

**STUDI AWAL PENGARUH ALUR PROFIL SHELL TERHADAP CACAT
PENGECORAN RADIAL SLIDING BEARING BABBIT - BAJA KARBON
DENGAN METODE HORIZONTAL CENTRIFUGAL CASTING**

Alaya Fadllu Hadi Mukhammad¹, 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 bentuk profil shell dengan 3 variasi bentuk yaitu rata, ulir kanan, dan ekor burung terhadap cacat pengecoran yang terjadi khususnya bagian interface antara shell dan babbitt. Bahan yang digunakan adalah pipa *steam* (baja karbon) dan *babbitt (Tin)*. Pengujian cacat pengecoran dilakukan dengan menggunakan metode Non Destructive Testing (NDT) Ultrasonic, pengujian foto makro dan mikro. Hasil pengujian ultrasonic menunjukkan bahwa RSB memenuhi kualifikasi standar DOD-STD-2183. Cacat pengecoran malah 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* (Mukhammad, 2016). *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).

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). Pengecoran sentrifugal horizontal digunakan pada benda kerja yang memiliki ukuran relative panjang yaitu lebih dari 100 mm. Pengecoran

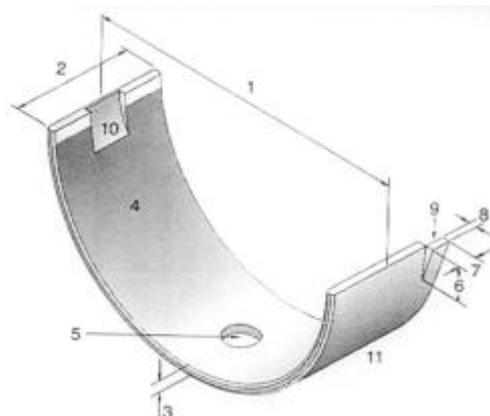
¹Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

²Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

sentrifugal horizontal pada umumnya digunakan dalam pembuatan pipa tabung, bushing, liner dan beberapa komponen yang berbentuk silinder dengan bentuk yang relative simple. (ASM Handbook, 1998). Pengecoran sentrifugal vertical digunakan pada benda kerja yang memiliki panjang relative pendek yaitu maximal 100 mm. Aplikasi pengecoran vertical bisa lebih luas karena dapat membuat benda kerja yang relative lebih rumit seperti velg, tromol kendaraan bermotor (Atmanto dkk, 2014). 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)

Tabel 1. Komposisi kimia *babbitt* berbasis Tin

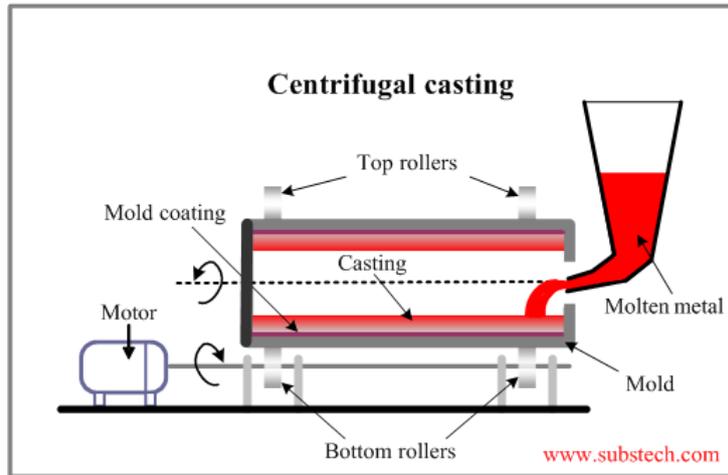
Unsur	Tin	Antimony	Lead	Copper	Others
Standar ASTM B23	88-90	7-8	0,35	3-4	Ballance



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



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 *cleaningshell* dan prosedur *tinning* (Diof dan Jones, 2010). Selain itu juga ada beberapa cara meningkatkan bonding secara mekanik dengan membuat alur pada *shell* (Gambar), akan tetapi proses itu akan mengakibatkan resiko cacat pengecoran. Oleh karena itu penelitian ini menitikfokuskan pada pengaruh bentuk alur terhadap kemungkinan cacat pengecoran.

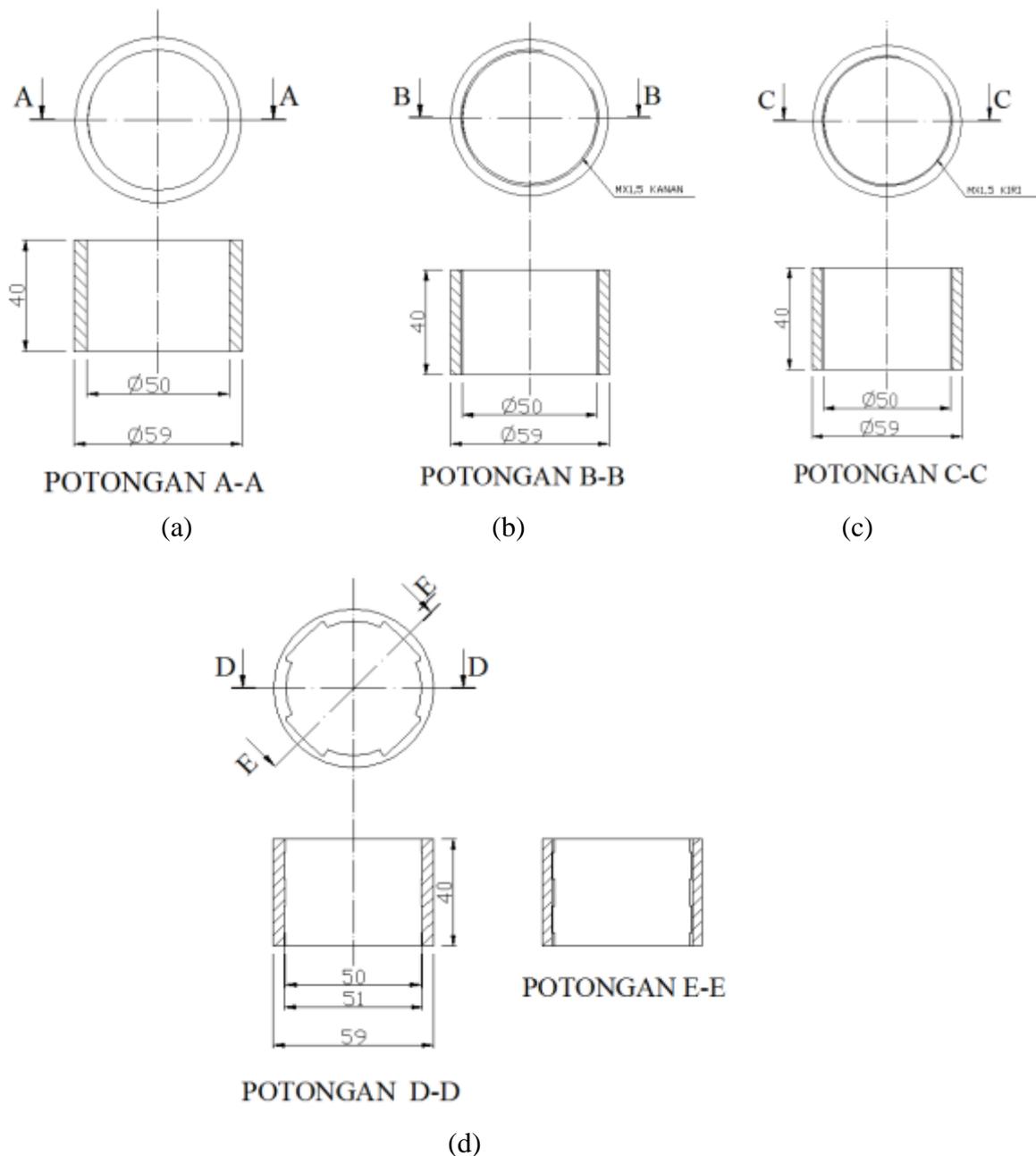


Gambar 3. RSB yang diperkuat bonding *shell* dan *babbitt* dengan groove (Baranagan, 2015)

METODE PENELITIAN

Material 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. Selanjutnya permukaan divariasikan profil permukaannya menjadi 4 jenis yaitu rata (a), alur ulir Mx1,5 kanan (b), alur ulir Mx1,5 kiri (c) dan ekor burung (d) (Gambar). Pipa baja *steam* dan babbitt dengan kode PPN III diperoleh dari pasar komersial.



(d)
Gambar 4. (a) RSB rata (b) alur ulir Mx1,5 kanan (c) alur ulir Mx1,5 kiri,
(d) alur ekor burung

Pengujian Komposisi kimiashell menggunakan spektro menghasilkan prosentase komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 2. Komposisi Kimia Pipa *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 *tinningshell* 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 kecepatan 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 dengan menggunakan ultrasonik, foto makro dan mikro.

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 chalmer dan chissel. Area RSB dalam pengujian *ultrasonic* dibagi menjadi 3 zone yaitu :

1. Zona A

Zona A terletak di bagian tepi BMB. Jarak batas zona Adari tepi diperoleh dengan mengalikan panjang BMB 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

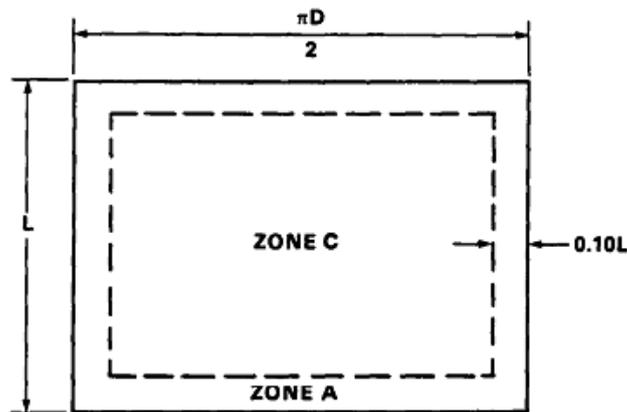
Zona B merupakan daerah-daerah BMB yang terdapat ketidakrataan permukaan seperti alur untuk pelumasan, dan lubang-lubang pelumasan. Pada zona B tidak dilakukan pengujian NDT *ultrasonic*,

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 BMB karena pada

zona ini BMB menerima beban penuh dari shaft turbin ang ditopang. . Kualitas *bonding* di zona C dikatakan baik jika :

- Total *unbonding* area tidak melebihi 15% dari keseluruhan luasan babbitt
- Tidak ada *individual unbonding* yang memiliki luasan lebih dari 3% dari seluruh luasan *babbitt*.



Gambar 5. Pembagian skema pengujian *ultrasonic*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Ultrasonik

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

Tabel 3. Hasil uji ultrasonik RSB rata (*Test pieces 2*)

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	
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										

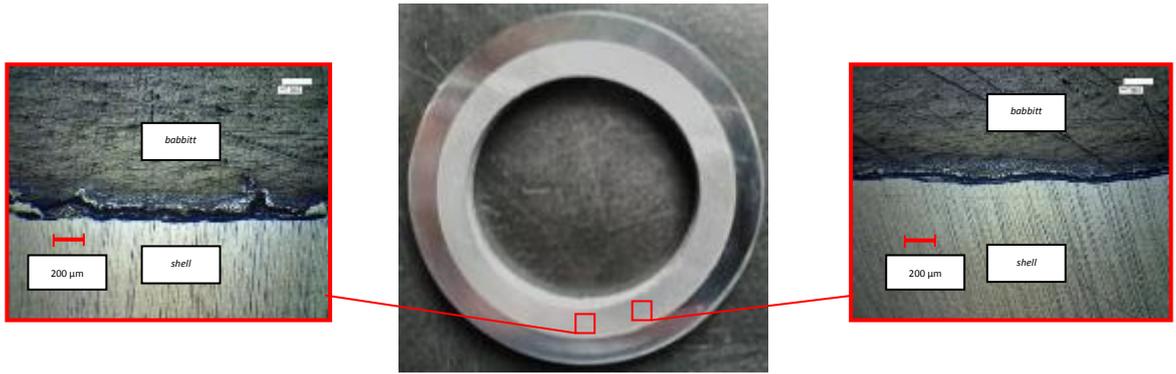
Tabel 4. Hasil Pengujian ultrasonic RSB ulir Mx1,5kanan (*Test piece 1*), RSB ulir Mx1,5 kiri (*Test piece 2*), RSB ekor burung (*Test piece 3*)

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 Piece 1	6	0°	15	-	23	No Lamination					-	Acc	-	
Test Piece 2	6	0°	15	-	23	No Lamination					-	Acc	-	
Test Piece 3	7	0°	15	-	23	No Lamination					-	Acc	-	
Indication Code : P = Planaar S = Spherical CY = Cylindrical														
Examination Procedure : 29-GHARDATECH, 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														

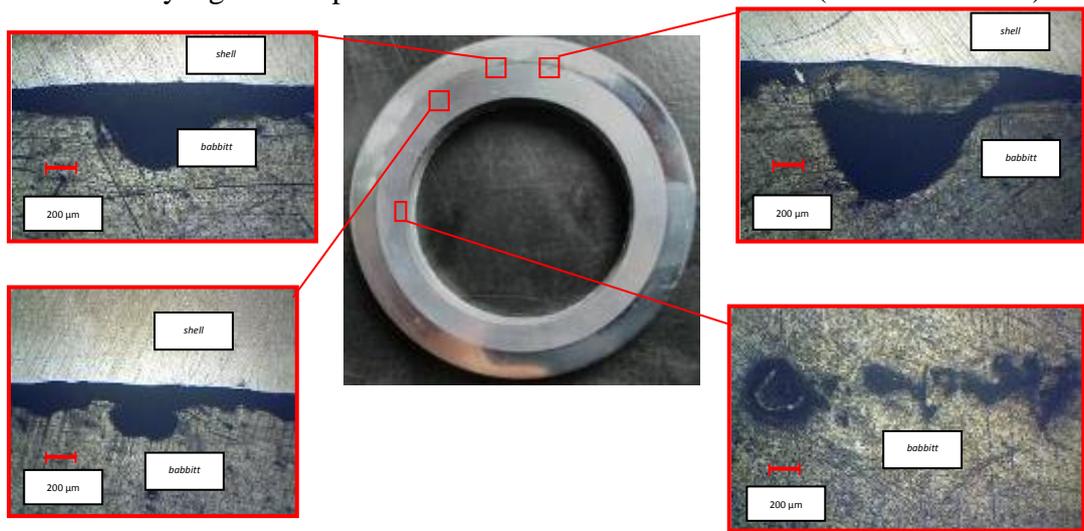
Pengujian Makro Dan Mikro

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 di bagian interface shell dan tengah. Di bagian interface didominasi dengan bentuk bulat sedangkan bagian tengah memanjang dengan ukuran yang relatif kecil.

Foto makro dan mikro pada RSB rata dengan dilakukan di dua permukaan yang berbeda. Pada permukaan pertama menunjukkan 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.

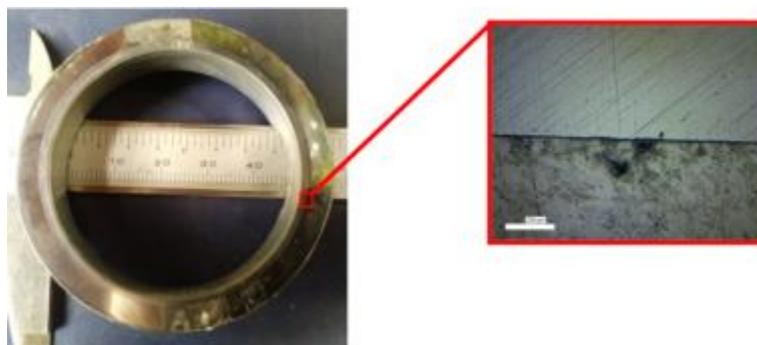


Gambar 6. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB rata (Perbesaran 50 x)

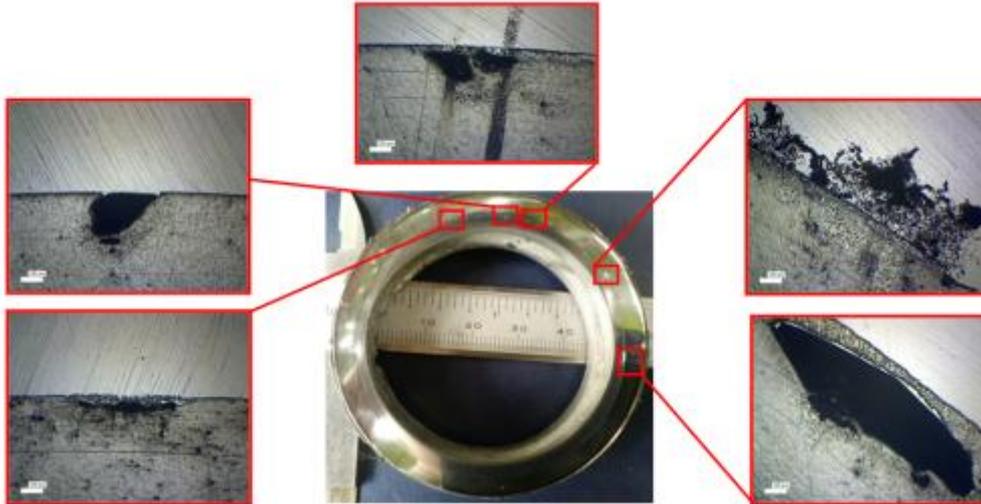


Gambar 7. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB rata (Perbesaran 50 x)

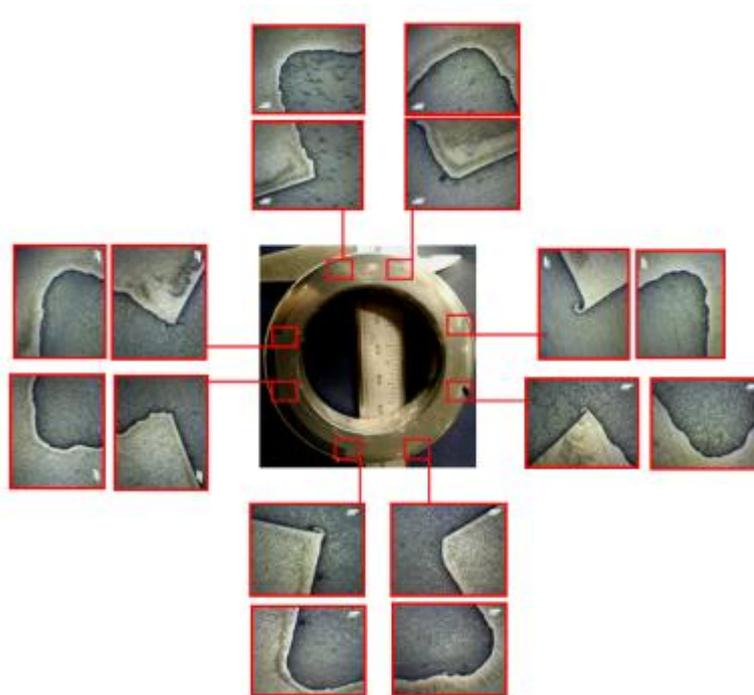
RSB dengan profil ulir Mx1,5 kanan hanya ditemukan cacat di bagian interface shell dengan babbitt dengan ukuran yang relatif kecil (0,1 mm), sedangkan pada RSB dengan profil ulir Mx1,5 kiri banyak ditemukan cacat pengecoran dengan bentuk dan ukuran bervariasi. Bentuk bulat memiliki diameter rata-rata berkisar 0,5 mm, sedangkan untuk yang memanjang didapatkan panjang mencapai 2,5 mm, dengan lebar 0,6 mm.



Gambar 8. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB profil ulir Mx1,5 kanan (Perbesaran 50 x)



Gambar 9. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB profil ulir Mx1,5 kiri
(Perbesaran 50 x)



Gambar 10. Cacat-cacat yang terlihat pada foto makro dan mikro RSB profil ekor burung
(Perbesaran 50 x)

PEMBAHASAN

Hasil pengujian Ultrasonik menunjukkan bahwa RSB hasil pengecoran semua bentuk profil permukaan memenuhi standar DOD-STD-2183 karena tidak ditemukan delaminasi baik individu maupun kelompok melebihi ukuran 12,5 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. Bentuk permukaan rata, ulir Mx1,5 kanan, ulir Mx1,5 kiri, dan ekor burung tidak menimbulkan cacat-cacat pengecoran. Ukuran cacat-cacat pengecoran yang masih memenuhi standar toleransi standar DOD-STD-2183.
2. Bentuk profil dan putaran cetakan tidak memberikan pengaruh signifikan pada cacat hasil pengecoran.
3. Proses *tinning* sangat mempengaruhi kualitas hasil coran hal ini terlihat dari cacat-cacat pengecoran yang timbul didominasi di daerah *interface shell* dan *babbitt*.

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.
- 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.

PENULIS:

1. ALAYA FADLLU HADI MUKHAMMAD

Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof H. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang

E-mail : alayad3tm@undip.ac.id

2. BAMBANG SETYOKO

Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof H. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang

Email : bsetyoko@ymail.com