

PENGARUH KECEPATAN PUTARAN *SHELL* TERHADAP KETEBALAN DAN CACAT PENGECORAN *RADIAL SLIDING BEARING BABBITT* - BAJA KARBON DENGAN METODE *HORIZONTAL CENTRIFUGAL CASTING*

Alaya Fadllu Hadi Mukhammad¹ dan Bambang Setyoko²

ABSTRAK

Radial Sliding Bearing (RSB) yang diproduksi menggunakan proses *centrifugal casting* diharapkan menghasilkan produk yang lebih berkualitas dibandingkan *gravity casting*. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cetakan akan menyebabkan logam cair yang dituang terdorong menjauhi sumbu putar menuju jari-jari terjauh cetakan dan akan mengisi rongga cetakan lebih sempurna sehingga produk yang dihasilkan lebih sempurna. Kecepatan putaran merupakan salah satu parameter utama dalam *centrifugal casting*. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kecepatan putaran cetakan (*shell*) dengan variasi 250, 500, dan 1000 rpm terhadap ketebalan *babbitt* dan cacat pengecoran. Bahan yang digunakan adalah pipa *steam* (baja karbon) dan *babbitt (Tin)*. Pengujian dimensional untuk menentukan ketebalan *babbitt*, sedangkan cacat pengecoran diketahui melalui pengujian makro dan mikro. Hasil analisa visual dan dimensional menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran, maka ketebalan lapisan *babbitt* juga semakin meningkat. Cacat pengecoran pada bagian *interface* banyak ditemukan dalam bentuk bulat sedangkan pada bagian tengah berbentuk memanjang.

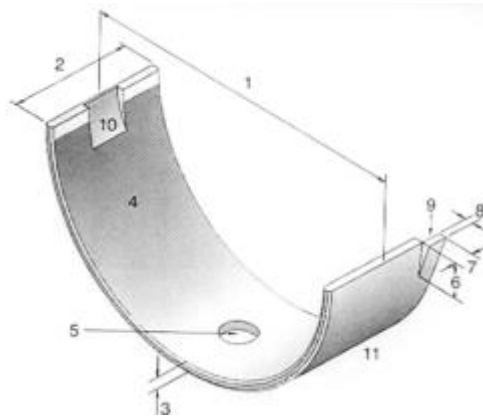
Kata Kunci: *RSB, Centrifugal Casting, Cacat*

PENDAHULUAN

Radial sliding bearing (Gambar 1) adalah komponen utama *rotating machinery* yang berfungsi sebagai bantalan *shaft* dalam menahan gaya *radial*. Pada dasarnya RSB terdiri dari dua komponen utama yaitu *shell (substrate)* dan *babbitt*. *Shell* biasanya terbuat dari besi cor, baja karbon, dan paduan tembaga, sedangkan *Babbitt* (Tabel 1) adalah sebuah paduan Timah (Sn), lead, Tembaga (Cu) dan antimony (Sb) yang biasa digunakan sebagai lapisan lunak. *Babbitt* dan *shell* dapat terikat dengan kuat dengan metode kimiawi dan mekanis. Pada dasarnya terdapat 3 metode standar untuk pembuatan RSB yaitu pengecoran *static, arc spray* dan *centrifugal casting* (Diof dan Jones, 2010).

¹ Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

² Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang



Keterangan :

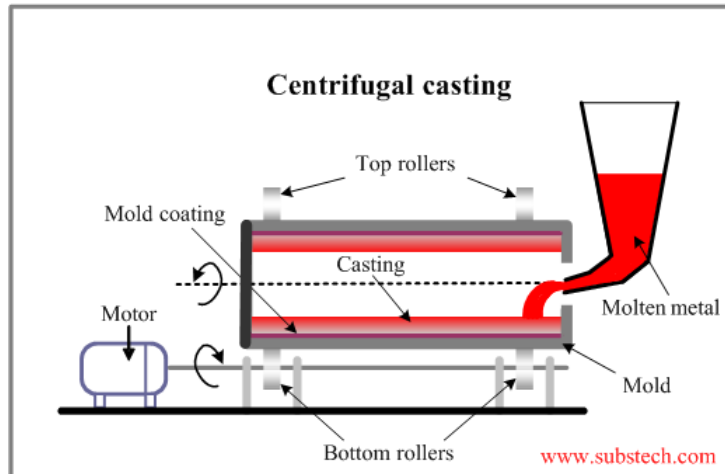
- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. Diameter luar | 6. Panjang lip |
| 2. Panjang bearing | 7. Lebar lip |
| 3. Tebal bearing | 8. Kedalaman lip |
| 4. Overplate | 9. Bentuk lip |
| 5. Lubang oli | 10. Alur oli |

Gambar 1. Bentuk dasar RSB

Tabel 1. Komposisi kimia *babbitt* berbasis Tin

Unsur	Tin	Antimony	Lead	Copper	Others
Standar ASTM B23	88-90	7-8	0,35	3-4	Ballance

Centrifugal casting adalah salah satu teknik pengecoran dengan cara menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar (ASM Handbook, 1998). Pada dasarnya *centrifugal casting* dibagi menjadi dua yaitu: *horizontal* dan *vertical*. *Horizontal centrifugal casting* adalah salah satu metode yang efektif untuk memproduksi *hollow metal* dengan sifat mekanis yang baik, sedikit cacat, ukuran yang sesuai dan relatif murah (Kalvand dkk, 2015). Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cetakan akan menyebabkan logam cair yang dituang terdorong menjauhi sumbu putar menuju jari-jari terjauh cetakan dan akan mengisi rongga cetakan lebih sempurna sehingga produk yang dihasilkan lebih sempurna (Jorstad, 1993)



Gambar 2. Skema *horizontal centrifugal casting* (www.substech.com)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ikatan *shell* dan *babbitt* pada *centrifugal casting* diantaranya adalah kecepatan putaran, laju pendinginan, temperatur *shell*, temperatur *babbitt*, laju penuangan *babbitt*, metode *cleaning shell* dan prosedur *tinning* (Diof dan Jones, 2010). Akan tetapi belum ditemukan referensi cacat yang ditimbulkan dari hasil *centrifugal casting* *babbitt*-baja karbon. Sehingga pada penelitian ini merupakan bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran 250, 500 dan 1000 rpm terhadap ketebalan *babbitt*, dan mengetahui kualitas hasil pengecoran terhadap cacat.

METODE PENELITIAN

Shell terbuat dari pipa baja *steam* dengan ukuran Diameter luar 60 mm dan diameter dalam 45 mm dan panjang 40 mm, Pipa baja *steam* kemudian dibubut diameter luar dan dalamnya menjadi 59 mm dan 50 mm. *Babbitt* dan baja *steam* diperoleh dari pasar komersial dengan kode produk PPN III. Pengujian Komposisi kimia *shell* menggunakan spektrometri menghasilkan prosentase komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 2. Komposisi kimia baja *steam* bahan *shell*

Unsur	Fe	Si	C	Mn	Cr	Cu	Ni	S
Prosentase	99,06	0,21	0,23	0,40	0,12	0,11	0,01	0,01

Proses *tinning shell* dilakukan dengan cara memanaskan mencapai temperatur 200 °C dan suspensi *tinning* diusapkan menggunakan kuas pada permukaan dalam

sampai merata. Proses *centrifugal casting* dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, dan diputar dengan variasi kecepatan 250, 500 dan 1000 rpm. Pengaturan putaran menggunakan inverter. *Shell* yang telah siap kemudian dimasukkan ke dalam cetakan. *Babbitt* dipanaskan mencapai temperatur 400 °C, dan dituangkan ke cetakan yang berputar melalui corong yang telah dipanaskan sampai cairan *babbitt* tumpah keluar dari cetakan. Pendinginan dilakukan secara alami yaitu dengan udara lingkungan. Hasil pengecoran kemudian dievaluasi secara dimensional, pengujian cacat menggunakan ultrasonik, foto makro dan mikro.

Pengukuran Dimensional dilakukan dengan mengukur ketebalan *babbitt* pada berbagai variasi. Sedangkan pengujian kualitas bonding antara *shell* dan *babbitt* RSB mengacu standar DOD-STD-2183 adalah menggunakan pengujian *Non Destructive Testing* berbasis *Ultrasonic*. Pengujian *Ultrasonic* merupakan salah satu syarat kelulusan kelayakan RSB selain *chalmers* dan *chissel*.

Area RSB dalam pengujian *ultrasonic* dibagi menjadi 3 zone yaitu :

1. Zona A

Zona A terletak di bagian tepi RSB. Jarak batas zona A dari tepi diperoleh dengan mengalikan panjang RSB dengan 0,1. Kualitas bonding di zona A dikatakan baik jika:

- a. Total unbonding area tidak melebihi 15% dari keseluruhan luasan zona A
- b. Tidak ada individual unbonding dengan ukuran 12,5 mm
- c. Jarak minimal antar individual bonding adalah 50 mm

2. Zona B

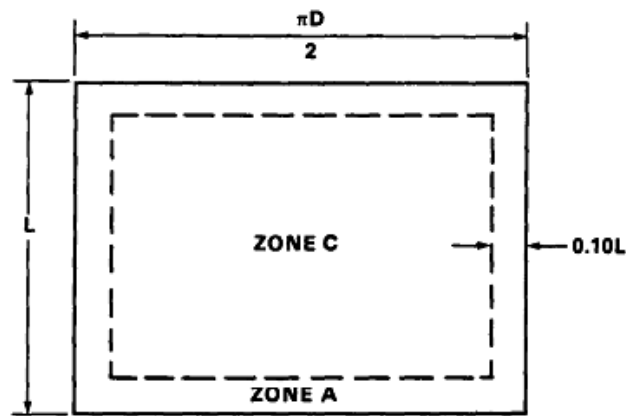
Zona B merupakan daerah-daerah RSB yang terdapat ketidakrataan permukaan seperti alur untuk pelumasan, dan lubang-lubang pelumasan. Pada zona B tidak dilakukan pengujian NDT *ultrasonic*.

3. Zona C

Zona C merupakan zona yang tidak termasuk zona A dan zona B. terletak dibagian tengah dan dibatasi zona A. Zona C merupakan zona terpenting pada RSB karena pada zona ini RSB menerima beban penuh dari shaft turbin yang ditopang. . Kualitas *bonding* di zona C dikatakan baik jika:

- a. Total *unbonding* area tidak melebihi 15% dari keseluruhan luasan babbitt

- b. Tidak ada *individual unbonding* yang memiliki luasan lebih dari 3% dari seluruh luasan *babbitt*.



Gambar 3. Pembagian skema pengujian *ultrasonic*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Dimensional

Pengujian Dimensional dilakukan dengan pengukuran dimensi hasil coran *centrifugal casting*. Hasil pengujian visual dan dimensional menunjukkan bahwa pada putaran 250 rpm ketebalan *babbitt* rata-rata 1,5 mm dan bahkan ada bagian *shell* yang tidak tertutupi *babbitt*. Hasil pengecoran putaran cetakan 500 rpm dan 1000 rpm menunjukkan bahwa semua bagian *shell* tertutupi lapisan *babbitt* dengan ketebalan rata-rata yang berbeda yaitu 2,3 mm dan 6 mm.



(a)

(b)

Gambar 4. RSB *centrifugal casting*

(a) 250 rpm, (b) 500 rpm (c) 1000 rpm

Pengujian Ultrasonik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa RSB hasil pengecoran kecepatan putaran cetakan 500 dan 1000 rpm tidak ditemukan cacat porositas melebihi ukuran 1 mm. *Interface* antara *shell* dan *babbitt* juga tidak ditemukan delaminasi.

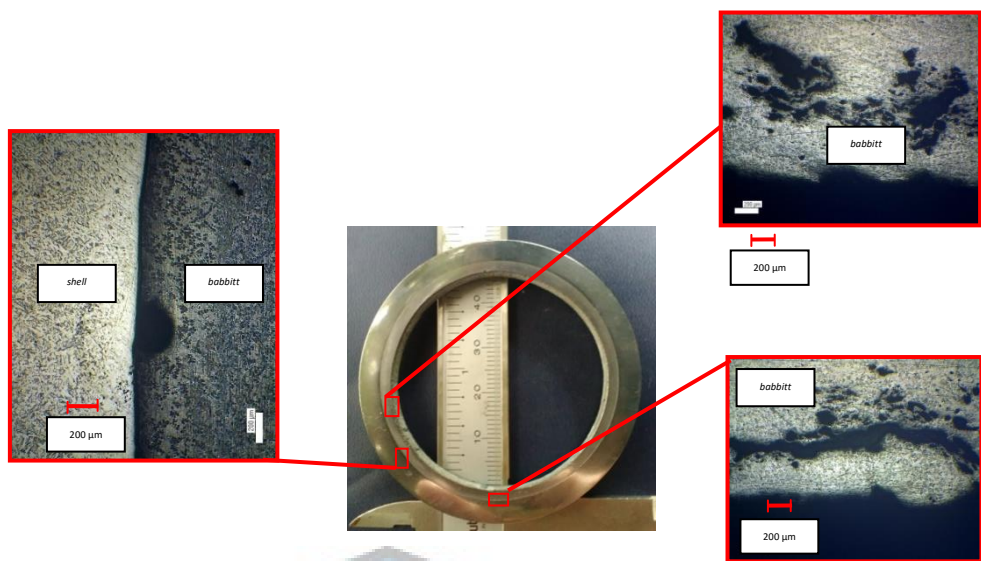
Tabel 3. Hasil Pengujian Ultrasonik

Part or Weld Identification	Thickness mm / in	Examination				Interpretation				Evaluation		Remarks	
		Transducer angle deg	Reference level dB	Transfer of losses dB	Sensitivity level dB	Amplitude level % DAC	Sound path mm/in.	Length mm / in	Depth mm / in	Type of Indication	Accepted		Rejected
Test Pieces 1	6	0°	15	-	23	No Lamination				-	Acc	-	
Test Pieces 2	5	0°	15	-	23	No Lamination				-	Acc	-	
Indication Code : P = Planaar S = Spherical CY = Cylindrical													
Examination Procedure : 29-PRIMATEK, Rev.05													
Equipment : SIUI CTS-9005 Test Range : 200 Material : C / S													
Serial No. : 549341141004 Couplant : CMC Welding Design : -													
Transducer Size : 2.5 & 4 MHZ Sensitivity level : 80%FSH + 6 db Welding Process : -													
Calibration Block : V1 & V2 Technique : Contact Testing													
Reference Block : Basic Calibration Block t = 25 mm													

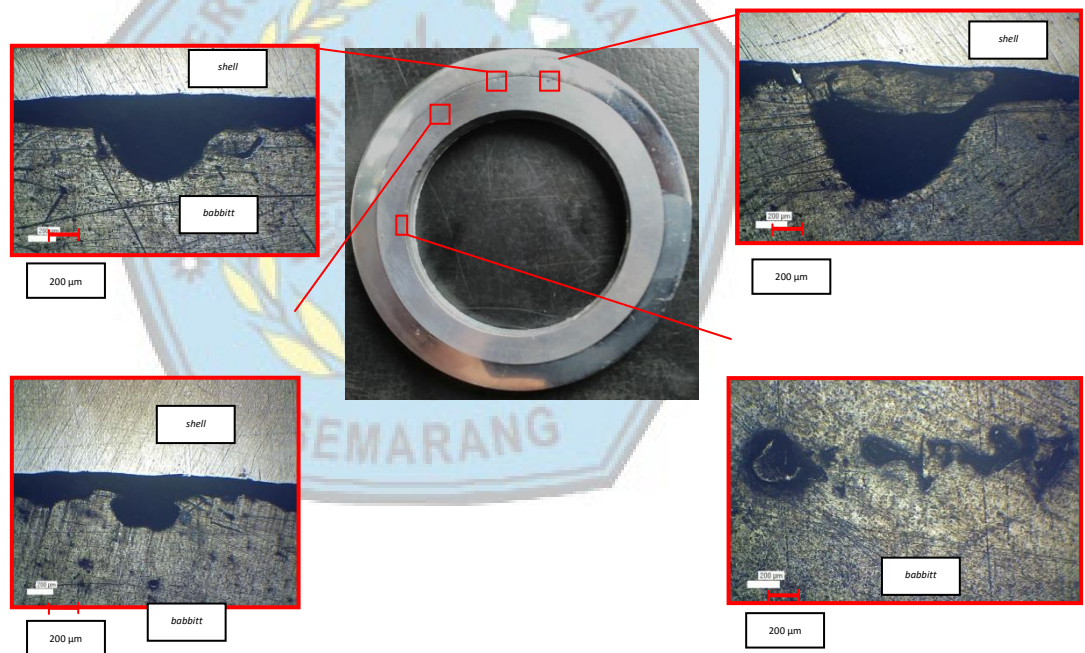
Pengujian Makro Dan Mikro

Pengujian cacat dengan menggunakan foto makro dan mikro bertujuan untuk mengetahui ukuran dan detail cacat yang terjadi akibat proses pengecoran sentrifugal. Hasil pengujian cacat foto makro dan mikro menunjukkan adanya cacat berupa porositas dan kotoran. RSB yang dihasilkan dengan putaran 500 rpm dan 1000 rpm terdapat cacat pada bagian tengah *babbitt* berupa porositas memanjang sedangkan di bagian *interface* antara *shell* dan *babbitt* berupa cacat berbentuk bulat.

Hasil pengujian foto makro dan mikro spesimen RSB dengan kecepatan putaran 500 rpm menunjukkan bahwa porositas memanjang terjadi pada bagian diameter dalam bagian *babbitt* dengan panjang maksimal 2,13 mm dan lebar 0,17 mm. Sedangkan pada bagian *interface* antara *babbitt* dan *shell* ditemukan cacat berupa berbentuk bulat dengan diameter 0,25 mm, hal ini mungkin berasal dari serbuk *tinning* yang tidak bersih.



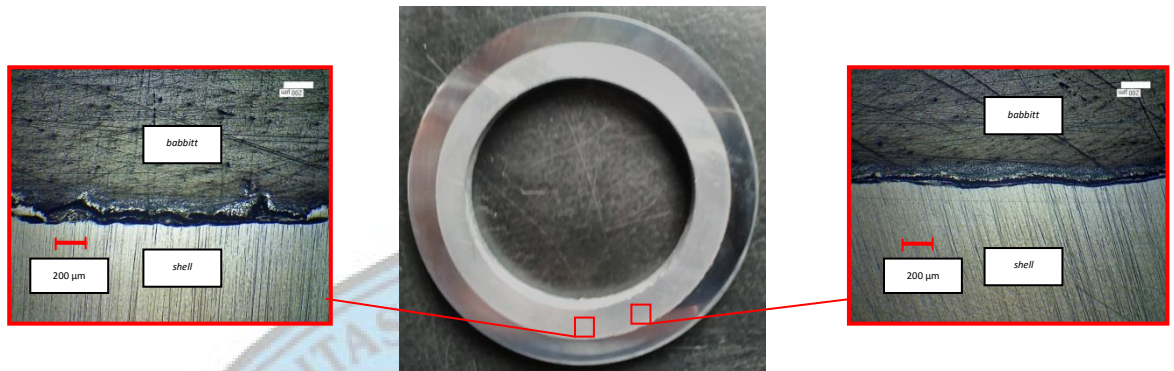
Gambar 5. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB 500 rpm (Perbesaran 50 x)



Gambar 6. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB 1000 rpm (Perbesaran 50 x)

Foto makro dan mikro pada RSB dengan kecepatan putaran 1000 rpm dilakukan di dua permukaan yang berbeda. Pada permukaan pertama menunjukkan cacat pengecoran yang muncul hampir sama dengan RSB putaran 500 rpm, yaitu berupa cacat

memanjang di bagian tengah dan bulatan di bagian *interface shell* dan *babbitt*. Cacat pengecoran memanjang di bagian tengah menunjukkan dengan panjang rata-rata 0,8 mm, sedangkan cacat bulatan di bagian *interface* memiliki diameter 0,8 mm. Pada permukaan lainnya hampir tidak ditemukan cacat baik pada bagian tengah ataupun *interface*. Ada celah memanjang di bagian *interface* dengan panjang 1,7 mm dan 1,3 mm.



Gambar 7. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB 1000 rpm (Perbesaran 50 x)

PEMBAHASAN

Hasil pengujian dimensional menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran maka ketebalan lapisan *babbitt* juga semakin meningkat. Hal ini sesuai persamaan yang dikemukakan Kalvand dkk (2015) hubungan antara kecepatan putaran (ω dalam rps), diameter luar hasil coran (R dalam m), ketebalan lapisan coran sentrifugal (t dalam m) dan percepatan gravitasi bumi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) (Persamaan). Nilai t akan meningkat sesuai peningkatan putaran (ω).

$$F = m \times r \times \omega^2 \geq m \times g \rightarrow r \times \omega^2 \geq g \rightarrow \frac{r \times \omega^2}{g} \geq 1$$

$$\rightarrow \omega^2 \geq \frac{g}{r} \rightarrow \omega \geq \sqrt{\frac{g}{r}} \rightarrow \omega \geq \sqrt{\frac{g}{(R - t)}} \dots\dots\dots (1)$$

Hasil pengujian dimensional untuk putaran 250 rpm ketebalan *babbitt* hanya 1,5 mm bahkan ada yang tidak tertutupi *babbitt* sehingga tidak layak sebagai parameter kecepatan putaran *centrifugal casting*. Hasil pengukuran dimensional RSB pengecoran 500 dan 1000 rpm menunjukkan ketebalan *babbitt* 2,3 mm dan 6 mm, sedangkan berdasarkan survey ketebalan *babbitt* pada RSB yang beredar di masyarakat memiliki

ketebalan 2-3 mm maka putaran 1000 rpm dapat dijadikan standar parameter *centrifugal casting* dengan bahan *babbitt*.

Hasil pengujian Ultrasonik menunjukkan bahwa RSB hasil pengecoran 500 dan 1000 rpm memenuhi standar DOD-STD-2183 karena tidak ditemukan delaminasi baik individu maupu kelompok melebihi ukuran 1 mm. Hasil pengujian makro dan mikro ditemukan cacat dengan pola memanjang di bagian tengah dan bulat pada bagian *interface* antara *shell* dan *babbitt*. Cacat bulat pada *interface* ada kemungkinan disebabkan dipengaruhi pada proses *tinning* mengingat material *tinning* bentuk dasarnya butiran.

KESIMPULAN

1. Putaran 1000 rpm dapat dijadikan parameter putaran *centrifugal casting* pada pembuatan RSB *babbitt*-baja karbon.
2. Semakin tinggi putaran juga maka ketebalan *babbitt* juga semakin meningkat.
3. Hasil pengujian NDT ultrasonik menunjukkan bahwa putaran cetakan 500 dan 1000 rpm memenuhi kualifikasi DOD-STD-2183.
4. Pengujian foto makro dan mikro menunjukkan terjadi kecacatan pada bagian *interface shell* dan bagian tengah dengan bentuk bulat dan memanjang.

Ucapan Terima Kasih

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian ini melalui skema Riset Dosen Pemula sumber dana PNBP TA 2016 Universitas Diponegoro Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook. 1998. *Casting Volume 15*. ASM International Handbook Commite.
- Diouf, P dan Jones. A.(2010) *Investigation of Bond Strength in Centrifugal Lining of Babbiton Cast Iron*. Metalurgical and Material Transactions A. Vol 41 March 2010
- DOD-STD-2183(SH), 1961, Department of the Navy Naval Sea Systems Command, Washington, DC.

1.1.1 Jorstad. J.L.. Rasmussen. Wayne. M.. 1993. *Aluminum Casting Technology*.
U.S.A: American Foundrymen's Society. Inc.

Kalvand, H. Aghamiry, S.E. Vahdat, S.E., 2015, *Effect of Microstructure Parameters on Hardness of SnCu4Pb3 produced by Horizontal centrifugal casting*. 4th International Conference on Materials Processing and Characterization

www.substech.com diakses 4 Desember 2016

PENULIS:

1. ALAYA FADLLU HADI MUKHAMMAD

Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

Jl.Prof. H. Sudarto, SH - Tembalang, Semarang. Email : alayad3tm@gmail.com

2. BAMBANG SETYOKO

Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

Jl.Prof. H. Sudarto, SH - Tembalang, Semarang. Email : bsetyoko@gmail.com

