran dengan pasir cetak



Gambar 8. Pola cetakan logam

Teknik pembekuan searah dilakukan dengan mengalirkan air pendingin ke *chiller* dengan dorongan pompa pada saat penuangan logam alumunium dengan pengecoran pasir cetak seperti yang terlihat pada gambar 9 dan gambar 10.



Gambar 9. Desain cetakan cor



Gambar 10. Proses pengecoran cetakan pasir dengan *chiller* pendingin

Proses pembekuan searah dilakukan dengan memasang *chiller* pada bingkai atau rangka (*frame*) berupa pipa dengan variasi diameter yang dialiri air pendingin dengan bantuan pompa. Langkah pengecoran propeler dengan metode pembekuan searah (menggunakan *chiller* sebagai media pendingin) :

- a) Memasangkan pola cetakan pada bingkai bagian *drag*.
- b) Menaburkan bedak / tepung halus diatas permukaan pola, dengan cara ditaburkan menggunakan kain yang dibungkus.

- c) Memasukkan pasir cetakan kedalam bingkai cetakan bagian *drag* dengan cara ditumbuk agar pasir cetak tidak runtuh saat membalik bingkai.
- d) Membalik bingkai cetakan drag menjadi menjadi dibawah, dan bingkai cope menjadi menjadi diatas.
- e) Menaburkan bedak / tepung yang halus pada atas pola dengan cara ditaburkan hingga merata.
- f) Memasangkan saluran turun pada inti.
- g) Memasukkan pasir cetak kedalam bingkai cetakan bagian *cope*, dengan cara ditumbuk.
- h) Mengambil saluran turun.
- i) Mengangkat bingkai *cope*, harus dengan hati-hati agar pasir cetak tidak runtuh.
- j) Mengambil pola cetakan.
- k) Memasangkan kembali bingkai cope diatas bingkai *drag*.
- l) Memasang selang dan pompa pada *chiller*.
- m) Menghidupkan pompa aquarium sebelum penguangan logam cair.
- n) Menuangkan logam cor pada saluran turun, bersamaan dengan itu air bersirkulasi mengalir hingga logam cair membeku.
- o) Membongkar bingkai cetakan setelah logam membeku dan keras, kurang lebih 5 menit.

Hasil proses pengecoran dibersihkan dan dibuat spesimen untuk masing-masing pengujian, sesuai bentuk dan ukuran dengan standar yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan uji kekerasan logam metode Rockwell dengan indenter bola baja diameter 1/16 inchi dengan beban mayor 100 kg (HRB), seperti yang terlihat pada tabel 1.

Table 1. Skala kekerasan Rockwell [3]

<i>Scale Symbol</i>	<i>Indenter</i>	<i>Major Load (kg)</i>
A	Diamond	60
B	$\frac{1}{8}$ in. ball	100
C	Diamond	150
D	Diamond	100
E	$\frac{1}{2}$ in. ball	100
F	$\frac{1}{8}$ in. ball	60
G	$\frac{1}{8}$ in. ball	150
H	$\frac{1}{2}$ in. ball	60
K	$\frac{1}{2}$ in. ball	150

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil proses pengecoran propeler aluminium adalah seperti yang terlihat pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Produk cor propeler kapal aluminium tiga sudu



Gambar 12. Hasil pengecoran sebelum dan setelah proses finishing

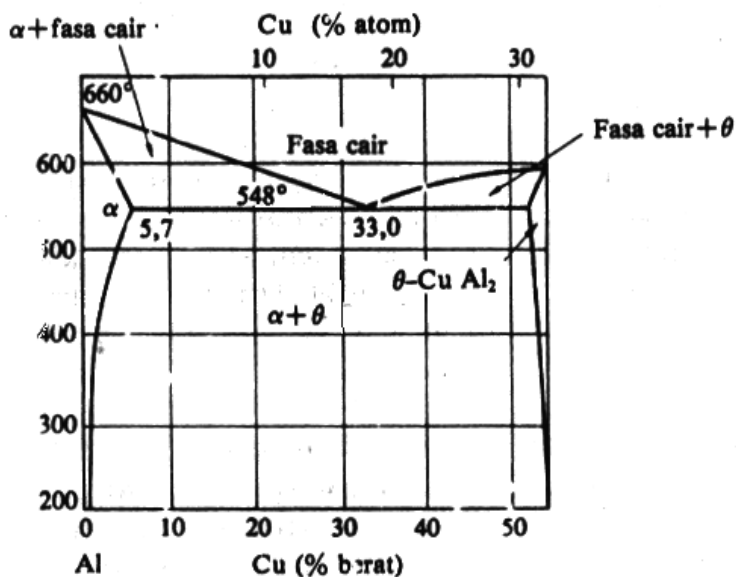
3.1. Komposisi Kimia

Tabel 2 menunjukkan komposisi kimia material aluminium propeler kapal yang digunakan pada penelitian ini, seperti yang biasa digunakan pada UMKM atau industri logam yang ada di Juwana Pati.

Tabel 2. Komposisi kimia aluminium propeler kapal

No.	Komposisi (%)																
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Pb	Be	Ca	Sr	V	Zr
1	74,3800	1,8600	0,3550	11,2000	0,7300	0,7460	0,9770	0,1010	3,6900	0,8370	0,2540	4,4500	0,0000	0,0872	0,0000	0,0000	0,3230
2	68,0200	3,2800	0,9800	12,2000	1,3900	0,0000	0,0312	0,0005	0,0049	4,4700	0,2430	9,2500	0,0000	0,0416	0,0000	0,1990	0,0000
Mean	71,2000	2,5700	0,6675	11,7000	1,0600	0,3730	0,5041	0,0508	1,8475	2,6535	0,2485	6,8500	0,0000	0,0644	0,0000	0,0995	0,1615

Dari tabel 2 diatas terlihat bahwa material adalah paduan aluminium yang mengandung komposisi rata-rata kimia Al = 71,2 %, Cu = 11,7 %, Si = 2,57 %, Fe = 0,67 %.



Gambar 13. Diagram fase biner Al-Cu [3]

Dari diagram fase biner Al-Cu seperti yang terlihat pada gambar 13 diatas, untuk aluminium dengan kandungan 11,7 % Cu termasuk tipe $\alpha + \theta$ dengan titik cair (*liquid*) sekitar 640°C. Temperatur ini dapat

dijadikan acuan untuk proses peleburan sehingga dapat dihindari temperatur peleburan berlebih yang justru merusak cairan logam cor. [2,3]

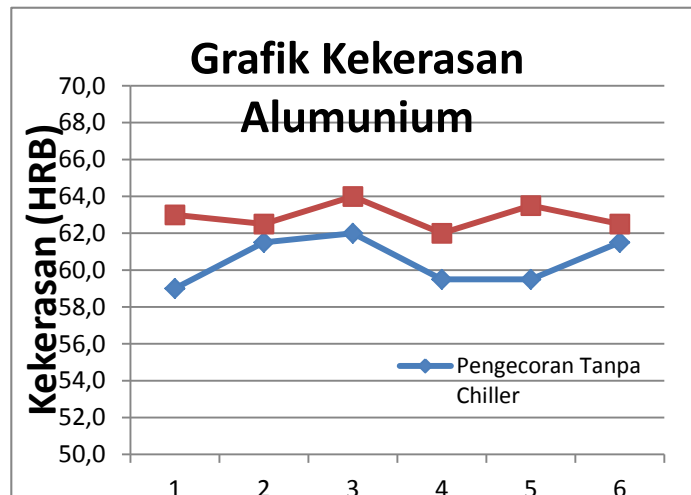
3.2. Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan pada pengecoran propeler konvensional tanpa menggunakan *chiller* pendingin dan pengecoran dengan teknik pembekuan searah menggunakan *chiller* pendingin adalah seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Kekerasan aluminium dengan pengecoran konvensional dan dengan *chiller* pendingin

No.	Pengecoran Konvensional			Pengecoran Pembekuan Searah			Kenaikan Kekerasan	
	Tanpa Chiller Pendingin			Dengan Chiller Pendingin				
	Kekerasan (HRB)	Rata-rata	Std. Deviasi	Kekerasan (HRB)	Rata-rata	Std. Deviasi	(HRB)	Prosentasi
1	59,0	60,5000	1,3038	63,0	62,9167	0,7360	2,4167	3,9945%
2	61,5			62,5				
3	62,0			64,0				
4	59,5			62,0				
5	59,5			63,5				
6	61,5			62,5				

Dari tabel kekerasan diatas dapat dibuat grafik seperti pada gambar 14. Kekerasan rata-rata material aluminium hasil dengan pengecoran konvensional tanpa menggunakan *chiller* adalah 60,5 HRB dan dengan teknik pembekuan searah dengan *chiller* pendingin adalah 62,9 HRB naik sebesar 2,4 HRB atau 3,99%.



Gambar 14. Grafik kekerasan material alumunium

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Material yang digunakan adalah material aluminium daur ulang dengan kandungan mayor : Al, Cu, Si, Fe, Pb, dan material lain.
- 2) Kekerasan rata-rata material hasil pengecoran dengan teknik pembekuan searah dengan menggunakan *chiller* pendingin naik sebesar 2,4 HRB, mengalami peningkatan 3,99% dari 60,5 HRB menjadi 62,9 HRB.

5. SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang teknik dan metode pada pengecoran propeler, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan daya saing produk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, H., 2013. "Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan". *Jurnal SIMETRIS*, Vol. 3 No. 1 April 2013.
- [2] Callister Jr., W.D., Rethwisch, D.G., (2010). *Materials Science and Engineering, An Introduction*. Eight Edition, New York, USA : John Wiley & Sons.
- [3] Surdia, T dan Saito, S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramitha.
- [4] Brown, JR. (2001). *Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook*, Eleventh Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [5] Disperindag Pati. (2008). *Profil Usaha Industri Kecil Menengah Perlogaman*. Pati.
- [6] Slamet, S. (2007). *Pengaruh Konsentrasi Cu pada Proses Pembekuan Searah Paduan Al-Cu*. Thesis, Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- [7] Smallman, R.E. and Bishop, R.J. (1999). *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering, Science, process, applications*. Sixth Edition, Oxford: Butterworth-Heinemann.