

# Analisa Sifat Mekanik Bahan Paduan Tembaga-Seng Sebagai Alternatif Pengganti Bantalan Gelinding pada Lori Pengangkut Buah Sawit

Taufikurrahman dan Safei

Jurusan Teknik Mesin-Politeknik Negeri Sriwijaya

Ian Hardianto S.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra Surabaya

E-mail: ian@petra.ac.id

## ABSTRAK

Dalam proses perebusan kelapa sawit, lori pengangkut buah dimasukkan ke dalam sebuah tabung yang suhunya mencapai 400 °C. Setiap lori dilengkapi dengan bantalan gelinding yang berfungsi sebagai roda sehingga mudah dimasukkan dengan cara ditarik di atas rel. Akibat adanya pemanasan, bantalan tersebut mudah pecah dan biasanya umur pakainya hanya sampai 2 minggu saja. Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari bahan dan jenis bantalan pengganti yang memiliki umur pakai lebih panjang. Eksperimen dimulai dengan melakukan survey langsung di pabrik kelapa sawit dan uji komposisi bahan bantalan gelinding. Selanjutnya membuat prototipe bantalan dengan proses cor berdasarkan komposisi hasil uji kimia, memasang sebagai roda lori dan digunakan sebagaimana kondisi operasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Cu, Pb, dan Sn dapat meningkatkan sifat mekanik bahan paduan, perlakuan panas dgn suhu 400°C dengan waktu tunggu 1 jam dan variasi media pendingin dapat meningkatkan kekerasan permukaan material. Paduan tembaga yang dihasilkan memiliki komposisi 76 % Cu, 11,8% Zn, 0.833 Ni, 0.466 Fe, 6.872 Sn dan 5.106 Pb dengan angka kekerasan Brinell 60. Nilai angka keausan 0,000013 gr/min. Setelah dilakukan uji unjuk kerja bantalan luncur yang menggunakan material dapat bertahan selama 4 bulan.

**Kata kunci:** Bantalan gelinding, Paduan tembaga-zeng.

## ABSTRACT

*In the strelizer of crude palm oil processing, carriages is forced into strelizer areas at temperature 400°C. Carriages have ball bearing that can be used as wheel so that easy be forced at the railway. The results of the boiling processing, ball bearings will be deformed dan usually time usage till 2 weeks. Research is searching for material composition and type of bearing that can be replaced with more time usage. Experiment was started by surveying at the crude palm oil company and testing of ball bearing material composition. After that make prototype of ball bearing with casting process through testing of chemical composition, and then it used at the carriages and forced to the process again. The results of the research show us that by increasing composition of Cu, Pb, and Sn can increase mechanical properties of alloy, treatment is done at 400°C for one hour with variety of cold media can increase material surface. Alloy have material composition 76% Cu, 11,8% Zn, 0.833 Ni, 0.466 Fe, 6.872 Sn and 5.106 Pb with hardness testing at Brinell 60. Value of weariness 0,000013 gr/min. After testing of sliding bearing performance by using alloy can achieve time usage for 4 months.*

**Keywords:** Roll bearing, brass-copper allay, hardness.

## PENDAHULUAN

Pengembangan material sebagai komponen alat konstruksi dan pekasas khususnya bantalan diusahakan untuk mencapai sifat-sifat mekanik bahan yang lebih unggul dari sebelumnya, terutama keunggulan dalam hal penerapan diberbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting

dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat-sifat material optimum agar daya tahan dicapai maksimum.

Di Pabrik pengolahan kelapa sawit (*Crude Palm Oil-CPO*) terdapat beberapa proses antara lain proses pemuatan buah sawit ke dalam lori (*Loading Ramp*), proses perebusan (*Strelizer*), proses pelepasan buah dari brondolan (*Tresser*),

proses pengepressan, proses pengolahan inti sawit, proses pengolahan minyak serta proses penyimpanan minyak pada penampung.

Pada proses perebusan lori buah ditarik masuk kedalam tabung perebus yang bermuatan 12-15 lori, kapasitas satu lori 3,5–8 ton yang laju geraknya di atas rel, pada lori buah sawit bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding, bantalan ikut juga mengalami proses perebusan dengan suhu 120 -400°C dan tekanan 2– 2,5 Bar, karena dioperasikan pada tingkat suhu yang berbeda (Panas dan pendinginan yang mendadak suhu 20–400°C) terutama pada saat lori berada di luar rebusan sehingga terjadi perubahan sifat mekanik bahan bantalan, dengan beban kerja yang besar menyebabkan bantalan mudah pecah. Umur rata-rata bantalan ini umumnya hanya bertahan 1-2 minggu berdasarkan hasil survey di pabrik pengolahan kelapa sawit (tabel 1).

**Tabel 1. Umur Operasional Bantalan Gelinding**

	Umur Operasional Bantalan Gelinding (Hari)						Keterangan
	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15 Keatas	
Jumlah bantalan (Buah)	15	24	38	13	11	7	operasional 1 Hari = 10 jam

Akibat dari kondisi operasional ini, maka dicari bahan yang cocok untuk digunakan sebagai bantalan luncur, sebagai bahan alternatif bantalan luncur digunakan bahan paduan Tembaga–seng yang diproduksi dari pabrik (produk standar), namun bahan paduan dan ukuran material ini susah diperoleh, membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkannya dan harganya sangat mahal. Untuk memenuhi kebutuhan material bantalan tersebut dilakukan pengadaan bahan melalui proses pengecoran dengan memanfaatkan industri kecil pengecoran logam.

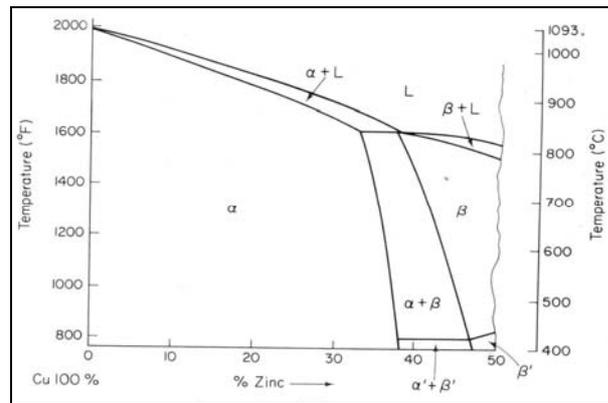
Tujuan penelitian ini adalah mencari bahan atau material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bantalan luncur dan bahan tersebut mudah diperoleh dengan harganya yang murah.

Bahan bantalan yang cocok untuk kondisi temperatur tersebut adalah paduan tembaga-seng. Kuningan (paduan tembaga dengan seng) merupakan paduan antara tembaga dengan seng dengan kadar seng bervariasi antara 10% sampai 40%. Kekuatan, kekerasan dan keuletan paduan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar seng, bila kadar seng lebih dari 40% akan terjadi penurunan kekuatan dan sewaktu dilebur seng akan menguap. Seng membuat tembaga lebih sempurna sehingga akan menjadi lebih keras dan karena itu lebih baik untuk dikerjakan dengan mesin [1]

Paduan seng sampai 39% memberikan hablur campuran lebih kenyal sehingga dalam keadaan dingin dapat dengan sempurna dirobah bentuknya dan tahan korosi tinggi [1]. Paduan Tembaga-seng atau kuningan dapat digunakan untuk alat

penukar panas, suku cadang yang tahan korosi dan kuat serta memiliki keuletan.

Diagram Fasa Cu-Zn terdiri dari enam fasa yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$ , dan  $\eta$ . Dari semua fasa itu yang penting secara industri adalah logam kuningan dengan fasa  $\alpha$ , dan  $\beta$ . fasa  $\alpha$  mempunyai struktur FCC dan  $\beta$  mempunyai struktur BCC ada juga fasa  $\beta'$  dengan kisi super [2]. Dari diagram fasa untuk paduan tembaga seng 70%-30 %, fasa  $\alpha$  merupakan fasa lunak dan mudah dikerjakan, sedangkan paduan tembaga seng 60 – 40, adalah merupakan fasa  $\alpha + \beta$  yang mempunyai kekuatan tinggi dan paduan ini mempunyai kekuatan tarik yang tinggi [2].



**Gambar 1. Diagram Fasa Tembaga-seng (kuningan) [3]**

Paduan tembaga seng yang dicampur unsur ke tiga digunakan untuk memperbaiki sifat ketahanan korosi, ketahanan aus dan sifat mampu mesin. Unsur-unsur yang dipadu terutama Mn, Sn, Fe, Al, Ni dan Pb. Unsur-unsur ini larut padat dalam  $\alpha$  dan  $\beta$ , sehingga tidak membentuk fasa baru hanya mengubah perbandingan antara fasa  $\alpha$  dan  $\beta$  [2].

Dalam memilih bahan untuk bantalan luncur harus memenuhi syarat-syarat antara lain lebih lunak dari bahan poros, keras, kenyal dan mempunyai sifat luncur yang sempurna dan memiliki daya hantar panas yang baik sehingga dapat membuang panas yang terjadi [4].

Sifat khas bahan perlu dikenal secara baik, karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai keperluan dan berbagai keadaan, sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak diantaranya sifat-sifat mekanik dan sifat teknologi, kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atau yang membentuk bahan yaitu unsur dan komposisinya [5].

Kekerasan permukaan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekan, deformasi yang terjadi merupakan kombinasi perilaku elastis dan plastis, akan tetapi kekerasan berkaitan dengan deformasi plastis, korelasi antara nilai kekerasan dan ketahanan terhadap deformasi agak sulit dijabarkan. Deformasi pada indentasi vickers setara dengan regangan tarik sebesar 8%, korelasi

bersifat empiris harus hati-hati karena hubungan yang diturunkan berdasarkan asumsi bahwa bahan adalah seragam dan telah mengalami perlakuan panas [6]. Pengukuran kekerasan dapat dimanfaatkan secara efektif untuk penilaian bahan dan pengendalian mutu. Sifat ketahanan aus suatu material terjadi karena bersinggungan dua komponen permukaan dan bergerak satu terhadap yang lain, secara umum keausan dibagi menjadi keausan abrasi dan keausan adhesi, kedua keausan ini mencakup deformasi elastis dan plastis [6].

Pengecoran logam adalah proses peleburan atau proses pencairan logam kemudian logam cair dituangkan ke dalam cetakan dan logam kemudian dibiarkan dingin membeku. Proses pengecoran meliputi pembuatan cetakan, persiapan, peleburan, penuangan logam cair ke dalam cetakan dan proses lanjutan logam hasil coran. Pada proses pengecoran logam kuningan di industri kecil yang ada masih menggunakan sistem cetakan pasir, dalam peleburan kuningan cor ini umumnya dimanfaatkan dari bahan bekas yang dilebur dengan tanur *krus* atau dengan tanur induksi frekwensi rendah. Temperatur cairan sebaiknya jangan terlalu tinggi jika terlalu tinggi menyebabkan kehilangan kadar seng karena penguapan. Titik cair standar paduan kuningan cor (tabel 2). Tanur *krus* dan tanur nyala api dipergunakan untuk mencairkan paduan aluminium. Untuk mengurangi waktu peleburan dan mengurangi oksidasi logam yang akan dicor sebaiknya dipotong kecil-kecil [7].

Tabel 2. Titik cair standart Kuningan [5]

Komposisi Bahan	Titik Cair (°C)
85% Cu – 15% Zn	1150-1200
70% Cu – 20% Zn	1080-1130
60% Cu – 40% Zn	1030-1080

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung dengan dua tahap yaitu pertama proses pengujian material dan kedua proses pengujian unjuk kerja bantalan, metodologi yang diaplikasikan pada program penelitian ini dimulai dengan survey atau observasi yaitu mengumpulkan data mengenai bantalan (bantalan gelinding) yang dipergunakan di pabrik pengolahan kelapa sawit (tabel 1) dan menganalisa data tersebut dan membandingkan dengan data yang ada di literatur, serta observasi ke industri kecil pengecoran logam.

Setelah dapat data dari hasil observasi, dilakukan pengecoran dan pembuatan specimen uji material yang sesuai dengan standart ASME, sehingga hasil pengujian akan didapatkan data yang akurat. Pengujian dilakukan pada material meliputi uji komposisi yang menggunakan alat Poertaspec X-Ray Spectrograph Model 2501

Pengujian kekuatan tarik bahan menggunakan peralatan uji tarik Model WP 310 Gunt Hamburg, sedangkan pengujian kekerasan permukaan Hardness Test dilakukan dengan menggunakan peralatan uji kekerasan tipe OM150 Albert Gneham. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data mengenai perubahan kekerasan permukaan untuk tiap-tiap bahan uji baik untuk bahan yang mendapat perlakuan panas maupun yang tidak.



Gambar 2. Alat Standard Uji Tarik

Pengujian keausan menggunakan peralatan uji keausan model MD3X dengan media pengosok alumina. Proses perlakuan panas diberikan pada suhu 400°C dengan waktu tunggu 1 jam, kemudian specimen uji dicelupkan pada media yang berbeda (udara, air dan minyak).

Dalam pengujian material ini dilakukan dengan menggunakan 5-10 sampel, sehingga akan mendapatkan tingkat akurasi data yang baik dan dapat dipertanggungjawabkan selain itu pengujian juga dilakukan untuk bahan hasil industri besar dan bahan hasil pengecoran industri kecil (rumah tangga). Data yang diperoleh dianalisa secara komparatif, kemudian data ini dilakukan penambahan komposisi material pada produk industri kecil pengecoran, sehingga produk yang dihasilkan layak untuk dipergunakan sebagai bantalan luncur di pabrik kelapa sawit. Setelah material bantalan didapat dilakukan pembuatan prototype bantalan luncur, prototype bantalan luncur ini diuji unjuk kerjanya dengan jalan memasangkan ke lori yang akan dioperasikan pada pabrik kelapa sawit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Komposisi dan Struktur Bahan.

Komposisi material sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis dan sifat fisis suatu material, proses pengujian komposisi terhadap material uji dalam penelitian ini dilakukan terhadap paduan tembaga seng produk pengecoran industri kecil,

material yang dihasilkan berasal dari bahan-bahan bekas yang didaur ulang dan sisa pembubutan paduan tembaga-seng, berdasarkan komposisi produk ini hanya mengandung 4 unsur kimia yaitu Ni, Fe, Cu, dan Zn seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Sebagai bahan acuan komposisi yang digunakan bahan pembanding yaitu material yang diproduksi oleh industri besar. Material ini diperlakukan sama dan dilakukan proses pengujian komposisi pada bahan tersebut (produk pabrik), setelah dilakukan pengujian komposisi bahan, terdapat perbedaan yang cukup signifikan dimana komposisi produk industri besar (material yang ada di pasaran) terkandung 6 unsur (tabel 4) dalam komposisi bahan sedangkan pada produk komposisi produk industri kecil hanya terdapat 4 komposisi bahan.

Dengan membandingkan hasil pengujian komposisi paduan produk industri kecil dengan produk pabrik, maka dapat direncanakan komposisi bahan produk industri kecil yang komposisi mendekati produk yang dihasilkan oleh pabrik (paduan yang ada di pasaran). Komposisi paduan yang akan direncanakan diharapkan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari produk sebelumnya untuk menghasilkan produk tersebut perlu dilakukan penambahan unsur Cu, Sn dan Pb. Penambahan unsur ini berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik bahan. Penambahan unsur Pb akan larut padat dalam kuningan hanya sampai 3% berat dan

kelebihannya akan mengendap dalam batas butir, di dalam batas butir unsur ini terdispersikan secara halus, sifat unsur ini memperbaiki sifat mampu mesin dan membuat permukaan halus. Sedangkan Sn memperbaiki sifat ketahanan terhadap korosi, unsur Cu dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan kekuatan tarik. Penambahan ini diharapkan dapat menurunkan kadar Zn. Komposisi paduan Tembaga-seng yang dihasilkan berkisar antara 90%-10%. Unsur lain diharapkan dapat membuat paduan lebih liat, kuat dan memiliki kekerasan yang lebih baik. Dari hasil pengecoran setelah dilakukan penambahan unsur akan didapat komposisi unsur seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Komposisi material produk industri kecil yang telah ditambahkan unsur Pb, Sn dan Cu, komposisinya mendekati komposisi material yang dihasilkan oleh industri besar (pabrik), untuk lebih mengoptimalkan komposisi pengecoran industri kecil hendaknya pengecoran dengan peralatan sederhana dilengkapi dengan instrument pengendali suhu (kontrol panas) dan teknik pencampuran unsur paduan manual hendaknya dilakukan dengan mempertimbangkan faktor penguapan unsur sehingga pencampuran unsur dapat menghasilkan material yang baik, selain itu perlu dilakukan perbaikan teknik pengecoran.

**Tabel 3. Komposisi Hasil Coran Industri Kecil**

UNSUR	SAMPEL (dlm % Berat)										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ni	1.03	1.42	1.05	1.33	1.09	1.20	1.38	1.76	1.08	1.04	1.344
Fe	0.77	1.06	0.77	1.01	0.87	0.67	0.79	0.82	0.83	0.91	0.864
Cu	64.47	61.87	64.66	62.66	65.79	60.09	61.65	62.43	65.72	64.67	62.701
Zn	33.73	35.4	33.52	34.65	33.4	36.1	35.2	24.31	32.73	32.07	34.611

**Tabel 4. Komposisi Paduan Produk Pabrik**

UNSUR	SAMPEL (dlm % Berat)										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ni	0.71	0.78	0.7	0.74	0.71	0.72	0.77	0.7	0.76	0.71	0.73
Fe	0.29	0.28	0.27	0.28	0.29	0.27	0.26	0.28	0.27	0.29	0.278
Cu	84.76	84.61	84.76	84.3	84.8	84.6	84.34	84.62	84.78	84.75	84.632
Sn	4.2	4.32	4.19	4.33	4.2	4.35	4.3	4.23	4.4	4.2	4.272
Zn	7.8	7.5	7.3	7.9	7.56	7.62	7.4	7.65	7.7	7.4	7.583
Pb	2.3	2.5	2.45	2.6	2.2	2.4	2.5	2.3	2.5	2.3	2.405

**Tabel 5. Komposisi Bahan Hasil Industri Kecil yang ditambah unsur**

UNSUR	SAMPEL (dlm % Berat)										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ni	0.85	0.88	0.7	0.95	0.83	0.72	0.93	0.9	0.86	0.71	0.833
Fe	0.45	0.6	0.47	0.45	0.36	0.27	0.4	0.54	0.33	0.29	0.416
Cu	74.76	76.61	79.76	84.3	79.8	74.6	70.34	70.62	80.78	76.75	76.832
Sn	7.2	6.32	8.19	6.33	7.2	6.35	7.3	8.23	6.4	5.2	6.872
Zn	11.7	12.4	9.6	10.8	8.93	7.62	13.2	17.2	10.8	15.3	11.755
Pb	3.3	4.5	6.45	3.6	5.2	4.4	6.5	5.3	5.5	6.3	5.105

**Pengujian Kekuatan Tarik**

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui deformasi plastis yang terjadi pada *spacemnt*, pada logam-logam coran tidak terdapat pengecilan penampang setempat sampai bahan logam tersebut patah hal ini disebabkan karena struktur butiran benda cor lebih kasar dibandingkan dengan pembentukan material dengan proses lain [8], hal ini terlihat pada tabel 6, sifat mekanik logam yang demikian menunjukkan bahwa logam hasil coran tersebut tidak dapat dibentuk atau dideformasi plastis.

**Tabel 6. Hasil Uji Tarik Kuningan Industri Kecil**

Specimen	A					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	3.75	3.55	4.17	3.41	4.2	3.82

Pada material produk pabrik (material yang ada dipasaran) memiliki tingkat keuletan yang tinggi, kekuatan tarik bahan lebih tinggi, tingginya kekuatan tarik rata-rata seperti ditunjukkan oleh tabel 7 menunjukkan sifat deformasi plastis bahan sangat baik, hal ini disebabkan oleh proses pembentukan bahan dan teknik pengecoran bahan sangat baik, seperti proses panas atau proses dingin, selain teknik pencetakan bahan yang menggunakan sistim tekan (*pressure die casting*).

**Tabel 7. Hasil Uji Tarik Kuningan Produk Pabrik**

Specimen	B					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	18.2	17.9	18.58	18.92	18.05	18.33

Sedangkan hasil pengujian tarik paduan yang telah ditambahkan unsur Cu, Pb dan Sn, mengalami sedikit kenaikan kekuatannya jika dibandingkan dengan material sebelum ditambahkan unsur. Penambahan unsur dapat menaikkan kekuatan tarik bahan walaupun kenaikannya kecil, hal ini disebabkan karena pada material cor butiran yang terbentuk lebih kasar jika dibandingkan dengan logam hasil proses lain, besarnya butiran mempengaruhi ikatan antar atom, besarnya butiran ini berpengaruh pada material, pada material coran jika diberi beban tarik tidak mengalami deformasi plastis [8]. Jika dibandingkan dengan material produk pabrik (tabel 7) nilainya belum maksimal ini, tetapi sudah mendekati kekuatan rata-rata. Faktor yang menyebabkan kenaikan cukup kecil karena proses pengecoran yang menyebabkan butiran kasar, sistim pencetakan dan kemungkinan adanya cacat di dalam benda cor tersebut.

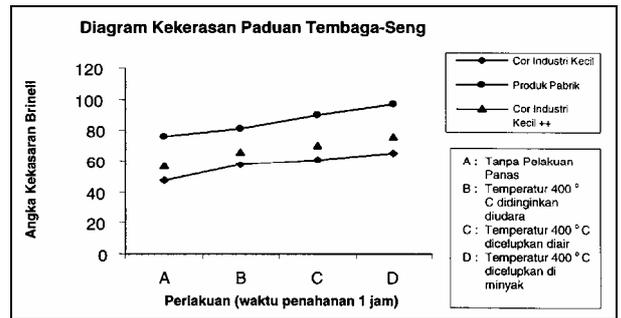
**Tabel 8. Uji Tarik Kuningan Industri Kecil Setelah ditambah Unsur**

Specimen	C					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	4.4	4.09	4.17	4.9	5.01	4.51

**Pengujian Kekerasan Permukaan.**

Dari hasil uji kekerasan pada paduan hasil pengecoran Industri kecil yang telah ditambah unsur terjadi kenaikan angka kekerasan jika dibandingkan dengan hasil pengecoran industri kecil. Kenaikan ini cukup signifikan sehingga kekerasan permukaan material yang telah ditambah unsur mendekati nilai kekerasan permukaan material produk industri. Kenaikan ini kurang maksimal hal ini disebabkan karena adanya porositas pada saat pengecoran, teknik pengecoran dan pembentukan material (pencetakan), sistim cetak yang menggunakan cetak pasir dengan mengandalkan gaya gravitasi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat mekanik bahan.

Untuk paduan yang mengalami perlakuan panas terlihat angka kekerasan yang meningkat, angka kekerasan ini juga dipengaruhi oleh media pendingin.



**Gambar 3. Grafik Angka Kekerasan Material**

Proses perlakuan panas paduan dengan suhu 400° C dan media pendinginan yang beragam juga akan mempengaruhi tingkat kekerasan paduan. Proses perlakuan panas menyebabkan tingkat kekerasan material lebih merata hal ini disebabkan karena konsentrasi unsur pada produk awal seragam di setiap tempat. Kondisi penyebaran unsur Zn, Pb dan Sn lebih merata pada paduan yang diberikan proses perlakuan panas dengan media pendingin Oli (minyak)

Untuk lebih meningkatkan tingkat keseragaman penyebaran unsur Pb, Sn dan Zn pada hasil produk industri kecil, harus dilakukan perbaikan kelemahan yang terjadi pada saat pengecoran, seperti teknik penuangan, kontrol suhu dan proses pencetakan, sehingga dihasilkan material yang lebih baik, kekerasan permukaan meningkat jika dibandingkan dengan produk semula.

Secara umum efek perlakuan panas terhadap paduan tembaga–seng bila dipanaskan cukup lama, suhu 400° C Zn, Pb dan Cu mulai melarut. Jika paduan ini didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan ke dalam air atau minyak, atom Zn, Sn dan Pb tidak akan mengalami pengaturan kembali. Zn, Pb dan Sn akan membentuk larutan padat. Selain itu akibat pendinginan yang mendadak ini atom Zn, Pb dan Sn akan berdifusi dan mengelompok, kelompok atom Zn, Pb dan Sn mengakibatkan pergerakan dislokasi sehingga terjadinya peningkatan kekerasan dan kekuatan material.

**Pengujian Keausan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai keausan yang terjadi pada material, uji keausan yang dilakukan terhadap dua material yaitu produk pabrik (material yang dijual dipasaran) dan material hasil pengecoran industri kecil yang sudah ditambahkan unsur paduan. Alat yang digunakan untuk menguji keausan ini MD3X dengan bahan pengosok alumina, dari hasil pengujian didapat angka keausan seperti pada tabel 9 dan tabel 10.

Dari hasil pengujian keausan hasil produk industri kecil yang telah ditambahkan unsur Pb, Sn dan Cu nilai harga keausan material tidak terlalu jauh yaitu selisih 0.00005 gr/min sehingga dari hasil uji keausan material tersebut layak untuk digunakan.

**Uji Kinerja Bantalan Luncur yang Didesain**

Dari hasil berbagai pengujian yang dilakukan didapat material dengan komposisi dan proses

perlakuan panas dengan suhu ideal untuk material paduan tembaga-seng sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanis bahan sehingga dilakukan proses pembuatan 100 buah prototipe bantalan luncur dan akan dilakukan proses pengujian. Proses pengujian dilakukan dengan jalan menggunakan (memasang) bahan atau material bantalan ini pada lori buah sawit pada pabrik kelapa sawit, dari hasil pengujian didapat data unjuk kerja bantalan seperti pada tabel 11.

**Tabel 11. Umur Operasional Bantalan Luncur yang di Desain**

	Umur Operasional Bantalan Gelinding (Bulan)				Keterangan
	1	2	3	4	
	Jumlah bantalan (Buah)	9	19	43	

Dari Hasil uji unjuk kerja desain bantalan luncur hasil pengecoran industri kecil layak untuk dipergunakan jika dibandingkan dengan produk yang diproduksi oleh industri besar bantalan yang digunakan 80% umur operasional di atas 3 bulan. Umur bantalan yang dipergunakan kurang dari 1-2 bulan disebabkan karena proses pengecoran yang kurang baik, terutama pada saat penuangan dan cetakan yang dipergunakan berupa cetakan pasir.

**Keuntungan Ekonomis**

Ditinjau dari faktor ekonomisnya, material produk industri kecil paduan tembaga-seng pengecoran harga jual lebih murah yaitu sebesar Rp. 25.000 kg/kilogram sedangkan harga paduan

**Tabel 9. Pengujian Keausan Material Produk Pabrik**

No.	Bahan	Beban (gram)	Waktu (menit)	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Pengujian (gram)	Selisih Berat (gram)	Keausan (gr/Min)
1	Paduan Tembaga seng	100	10	42.2926	42.2911	0.0015	0.00015
2				42.2911	42.2908	0.0003	0.00003
3				42.2908	42.2903	0.0005	0.00005
4				42.2903	42.2898	0.0005	0.00005
5				42.2898	42.2886	0.0012	0.00012
<b>Rata-rata</b>						<b>0.0008</b>	<b>0.00008</b>

**Tabel 10. Pengujian Keausan Material Produk Industri Kecil yang Telah Ditambah Unsur**

No.	Bahan	Beban (gram)	Waktu (menit)	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Pengujian (gram)	Selisih Berat (gram)	Keausan (gr/Min)
1	Paduan Tembaga Seng	100	10	49.2736	49.2711	0.0025	0.00025
2				49.2711	49.2702	0.0009	0.00009
3				49.2702	49.2694	0.0008	0.00008
4				49.2694	49.2678	0.0016	0.00016
5				49.2678	49.2671	0.0007	0.00007
<b>Rata-rata</b>						<b>0.0013</b>	<b>0.00013</b>

tembaga-seng yang ada dipasaran Rp 40.000/ kilogram, keunggulan lain dari produk hasil pengecoran industri kecil adalah ukuran material tergantung dari pemesanan sedangkan ukuran produk yang ada di pasaran sudah standar.

Selain itu penggunaan bantalan gelinding memiliki keuntungan ekonomis lebih baik dibanding bantalan luncur dimana harga per buah untuk ukuran diameter dalam 100 mm adalah Rp.350.000,- sedangkan untuk ukuran bahan bantalan gelinding yang tahan panas harganya di atas Rp. 350.000,-.

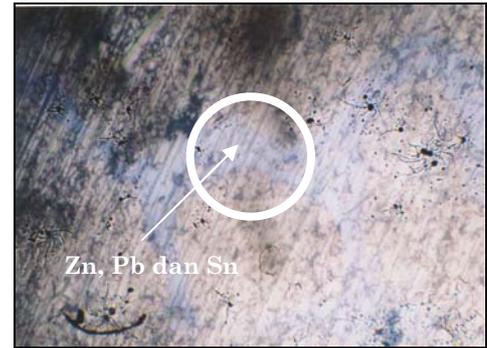
### KESIMPULAN

Penambahan Komposisi Cu, Pb dan Sn dapat meningkatkan sifat mekanik bahan yang meliputi kekuatan tarik dan kekerasan permukaan (sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekerasan permukaan sifat ini dapat terlihat dari hasil pengujian jika dibandingkan dengan produk industri kecil yang tidak ditambah unsur tersebut tetapi jika dibandingkan dengan produk pabrik memang masih di bawah hal ini karena proses pengecoran yang berbeda. di industri kecil mengandalkan gaya gravitasi dan cetakan yang digunakan merupakan cetakan pasir sehingga kemungkinan porositas sangat besar sedangkan pada produk pabrik proses pembentukan umumnya dengan teknik tekan dan sistem pembentukan dingin dan panas oleh karena itu produk yang dihasilkan lebih padat dan hampir tidak ada porositas). Perlakuan panas yang diberikan pada temperatur 400°C, media pendingin yang berbeda dan waktu tunggu 1 jam cukup menyeragamkan komposisi paduan sehingga dapat meningkatkan angka kekerasan material.

Material yang dihasilkan oleh industri kecil pengecoran komposisi memiliki komposisi 76 % Cu dan 11. 8 % Zn sisanya 12,2 % (Ni, Fe, Sn dan Pb) dengan angka kekerasan Brinell 60. Nilai angka keausan 0.000013 gr/min. dan pada uji unjuk kerja 62 % bantalan luncur berumur lebih dari 3 bulan sehingga dari uji unjuk kerja bantalan ini layak untuk dipergunakan.

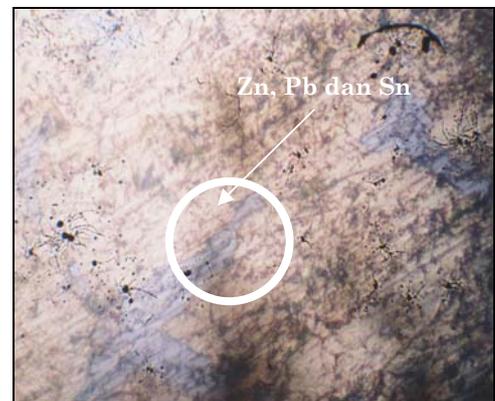
#### Foto Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengamatan struktur mikro logam hasil industri kecil yang telah ditambah unsur Pb, Sn dan Cu. (Gambar 4) Pada paduan yang tidak mendapatkan perlakuan panas terlihat adanya konsentrasi bahan Zn yang tidak tersebar merata, sehingga pada saat dilakukan pengujian kekerasan akan dihasilkan angka kekerasan yang beragam.



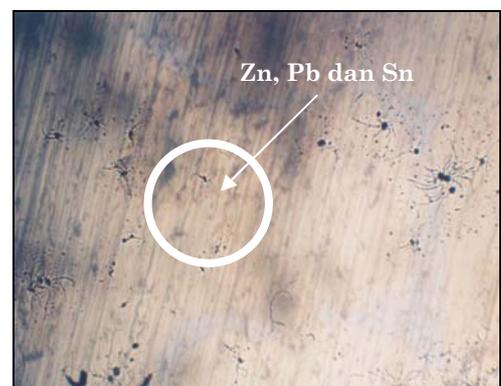
**Gambar 4. Struktur Mikro Paduan Tembaga Seng yang tidak Mengalami Proses Perlakuan Panas**

Proses perlakuan panas paduan yang dihasilkan oleh industri kecil dengan media pendinginan udara terlihat unsur Zn, Pb, Sn sudah mulai tersebar merata penyebarannya.



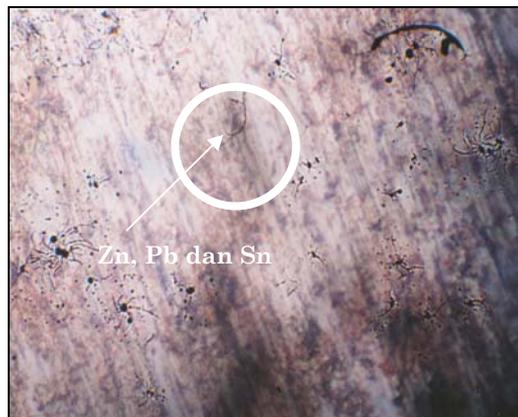
**Gambar 5. Struktur Mikro Paduan Tembaga Seng yang Mengalami Proses Perlakuan Panas dengan Media Pendingin Udara**

Sedangkan pada paduan yang diberikan perlakuan panas dengan media pendingin air penyebaran unsur Zn, Pb dan Sn lebih baik jika dibandingkan dengan pendingin udara.



**Gambar 6. Struktur Mikro Paduan Tembaga Seng yang Mengalami Proses Perlakuan Panas dengan Media Pendingin Air**

Kondisi penyebaran unsur Zn, Pb dan Sn lebih merata pada paduan yang diberikan proses perlakuan panas dengan media pendingin Oli (minyak)



**Gambar 7. Struktur Mikro Paduan Tembaga Seng yang Mengalami Proses Perlakuan Panas dengan Media Pendinginan Minyak**

**Catatan:**

Prosesnya dilakukan etsa dengan mencampur etsa HNO<sub>3</sub> dan HCl serta Air, yang terlihat adalah pengelompokan unsur Cu, Zn, Pb dan Sn yang tidak merata, material yang diberi proses panas akan menyebabkan unsur tersebut bergerak bebas jika mengalami pendinginan secara mendadak unsur tersebut tidak kembali ke posisi semula melainkan tersebar sehingga dari foto terlihat lebih merata, perbesaran yang ada sebesar 200 kali

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Lawrence H. Van Vlack, *Ilmu dan Teknologi Bahan (Logam dan Bukan Logam)*, PT. Erlangga Jakarta. 1992.
2. Tata Surdia, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita Jakarta. 2000.
3. Herman W Pollack, *Metallurgy*, Restan Publishing Company, Inc. Aprectic Hall Company, restan Virginia. 1981.
4. Gustav Nieman, *Elemen Mesin*, Erlangga, Jakarta, 1990.
5. Geoge E Ditter, *Metallurgi Mekanik*, PT. Erlangga Jakarta. 1992.
6. Alexander O.W, *Dasar Metallurgy Untuk Reka-yasawan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1990.
7. Tata Surdia, *Teknik Pengecoran Logam*, Pradnya Paramita Jakarta. 1990.
8. Daniel A. Brandt, *Metallurgy Fundamentals*, The Goodheart-Willcox Company inc publisher, South Holland Illinois, USA. 1992.