

PROSES BABBING BANTALAN LUNCUR MELALUI PENGECORAN SENTRIFUGAL

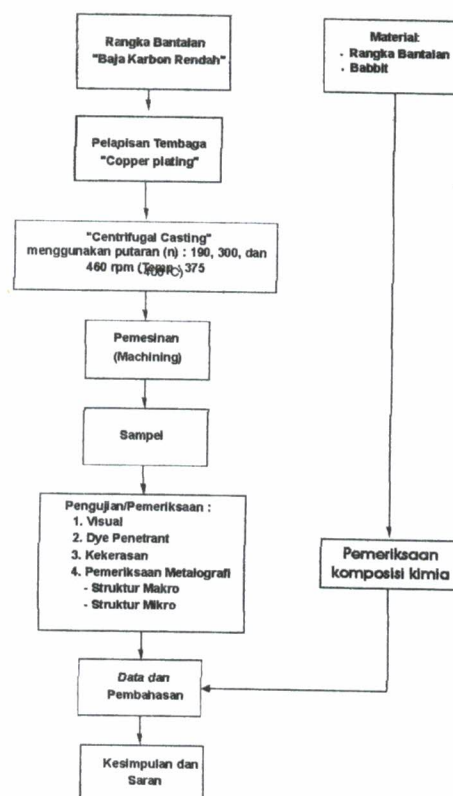
Abrianto Akuan*

Pelapisan paduan timah pada bantalan melalui proses pengecoran sentrifugal, dapat menghasilkan lapisan babbitt yang optimum pada kecepatan putar 190 rpm dengan struktur dendritik dan terbentuk senyawa intermetalik pada daerah interface-nya sehingga dapat meningkatkan daya lekat lapisan.

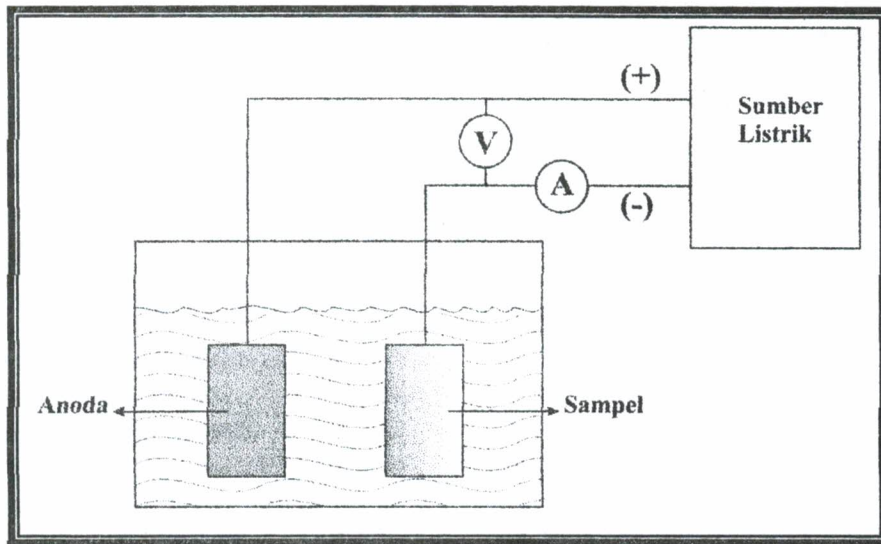
1. PENDAHULUAN

"Plain bearing" adalah suatu bantalan luncur yang menerima beban melalui gesekan. Sebuah plain bearing sering juga disebut sebagai "bushing", "babbitt" atau "journal bearing". Pada umumnya plain bearing berupa silinder yang dibelah dua dan disebut "shell" atau rangka bantalan. Bantalan ini sangat banyak digunakan dan dapat diamati pada berbagai macam peralatan, khususnya pada poros engkol dan bantalan batang engkol pada mesin kendaraan. Bantalan dapat memberikan kelicinan pergesekan yang rendah antara dua beban permukaan berlawanan dengan permukaan yang lainnya. Pergerakan keduanya bisa berupa perputaran poros (gerakan rotasi) atau gerakan linier.

Rangka bantalan umumnya terbuat dari baja, besi cor, atau paduan tembaga. Dinding bagian dalam dari bantalan ini biasanya dilapisi dengan paduan timah hitam (Pb-base) atau paduan timah putih (Sn-base) yang disebut sebagai logam "babbitt". Logam babbitt ini harus dapat melekat dengan kuat pada rangka bantalan. Seiring dengan berjalannya waktu dengan umur pakai yang begitu lama maka bantalan ini akan mengalami keausan pada bagian permukaan *base metal* yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti beban yang diterima terlalu berlebihan ataupun kekuatan dari bahan itu sendiri. Dalam bidang *maintenance*, *problem unit bearing* merupakan salah satu pokok permasalahan utama yaitu bagaimana cara untuk melakukan *repair* terbaik pada *bearing* tersebut.



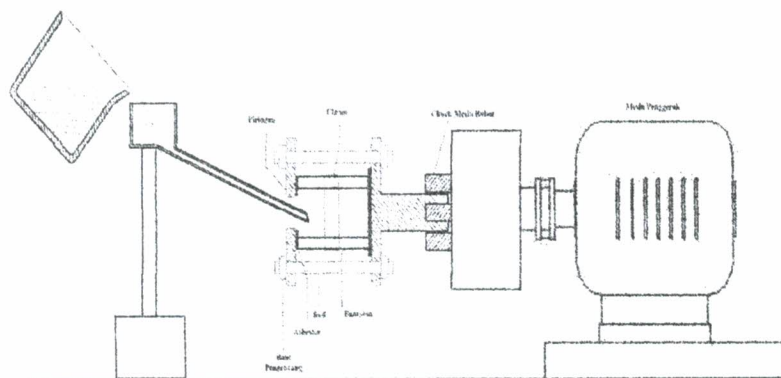
Gambar.1 Skema proses penelitian.



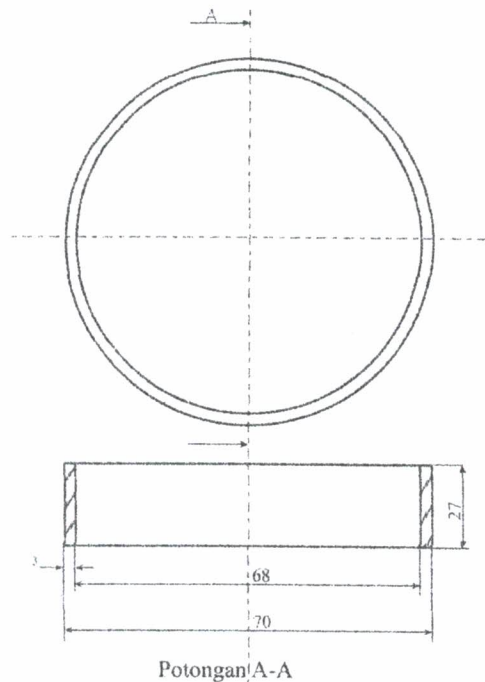
Gambar 2. Skema proses pelapisan

Tabel 1. Parameter proses pelapisan tembaga.

Elektrolit	Konsentrasi (g/l)	Tegangan (V)	Rapat Arus (A/dm ²)	Temperatur (°C)	Anoda
Sianida Tembaga (CuCN)	45	6	1 - 4	50	Cu
Sianida Kalium (KCN)	95				
Kalium Hidroksida (KCN)	5				
Garam Rochelle	45				



Gambar 3. Skematis proses pengecoran sentrifugal secara horizontal dengan menggunakan mesin bubut.



Gambar 4. Bentuk dan ukuran sampel setelah dilapis babbitt (satuan dalam mm).

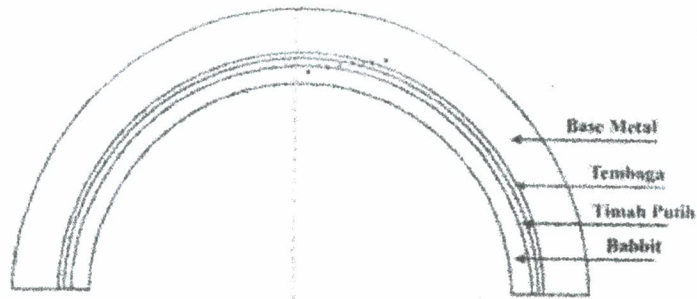
Tahapan proses pelapisan tembaga adalah sebagai berikut :

1. Tahap awal dilakukan dengan *degreasing* yaitu pencucian dengan larutan alkali yang bertujuan untuk menghilangkan lemak secara kimiawi, dengan menggunakan larutan NaOH 5% pada temperatur 60°C.
2. Tahap pencucian dengan air mengalir (*rinsing*).
3. Tahap berikutnya adalah pembersihan dengan menggunakan HCl yang bertujuan untuk menghilangkan oksida atau karat yang ada pada permukaan spesimen.
4. Tahap pelapisan tembaga.
5. Tahap Pembersihan akhir adalah dengan air mengalir (*rinsing*) sampai bersih.

Tahapan proses Babbiting melalui pengecoran sentrifugal, adalah sebagai berikut :

1. Permukaan sampel yang telah dibersihkan dari sisa-sisa *stop off* (pembersihan bisa dilakukan dengan menggunakan air mengalir atau MEK), dilapis dengan flux yaitu campuran dari campuran dari 50% zinc chloride dan 50% air secara tipis dan merata.
2. Install sampel dengan alat bantu sehingga secara skematik seperti pada gambar berikut 3.

3. Pasang sampel bantalan luncur yang telah diinstall pada mesin sentrifugal *casting* kemudian lakukan *preheat* dengan temperatur sekitar 250°C 300°C (mendekati titik cair timah) pada bantalan dalam keadaan berputar dengan kecepatan putar 190 rpm.
4. Panaskan logam babbitt dalam sebuah cawan dengan volume sekitar 150 gr, lakukan penahanan temperatur yang berkisar antara 375°C 400°C.
5. Segera tuangkan logam babbitt ke dalam bantalan melalui saluran masuk.
6. Setelah logam babbitt di dalam bantalan mulai membeku (tidak mencair) lakukan pendinginan pada bantalan yang berputar dengan menggunakan air yang disemprot sampai temperatur bantalan mencapai temperatur sekitar 100°C, bongkar dari cetakan kemudian bersihkan.
7. Untuk hasil proses pelapisan lain baik yang dilapis dengan tembaga dan tanpa dilapis tembaga maupun yang dilapis dengan timah dan tanpa dilapis timah lakukan proses sentrifugal *casting* dengan langkah yang sama dengan variasi putaran mesin sentrifugal 300 rpm dan 460 rpm.



Gambar 14. Skema lokasi titik-titik pemotretan struktur mikro dan pengujian kekerasan.

3. Data dan Pembahasan

3.1 Data komposisi kimia

Tabel 2. Hasil analisa komposisi kimia logam dasar.

No.	Unsur				
	C	Mn	S max	P max	Fe
1	0.12	0.37	0.050	0.040	Sisa
2	0.12	0.37	0.050	0.040	Sisa
Rata-rata	0.12	0.37	0.050	0.040	Sisa
Standar (*)	0.08 - 0.13	0.3 - 0.6	0.050	0.040	Sisa

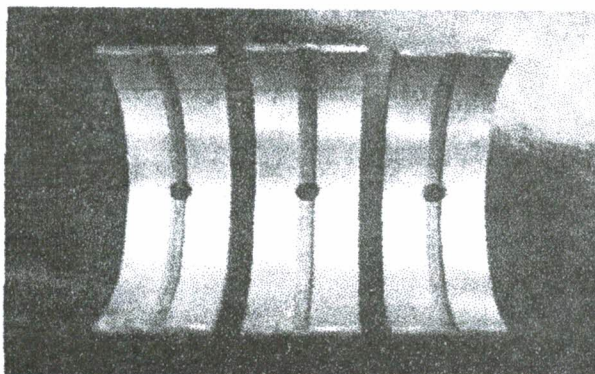
(*) AISI 1010, satuan dalam % berat

Tabel 3. Hasil analisa komposisi kimia logam babbitt dengan metode atomic emission spectrometry.

No.	Unsur				
	Cu	Sn	Sb	As	Pb
Hasil uji	1.243	20.583	15.423	0.16	Sisa
Standar (*)	1 - 2	20 min	15 min	0.15 min	Sisa

(*) ASTM B23 grade 6, satuan dalam % berat

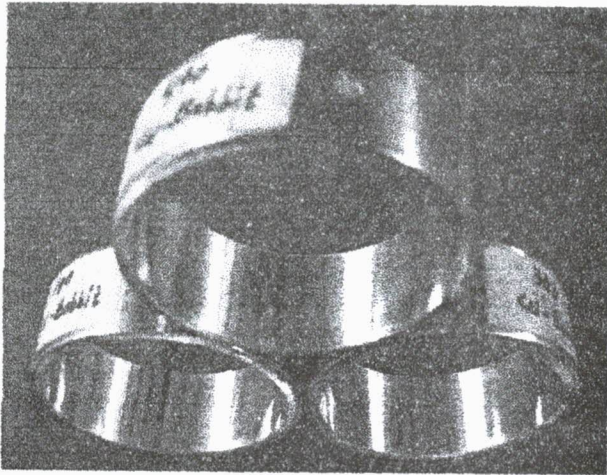
3.2. Data Pemeriksaan Visual



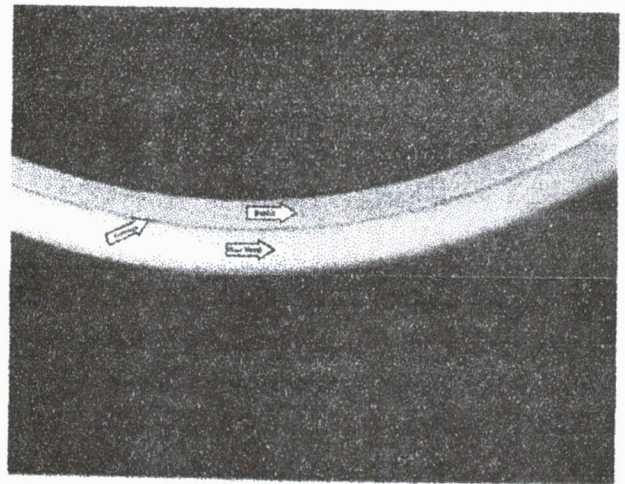
Gambar 5. Contoh foto makro penampang permukaan hasil proses pelapisan tembaga. (0,8X)



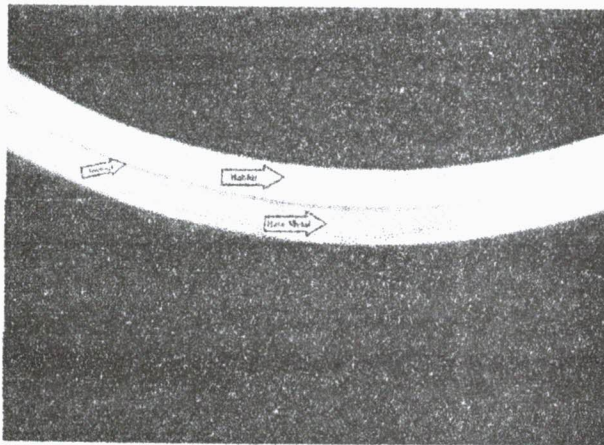
Gambar 6. Contoh foto makro penampang permukaan hasil proses pengecoran sentrifugal (babbitting). (0,8X)



Gambar 7. Contoh foto makro penampang permukaan hasil proses finishing. (0,8X)

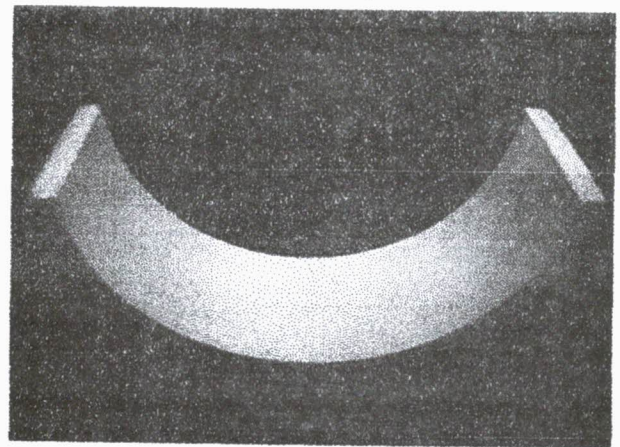


Gambar 10. Foto makro penampang melintang lapisan Cu-Babbitt; n : 460 rpm. (2X)

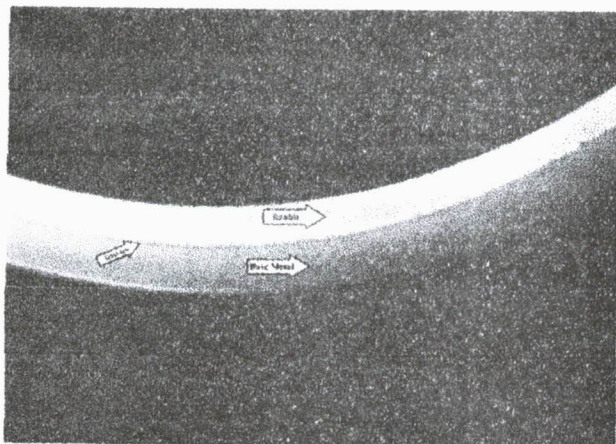


Gambar 8. Foto makro penampang melintang lapisan Cu-Babbitt; n : 190 rpm. (2X)

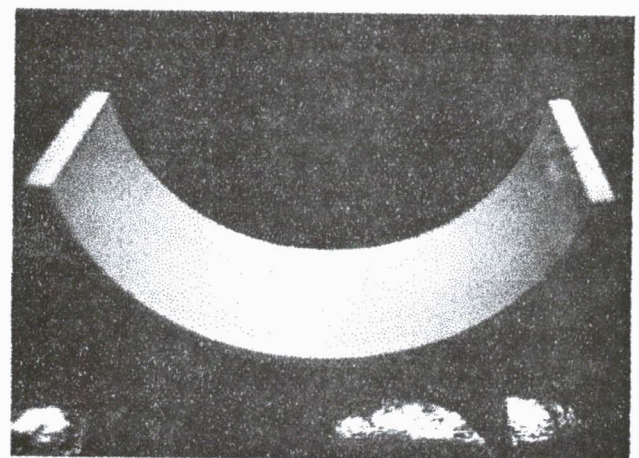
3.3 Data Pemeriksaan Dye Penetrant



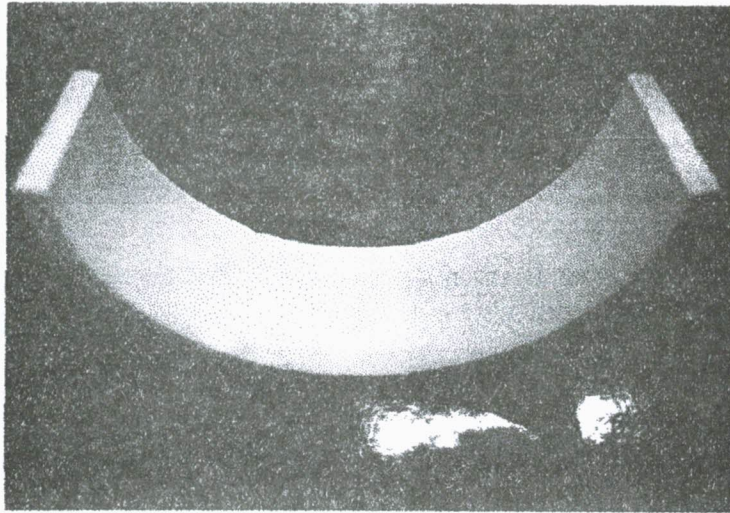
Gambar 11. Foto makro permukaan dan penampang melintang lapisan Cu-Babbitt, n : 190 rpm. (0,8X)



Gambar 9. Foto makro penampang melintang lapisan Cu-Babbitt; n : 300 rpm. (2X)



Gambar 12. Foto makro permukaan dan penampang melintang lapisan Cu-Babbitt, n : 300 rpm. (0,8X)



Gambar 13. Foto makro permukaan dan penampang melintang lapisan Cu-Babbitt, $n : 460$ rpm. (0,8X)

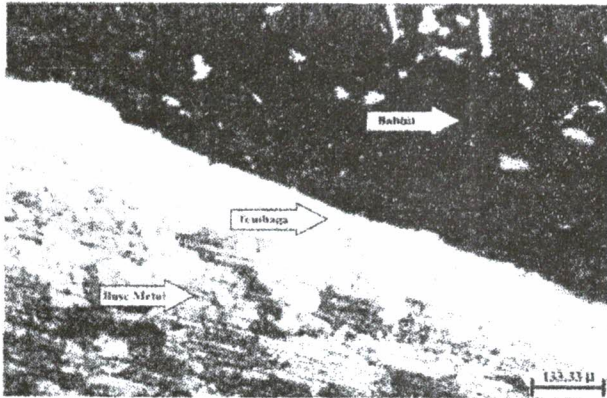
Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan pada setiap daerah lapisan.

Titik Pengujian Lapisan	1	2	3	Rata-rata
	Logam Dasar	210.3	208.5	212.5
Tembaga (Cu)	79.0	77.9	82.1	79.7
Logam Putih (Babbitt)	10.5	23.1	22.5	18.7

Tabel 5. Hasil pengujian kekerasan pada daerah lapisan babbitt

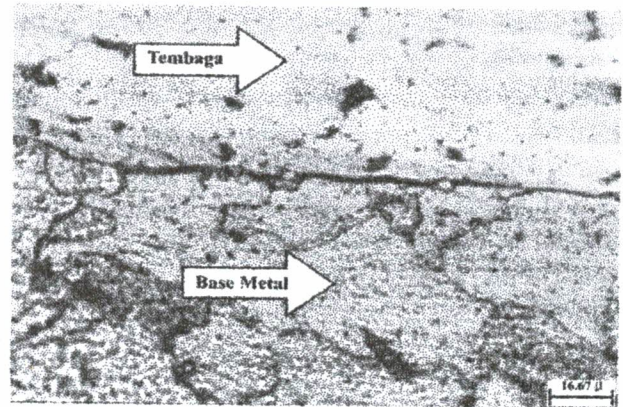
Titik Pengujian	Unsur		
	190 (rpm)	300 (rpm)	460 (rpm)
1	21.3	24.0	24.8
2	22.5	23.5	25.6
3	21.7	22.3	26.1
Rata-rata	21.8	23.3	25.5

3.5. Data Metalografi



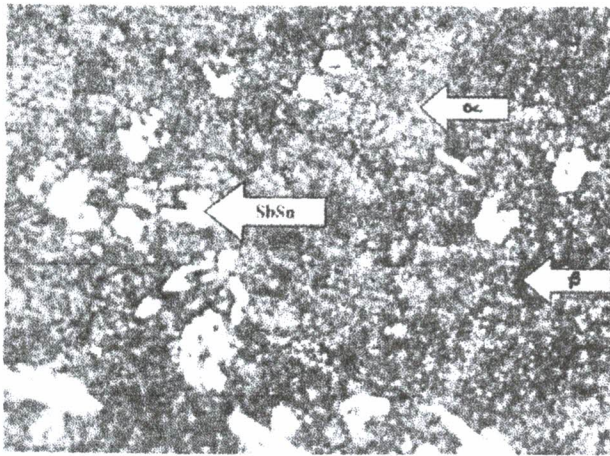
Etsa : nital 5%

Gambar 15. Struktur Mikro lapisan base metal-Cu-babbit; n : 190 rpm.



Etsa : nital 5%

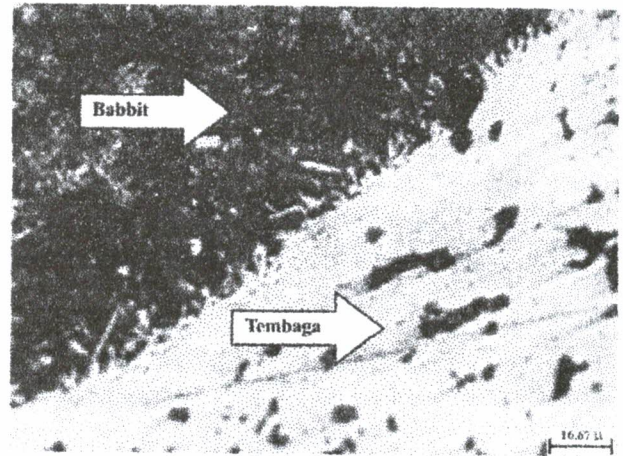
Gambar 18. Struktur Mikro base metal- lapisan Cu; n : 190 rpm



Etsa : nital 5%

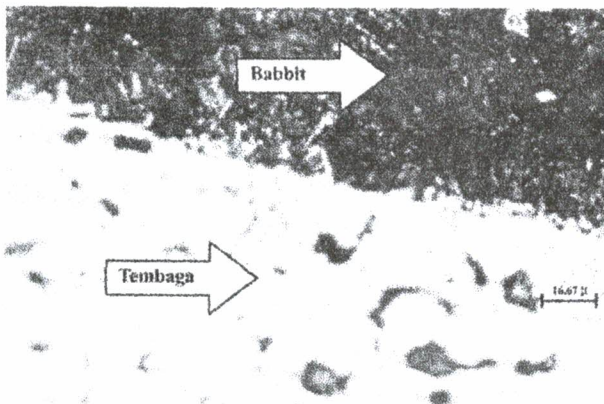
300X

Gambar 16. Struktur Mikro lapisan babbit; n : 190 rpm



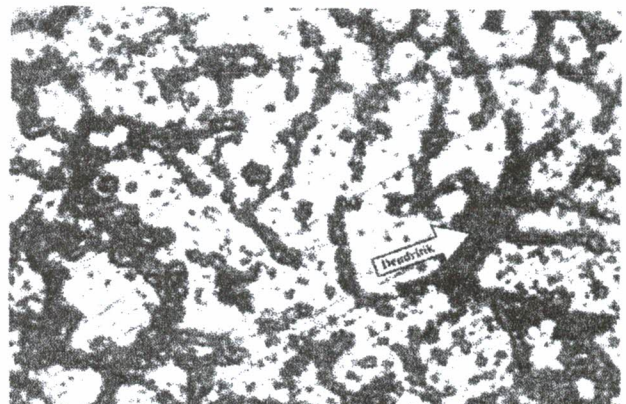
Etsa : nital 5%

Gambar 19. Struktur Mikro lapisan Cu-babbit; n : 300 rpm



Etsa : nital 5%

Gambar 17. Struktur Mikro lapisan Cu-babbit; n : 190 rpm



Etsa : nital 5%

300X

Gambar 20. Struktur Mikro lapisan babbit; n : 300 rpm

3.6. Pembahasan

Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia logam dasar (*tabel 2*), sesuai dengan standar AISI 1010 dan termasuk ke dalam klasifikasi baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0.12%. Dengan demikian sifat mekanik dari material logam dasar sebagai bahan bantalan luncur ini bersifat lunak dan ulet yang memiliki struktur perlit dalam matriks ferit. Selain unsur karbon yang terdapat dalam material logam dasar, juga terdapat unsur-unsur lain seperti Mn, tujuan dari penambahan unsur Mn ini adalah untuk mengikat sulfur agar terhindar dari cacat rapuh panas. Selain unsur Mn juga terdapat unsur Cr, dalam hal ini unsur Cr tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat mekanik material logam dasar karena mempunyai kandungan komposisi yang relatif sedikit yaitu sebesar 0.02%.

Hasil pemeriksaan komposisi kimia yang juga dilakukan terhadap logam babbitt (*tabel 3*), sesuai dengan standar ASTM grade 6 dan diklasifikasikan kedalam paduan dasar timah hitam (*lead base alloy*). Unsur-unsur yang relatif berpengaruh terhadap sifat mekanik dalam komposisi kimia logam babbitt ini seperti Sn yang mempunyai kandungan komposisi kimia yang relatif tinggi sebesar 20.853%, dan unsur Sb dengan kandungan komposisi kimia sebesar 15.423%. Fungsi dari unsur Sb ini adalah membentuk fasa kedua yaitu SbSn (menyerupai bentuk kotak atau kubus), paduan ini diklasifikasikan juga sebagai paduan terner Pb-Sn-SbSn eutektik atau disebut sebagai *pseudo-binary eutektik*

Pemeriksaan visual, dilakukan pada bagian penampang permukaan dan melintang sampel, yang dimulai dari hasil proses pelapisan tembaga (*electroplating*), hasil pengecoran sentrifugal (*babbiting*), dan setelah *finishing*. Dari hasil pelapisan tembaga (Cu) (*gambar 6*) terlihat bahwa permukaan dari hasil pelapisan tembaga menunjukkan warna *orange tua*. Setelah proses pelapisan diatas maka dilakukan proses pengecoran dengan hasil proses pengecoran sentrifugal (*babbiting*) ditunjukkan pada *gambar 7*. Hasil dari proses pengecoran sentrifugal (*babbiting*) ini menunjukkan bahwa struktur bagian penampang permukaan dari logam paduan (*babbit*) relatif halus. Dari proses pengecoran sentrifugal kemudian (*babbiting*) dilanjutkan dengan tahap *finishing* melalui proses pemesinan (*machining*) (*gambar 8*) dengan hasil pengamatan pada bagian penampang

permukaan bantalan lebih mengkilat dan halus. Pemeriksaan visual hasil proses pemesinan juga dilakukan pada bagian penampang melintang dari bantalan (*gambar 9* sampai *gambar 11*). Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa lapisan *interface* pada lapisan logam dasar dengan tembaga maupun Cu-Babbitt relatif lebih baik dan tidak terdapat pemisahan antara lapisan (*interface contamination*).

Berdasarkan hasil pemeriksaan *dye penetrant*, setelah disemprot dengan *developer* (*gambar 12* sampai *gambar 14*), memberikan indikasi bahwa hasil proses pengecoran sentrifugal (*babbiting*) baik yang dilakukan, memiliki tampak visual pada bagian penampang permukaan yang tidak mengandung cacat porositas, atau *blow hole* (rongga yang halus dan bulat/lonjong yang mempunyai diameter lebih besar dari porositas yaitu sekitar 3 mm atau kurang).

Meningkatnya nilai kekerasan dari setiap lapisan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis material dan struktur Kristal, seperti yang terlihat pada *tabel 4*, yang menunjukkan bahwa kekerasan tiap lapisan berbeda-beda. Nilai kekerasan dari logam dasar yaitu sebesar 210.4 HV, logam dasar baja karbon rendah ini mempunyai struktur kristal BCC dan mempunyai titik cair 1536°C. Sedangkan nilai kekerasan dari lapisan tembaga adalah sebesar 79.7 HV dan mempunyai temperatur cair 1083°C. Pada temperatur kamar (25°C) struktur kristal logam ini adalah FCC dan dapat memiliki nilai kekerasan yang berkisar antara 50 HV-100 HV. Untuk logam timah putih, nilai kekerasannya berkisar antara 18 HV-33 HV. Logam ini relatif lunak dan ulet serta mudah dibentuk pada temperatur kamar. Struktur kristal dari logam putih ini adalah FCC dan mempunyai titik cair yang relatif rendah yaitu sebesar 231.9°C, nilai kekerasan logam ini ditunjukkan pada *tabel 4*, dengan nilai kekerasan 18.7 HV.

Selain pengaruh dari beberapa faktor diatas, kekerasan juga dipengaruhi oleh temperatur dan kecepatan proses pengecoran sentrifugal, kecepatan pembekuan, serta ikatan senyawa yang terbentuk. Hal ini berhubungan erat dengan kekerasan pada daerah *interface* dari lapisan tembaga dan lapisan babbitt (*Tabel 5*), yang menunjukkan bahwa kekerasan dari setiap lapisan yang dipengaruhi oleh proses pendinginan, dimana semakin cepat pendinginan maka struktur butir

yang dihasilkan akan semakin halus (*gambar 15, 19 dan 21*) yang diperoleh dari semakin tingginya kecepatan putar proses pengecoran sentrifugal yaitu 190 rpm, 300 rpm, dan 460 rpm. Pada proses pendinginan dari keadaan cair (*liquid*), butir akan mengalami pertumbuhan sampai ukuran relatif besar yang dipengaruhi oleh panas laten, sebagai akibat dari adanya proses pendinginan yang sedang atau cepat, maka butir-butir yang sedang mengalami pertumbuhan akan terhambat dengan adanya panas laten yang hilang. Hubungan antara besar butir dengan kekerasan diungkapkan melalui teori *Hall-Petch*, yang mengungkapkan bahwa semakin besar butir maka nilai kekuatan atau kekerasan semakin menurun. Selain faktor tersebut, nilai kekerasan juga dipengaruhi oleh kerapatan butir yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada nilai kekerasan dari lapisan babbitt pada *tabel 5*, yang menunjukkan bahwa semakin cepat putaran sentrifugal, n dalam proses *babbiting*, maka kekerasan lapisannya semakin meningkat yaitu 21.8 HV, 23.3 HV dan 25.5 HV. Hal ini juga berhubungan dengan kekerasan pada daerah *interface* yang berkaitan erat dengan fenomena pembekuan. Interface merupakan suatu batas daerah lapisan antara yang pada umumnya terdapat ikatan senyawa intermetalik (*intermetallic compound*) (*gambar 17, 19 dan 21*). Unsur Cu merupakan salah unsur yang paling baik dibandingkan dengan unsur lain (Sn dan Sb yang membentuk intermetalik SbSn) (*gambar 15*) karena unsur Cu jika berikatan dengan unsur Sn akan membentuk struktur kristal primer Cu_6Sn_3 yang dapat meningkatkan kekerasan dan sangat baik digunakan untuk aplikasi bantalan luncur. Semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh unsur Cu, Sn, atau Sb selama proses pembekuan, maka semakin banyak unsur-unsur tersebut yang berdifusi dan saling berikatan membentuk senyawa intermetalik dan dapat mengakibatkan peningkatan kekerasan. Dengan kata lain, semakin cepat proses pembekuan dari variasi putaran sentrifugal yang digunakan maka tingkat harga kekerasan yang dihasilkan pada daerah *interface* akan semakin menurun yang disebabkan oleh kurangnya waktu yang dibutuhkan bagi unsur-unsur Cu, Sn, atau Sb untuk terjadinya interdifusi dari dan ke logam paduan babbitt atau Cu.

Dari hasil pemeriksaan struktur mikro, yang dilakukan pada lapisan Cu, *interface*, lapisan Babbitt, dan logam dasar, seperti yang terlihat pada

pada *gambar 15, 17 dan 18*, menunjukkan bahwa struktur logam dasar terdiri dari fasa perlit (warna hitam) dalam matriks ferit (warna putih). Pada daerah *Interface* antara logam dasar dan tembaga tidak terjadi difusi unsur Cu ke logam dasar. Hal ini disebabkan karena proses pelapisan Cu pada logam dasar, dilakukan secara *electroplating* sehingga tidak adanya pemanasan atau pencairan logam dasar dan Cu. Hal sebaliknya terjadi pada lapisan Cu dan lapisan Babbitt, dimana pada *interface*-nya terjadi difusi, baik dari logam babbitt maupun dari logam Cu. Struktur mikro dari lapisan babbitt seperti yang ditunjukkan pada *gambar 16*, mengandung fasa α dalam matriks α serta unsur Sb yang sangat berpengaruh dalam proses pembentukan fasa kedua yaitu senyawa intermetalik SbSn. Struktur yang terbentuk dari logam *babbitt* ini adalah dendritik, ukuran dari struktur dendritik yang terbentuk, sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan. Semakin tinggi kecepatan putar (n) dalam proses pengecoran sentrifugal maka proses pendinginan relatif semakin cepat dan struktur dendritik yang terbentuk akan semakin halus.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses *babbiting* menunjukkan bahwa pada *interface* terjadi interdifusi antara lapisan Cu dan lapisan babbitt yang membentuk senyawa intermetalik Cu_6Sn_3 , yang dapat meningkatkan kekerasan lapisan.
2. Semakin tinggi kecepatan putar pengecoran sentrifugal (*babbiting*) maka proses pembekuan lapisan *babbitt* akan semakin cepat, sehingga waktu yang dibutuhkan bagi unsur Cu, Sn, dan Sb untuk berdifusi akan semakin singkat, dan struktur dendritik yang dihasilkan akan semakin halus.
3. Kecepatan putar yang paling optimum dalam proses *babbiting* ini adalah 190 rpm, dimana kecepatan putar ini akan mempengaruhi kekerasan *interface*.
4. Logam dasar sebagai material bantalan luncur adalah baja karbon rendah AISI 1010 dengan kandungan karbon 0.12%, sedangkan lapisan babbitt sebagai bahan pelapis adalah paduan dasar timah hitam (*lead base alloy*) ASTM B23 grade 6.

4.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses babbling melalui proses pengecoran sentrifugal ini dengan perlakuan awal proses *hot dip tinning* terlebih dahulu dan gabungan antara *elektroplating* tembaga (Cu) dan *Hot dip Tinning* (Sn).

Daftar Pustaka

1. ASM, *Metal Hand Book*. Vol 4. 10th edition. 1991.
2. ASM, 8th Edition "*PROPERTIES AND SELECTION of METALS*", Volume 1, Sleeve Bearing Materials, USA,.
3. DOD-STD-2188, "*BABBITTING AND REBABBITTING BEARING*", USA, Department of Defense, 1985.
4. P.R. Beeley., "*FOUNDRY TECHNOLOGY*", London Butter Worths, 1972.
5. SULARSO, "*DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN*", Depertemen Mesin Institut Teknologi Bandung.

* **Abrianto Akuan ST., MT.** merupakan salah satu staf pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Metalurgi