

Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Paduan Perunggu Aluminium Dengan Penambahan Fe

Deswan dan R.H. Rusli

- 1) Program Studi Materials Science, Program Pascasarjana Universitas Indonesia
- 2) Research Center For Materials Science and Engineering (RCMS) Program Pascasarjana Universitas Indonesia

Deswan dan Ronnie H.Rusli., Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Paduan Perunggu Aluminium Dengan Penambahan Fe. Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material. Desember 1999;1(3):33-45

Abstrak

Perunggu Aluminium merupakan paduan tembaga yang banyak digunakan dalam bidang industri, karena mempunyai sifat mekanik yang baik. Perunggu aluminium merupakan paduan dengan unsur utama Cu dan Al dan penambahan unsur lain yaitu besi (Fe). Penambahan unsur ini dimaksudkan untuk meningkatkan sifat mekanik yang dibutuhkan. Selain itu sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas. Paduan perunggu aluminium pada penelitian ini mempunyai komposisi 85% Cu, 9% Al dan 2% Ni dengan penambahan Fe sebesar 2%, 4% dan 6%. Paduan tersebut mendapat perlakuan panas kondisi celup (oli dan air) dan proses tempering pada temperatur 200 C, 400 C dan 600 C. Kemudian dilakukan pengujian sifat mekanik dan pengamatan struktur mikro paduan hasil tuang. Dari hasil pengujian yang dilakukan diketahui bahwa pada kondisi as cast menunjukkan nilai kekuatan tarik dan kekerasan tertinggi dibandingkan pada kondisi lainnya seperti proses celup temper, sedangkan nilai regangan dan kekuatan impak rendah. Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini antara lain pada daerah plastis, peningkatan dan penurunan nilai dari tegangan tarik dan regangan tidak sama pada kondisi perlakuan panas yang sama. Semakin tinggi temperatur temper akan terjadi peningkatan kekuatan tarik dan peningkatan keuletan (regangan), sedangkan ketangguhan (kekuatan impak) mengalami penurunan.

Abstract

Aluminium bronze is an alloy of copper with wide industrial application, due to good mechanical properties. Bronze aluminium is an alloy made of Cu, Al and other element such as iron. Addition of element such as Fe is aimed to improve its mechanical properties, although mechanical properties can be improved by heat treatment. Aluminium bronze in this investigation have a composition of 85% Cu, 9% Al and 2% Ni by weight with additional of iron in the range of 2%, 4% and 6% by weight respectively. This material was subsequently heat-treated and quenches in water and oil following by tempering at 200 C, 400 C and 600 C respectively. Thereafter were tested mechanically, and its microstructures were studied. The cast material shows high hardness and high tensile strength than that of the treated material. Nonetheless its impact strength and strain is the lowest. It is observed an in this investigation that the higher the tempering temperature the higher the tensile strength as well as its toughness, however its impact strength is decreasing.

Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan bahan logam tidak lagi berupa material unsur murni, tetapi merupakan material paduan (Alloys). Seperti paduan ferrous, juga paduan non ferrous misalnya paduan aluminium, paduan tembaga dan lain-lain. Salah satu paduan non ferrous yang paling sering digunakan adalah paduan tembaga. Hal ini disebabkan paduan tembaga mempunyai banyak kelebihan misalnya penghantar panas yang baik, tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk. Ragam dan jenis paduan tembaga juga bermacam-macam tergantung unsur yang dipadukan. Adapun jenis paduan tembaga yang sering dijumpai adalah perunggu, kuningan, tembaga nikel dan lain-lain¹.

Paduan tembaga yang cukup terkenal dan banyak digunakan adalah Perunggu Aluminium. Perunggu Aluminium digunakan, mulai dari teknologi yang sederhana sampai pada teknologi canggih seperti pegas, bantalan, roda gigi, propeler, komponen-komponen pompa, kompresor, komponen dari bermacam turbin, serta perabot rumah tangga dan perhiasan².

Komposisi Perunggu Aluminium Kompleks terdiri dari Tembaga (Cu) sebagai logam utama, Aluminium (Al), besi (Fe) dan Nikel (Ni) serta unsur-unsur lain dalam skala kecil. Dengan proses perlakuan panas diharapkan dapat dihasilkan Perunggu Aluminium yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan daya gunanya¹.

Permasalahan yang timbul disini adalah sejauh mana perubahan sifat-sifat mekanik serta struktur mikro dari paduan bila diberikan perlakuan panas lanjut hardening dan tempering terhadap perubahan sifat-sifat mekanik dan struktur mikro paduan yang tidak mendapat perlakuan panas lanjut (as cast).

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan unsur Fe sebesar 2

%, 4% dan 6% (dalam prosentase berat) pada paduan perunggu aluminium komposisi 85% Cu, 9% Al, 2% Ni. Paduan ini mendapat perlakuan panas kondisi celup (oli dan air).

Dari hasil penelitian ini diharapkan mendapatkan informasi komposisi paduan dari sampel yang mempunyai sifat mekanik terbaik, sehingga dapat ditingkatkan proses dan aplikasi yang tepat untuk mencapai mutu optimal produk yang akan dibuat dari paduan-paduan ini karena memahami dan dapat mengantisipasi kelainan-kelainan atau kegagalan yang mungkin terjadi.

Bahan dan Cara Kerja

Proses pengujian dari percobaan dilakukan untuk setiap sampel terhadap sifat-sifat mekanik dan sifat-sifat fisik terhadap pengaruh penambahan Fe pada paduan perunggu aluminium yang mendapat perlakuan panas, kondisi celup (oli dan air) dan untuk setiap sampel dikenakan perlakuan yang sama. Adapun komposisi setiap sampel dapat dilihat pada data hasil uji komposisi.

Semua sampel benda uji dibuat melalui proses tuangan yang dilepas dari cetakan pasir dan kemudian dilakukan pemotongan benda tuang untuk mendapatkan benda uji dan sampel pengamatan struktur mikro, sedangkan untuk benda uji tarik dan uji impak perlu melalui proses pemesinan.

Adapun pada proses tempering dilakukan pada suhu 200 C, 400 C dan 600 C dengan waktu penahanan selama 30 menit. Untuk sifat-sifat mekanik diuji dengan pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian impak, sedangkan untuk mengetahui fasa-fasa atau struktur mikro dilakukan pengujian dengan uji metalografi.

Hasil percobaan dapat dilihat pada data hasil pengujian yang berbentuk Tabel dan photo hasil uji metalografi

(pada lampiran). Pada data-data tersebut terlihat komposisi dari setiap sampel serta data hasil uji mekanik, sedangkan pada

photo hasil uji metalografi dapat dilihat phasa-phasis yang ada pada setiap kondisi pengujian.

Hasil Penelitian

1. Data hasil uji komposisi Kimia

Tabel 1.1. Komposisi kimia paduan Cu-Al-Ni-Fe dalam % berat

PADUAN PERUNGGU ALUMINIUM	Cu (%)	Al (%)	Fe (%)	Ni (%)
Komposisi sampel A	85,92	9,98	2,06	2,04
Komposisi sampel B	83,98	10,02	4,04	1,96
Komposisi sampel C	82,04	9,92	5,98	2,06

2. Data hasil uji tarik

Pengujian tarik dilakukan pada mesin universal instrument Lloyd. Menggunakan Standart JIS 2202. Hasil ini terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Data kekuatan Tarik Paduan Perunggu Aluminium di celup oli

PROSES	Sampel A UTS (N/mm²)	Sampel B UTS (N/mm²)	Sampel C UTS (N/mm²)
Quench	455,6	493,90	275,5
Temper 200 ^o C	478,6	464,25	207,25
Temper 400 ^o C	425,55	446,35	309,05
Temper 600 ^o C	525,95	333,40	327,3

Tabel 2.2. Data kekuatan Tarik Paduan Perunggu Aluminium di celup air

PROSES	Sampel A UTS (N/mm²)	Sampel B UTS (N/mm²)	Sampel C UTS (N/mm²)
Quench	472,85	422,25	343,45
Temper 200 ^o C	503,2	436,65	161,55
Temper 400 ^o C	461,55	405,30	307,65
Temper 600 ^o C	478,95	272,80	276,35

Tabel 2.3. Data kekuatan tarik As cast paduan perunggu alumunium

PROSES	Sampel A UTS (N/mm ²)	Sampel B UTS (N/mm ²)	Sampel C UTS (N/mm ²)
As Cast	405,65	521,85	279,85

Tabel 2.4. Data regangan tarik As cast paduan perunggu alumunium

PROSES	Sampel A Reg. Rata-rata(%)	Sampel B Reg Rata-rata(%)	Sampel C Reg. Rata-rata(%)
As Cast	23,74	25,02	10,9

Tabel 2.5. Data regangan tarik paduan perunggu alumunium dicelup oli

PROSES	Sampel A Reg. Rata-rata (%)	Sampel B Reg. Rata-rata (%)	Sampel C Reg. Rata-rata (%)
Quench	19,78	41,89	10,67
Temper 200 ^o C	16,42	39,94	9,43
Temper 400 ^o C	14,51	32,39	16,43
Temper 600 ^o C	13,13	23,38	16,64

Tabel 2.6. Data regangan tarik paduan perunggu alumunium dicelup air

PROSES	Sampel A Reg. Rata-rata (%)	Sampel B Reg. Rata-rata (%)	Sampel C Reg. Rata-rata (%)
Quench	14,9	46,86	31,07
Temper 200 ^o C	12,39	51,49	6,83
Temper 400 ^o C	11,03	44,84	17,82
Temper 600 ^o C	10,7	15,57	13,95

3. Data Pengujian Impact

Pengujian impact ini menggunakan metode charpy sesuai dengan standart JIS 2202, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketangguhan paduan

perunggu alumunium terhadap pembelaan kejut. Data hasil pengujian impact dapat kita lihat pada tabel dibawah ini .

Tabel 3.1. Data kekuatan impact As cast paduan perunggu alumunium

PROSES	Sampel A HI (J/mm ²)	Sampel B HI (J/mm ²)	Sampel C HI (J/mm ²)
As Cast	0,23	0,28	0,216

Tabel 3.2. Data kekuatan impact paduan perunggu alumunium dicelup oli

PROSES	Sampel A HI (J/mm ²)	Sampel B HI (J/mm ²)	Sampel C HI (J/mm ²)
Quench	0,237	0,398	0,313
Temper 200 ^o C	0,211	0,314	0,318
Temper 400 ^o C	0,078	0,369	0,328
Temper 600 ^o C	0,139	0,397	0,167

Tabel 3.3. Data kekuatan impact paduan perunggu alumunium dicelup air

PROSES	Sampel A HI (J/mm ²)	Sampel B HI (J/mm ²)	Sampel C HI (J/mm ²)
Quench	0,212	0,23	0,313
Temper 200 ^o C	0,11	0,46	0,327
Temper 400 ^o C	0,09	0,16	0,229
Temper 600 ^o C	0,13	0,35	0,241

4. Data Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan metode brinell, sesuai standart JIS 2202. Dari pengujian ini akan diketahui ketahanan paduan perunggu alumunium

terhadap deformasi plastis akibat penekanan. Dibawah ini diperlihatkan data-data hasil pengujian kekerasan.

Tabel 4.1. Data pengujian kekerasan paduan perunggu alumunium dicelup air

PROSES	Sampel A BHN	Sampel B BHN	Sampel C BHN
Quench	138	109	101
Emper 200 ^o C	139	115	100
Temper 400 ^o C	135	105	91
Temper 600 ^o C	142	108	110

Tabel 4.2. Data pengujian kekerasan untuk ash cast paduan perunggu alumunium

PROSES	Sampel A HI (J/mm ²)	Sampel B HI (J/mm ²)	Sampel C HI (J/mm ²)
Ash cast	121	138,7	106

Tabel 4.3. Data pengujian kekerasan paduan perunggu alumunium dicelup oli

PROSES	Sampel A BHN	Sampel B BHN	Sampel C BHN
Quench	121	110	95
Temper 200 ^o C	121	112	110
Temper 400 ^o C	121	103	103
Temper 600 ^o C	141	121	104

Pembahasan

Pada waktu pelaksanaan peleburan selain faktor impuritas, waktu peleburan dan titik lebur masing-masing unsur padu juga penting diperhatikan. Sehingga dari hal tersebut dapat dipertimbangkan urutan pemasukan bahan padu sewaktu proses peleburan. Tujuannya agar unsur yang mempunyai titik cair rendah tidak mengalami penguapan yang berlebihan.

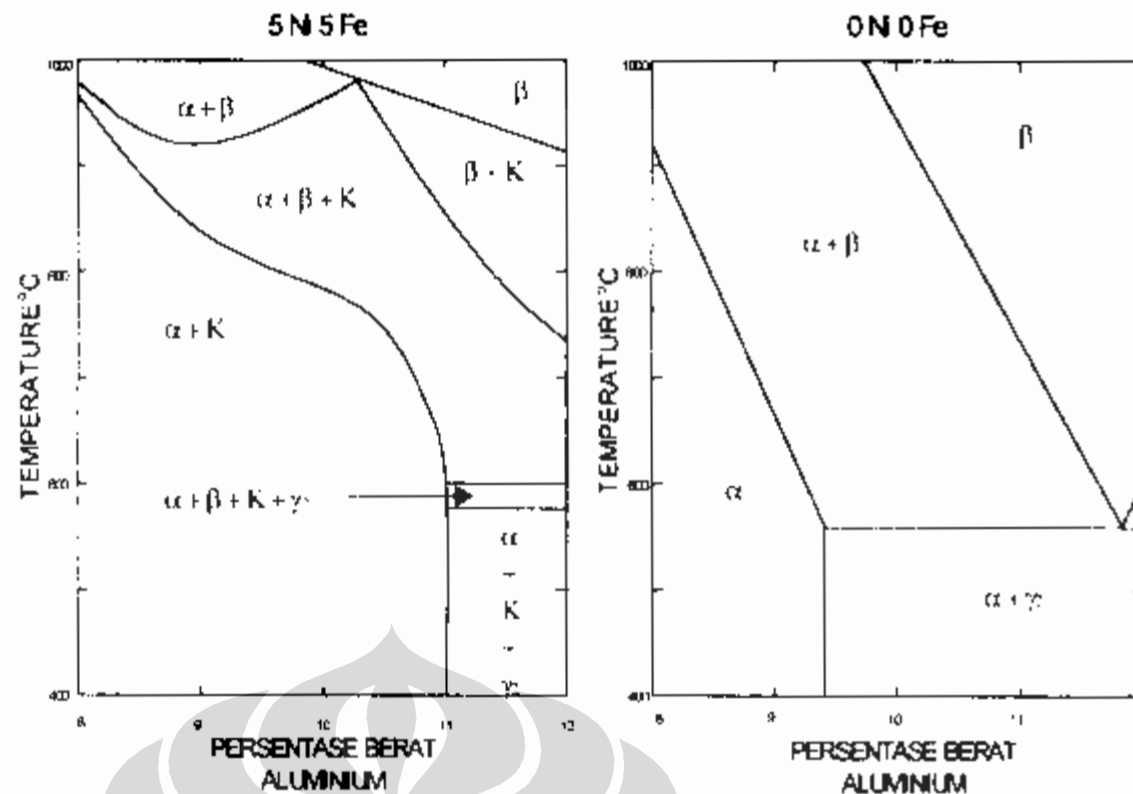
Diagram fasa sebagai pembanding adalah paduan kompleks perunggu alumunium yang mengandung 5%Ni dan 5%Fe, hasil penelitian dari Cook, Fentiman, dan Davis⁵. Diagram fasa ini terlihat pada Gambar.1 dibawah ini. Pada diagram tersebut ada tambahan sebuah fasa yang diduga sebagai fasa K. Fasa K ini tampaknya berhubungan dengan fasa kaya Fe atau Ni Al dalam sistem Cu-Al-Fe. Partikel K ini berbentuk kasar, bulat, dan kadang-kadang berbentuk "Rosettes". Kehadiran fasa K menyerap alumunium dari matriks α . Presipitat K pada matriks α mempunyai pengaruh sifat maupun kekuatan mekanik paduan^{6,7}.

Selain fasa-fasa yang terjadi, sifat dan kekuatan mekanik paduan juga

dipengaruhi oleh berbagai faktor yang kompleks. Faktor-faktor lain yang memegang peranan penting dalam menentukan sifat dan kekuatan mekanik paduan perunggu alumunium adalah unsur paduan, kecepatan pendinginan, bentuk dan ukuran butir, penyebaran impuritas serta cacat makro maupun mikro.

1. Struktur Mikro

Pada gambar-gambar struktur mikro terlihat bahwa fasa-fasa yang terbentuk adalah fasa α berwarna terang, fasa K berbentuk bulat dan berwarna hitam serta menjadi β' (β martensit) yang terlihat berwarna hitam dan berada diantara batas butir. Terlihat juga adanya struktur dendritik, yang terjadi karena pendinginan tidak setimbang dimana daerah yang kaya partikel K (fasa yang kaya Fe) dengan pencelupan ini mengalami laju pendinginan yang lebih cepat dibandingkan dengan daerah matriks α yang tidak mengandung partikel K. Jelas terlihat struktur dendritik tumbuh ke arah matriks α yang laju pendinginannya relatif lebih lambat.



Gambar 1. Potongan vertikal diagram fasa paduan kompleks Cu-Al-5Ni-5Fe dan diagram fasa paduan biner Cu-Al sebagai pembandingan⁹.

Impuritas lebih terlihat jelas pada struktur mikro paduan celup air. Ukuran butir pada paduan celup air relatif lebih besar dibandingkan dengan celup oli.

Untuk struktur mikro paduan temper 200°C dan 400°C selama 30 menit, fasa β' yang terjadi akibat pencelupan masih terlihat jelas. Fasa-fasa yang ada adalah fasa α , β , dan K. Persentasi fasa β' berkurang dengan naiknya temperatur temper. Semakin mendekati suhu eutektoid fasa β' mengalami transformasi menjadi $\alpha + \gamma_2 + K$. Namun untuk struktur mikro paduan temper 600°C selama 30 menit, terjadi transformasi fasa β' menjadi endapan-endapan halus dan fasa-fasa yang terbentuk adalah α , β , γ_2 dan K⁸. Pada temper 600°C proses difusi berlangsung lebih intensif sehingga endapan menjadi lebih nyata terlihat.

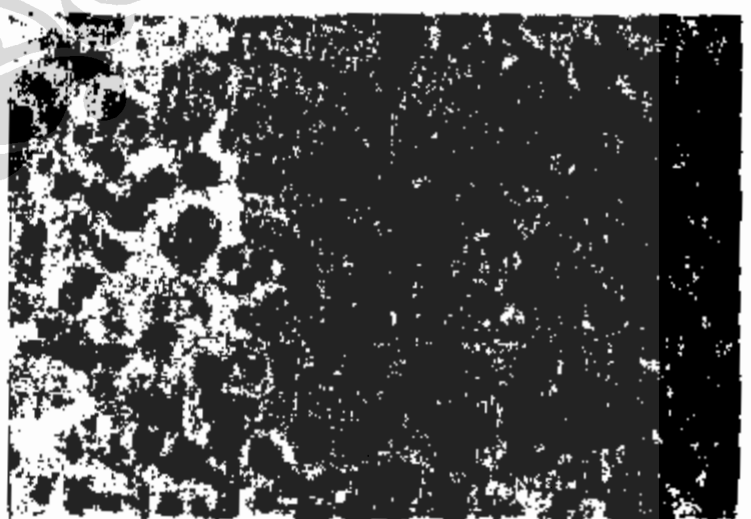
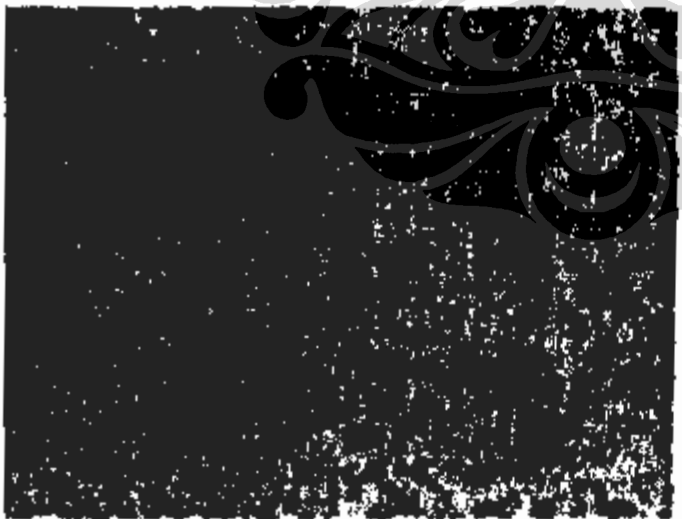
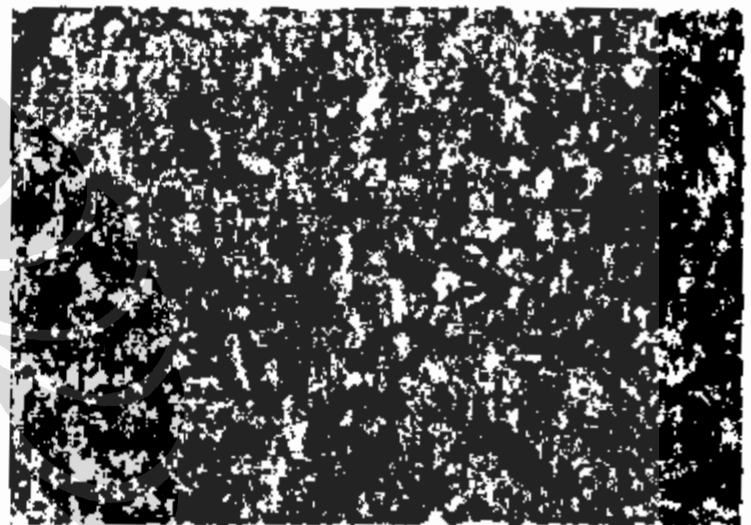
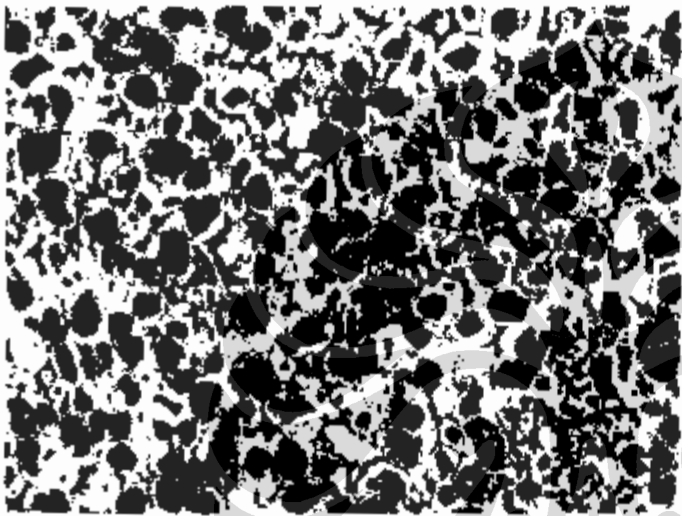
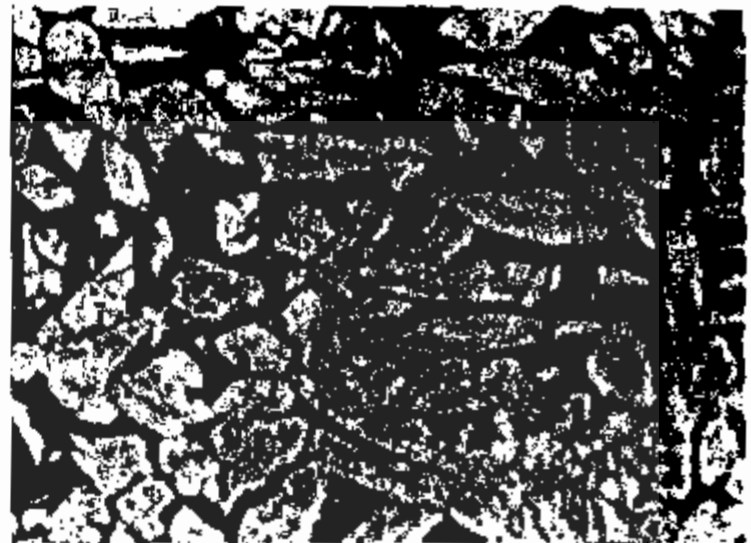
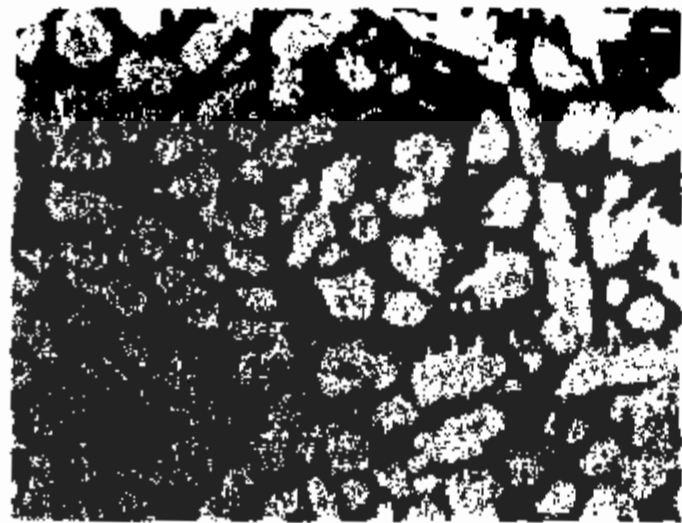
2. Kekuatan Tarik

Pada kondisi celup, terlihat bahwa paduan yang dicelup dengan media air umumnya mengalami kenaikan kekuatan

tarik dibanding kondisi as castnya. Hal ini disebabkan karena adanya struktur dendritik dan fasa β' yang terlihat pada struktur mikronya. Sedangkan untuk paduan celup oli umumnya mengalami penurunan kekuatan tarik dibanding kondisi as castnya. Hal ini mungkin disebabkan jumlah fasa β' dan struktur dendritik yang terbentuk lebih sedikit karena laju pendinginannya lebih lambat dibanding dengan pencelupan air, dan impuritas yang mengendap terlihat kurang nyata⁹.

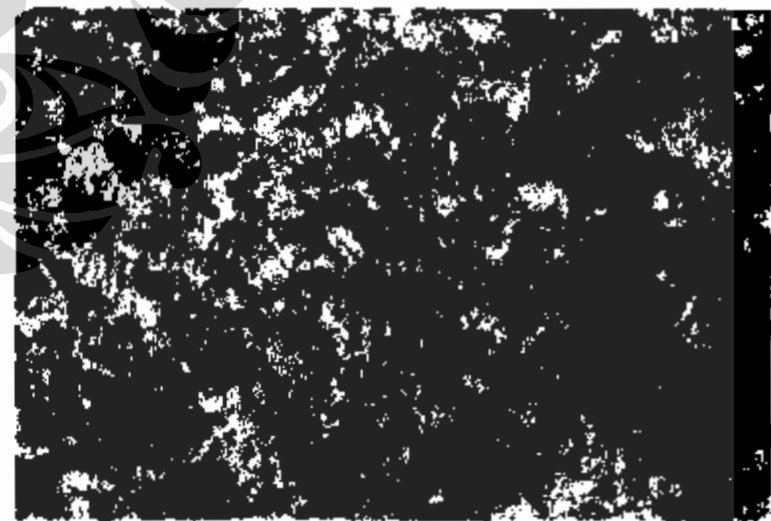
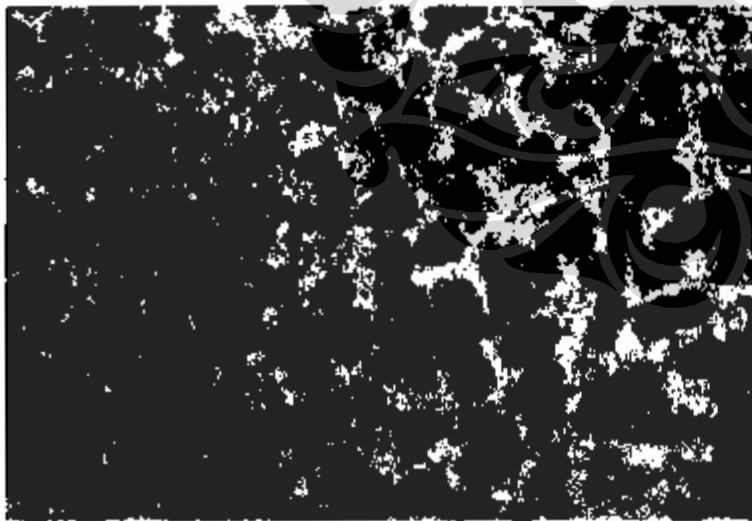
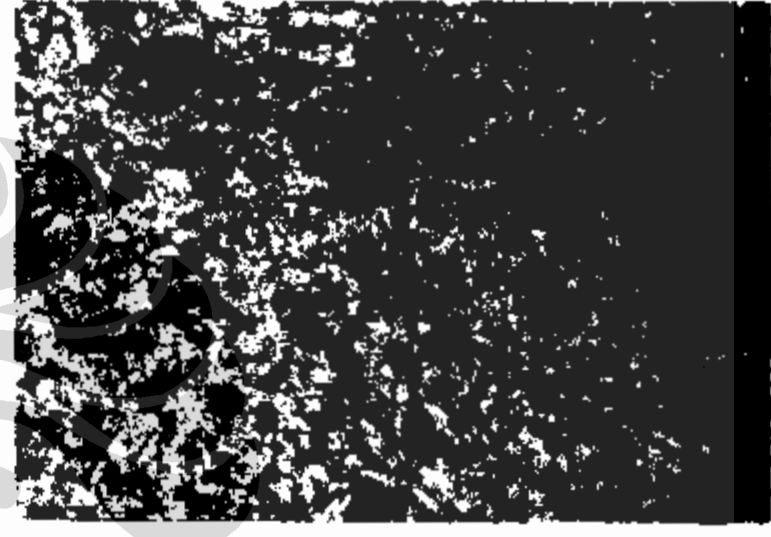
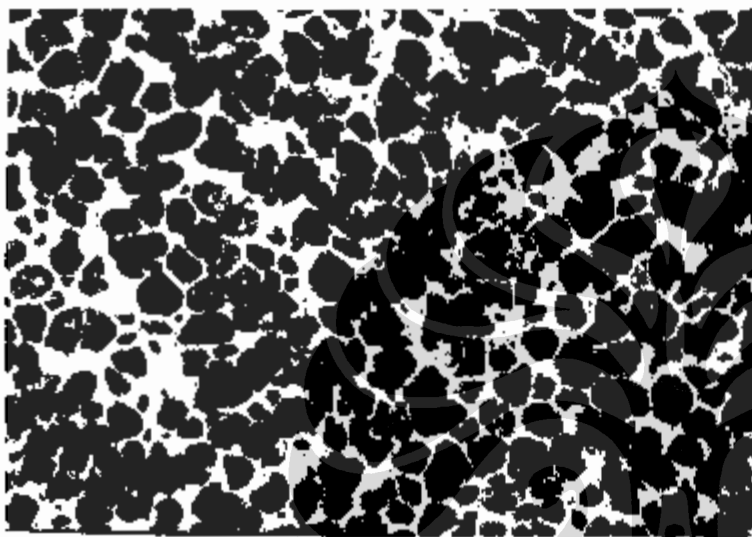
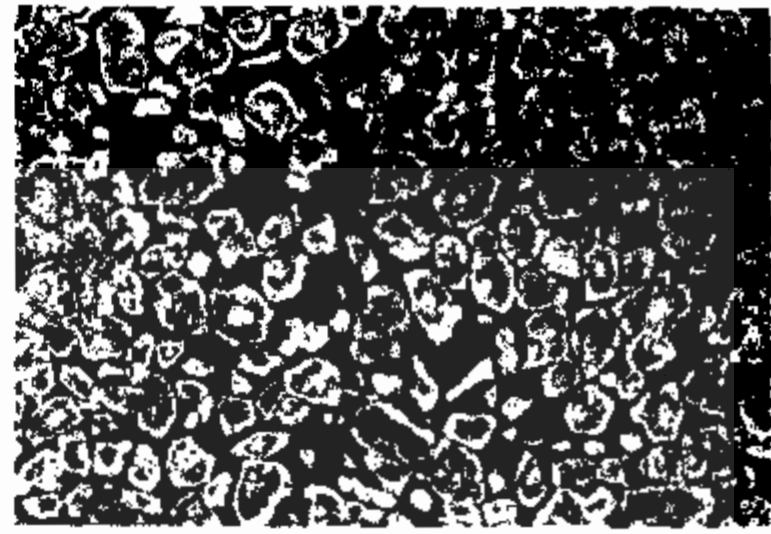
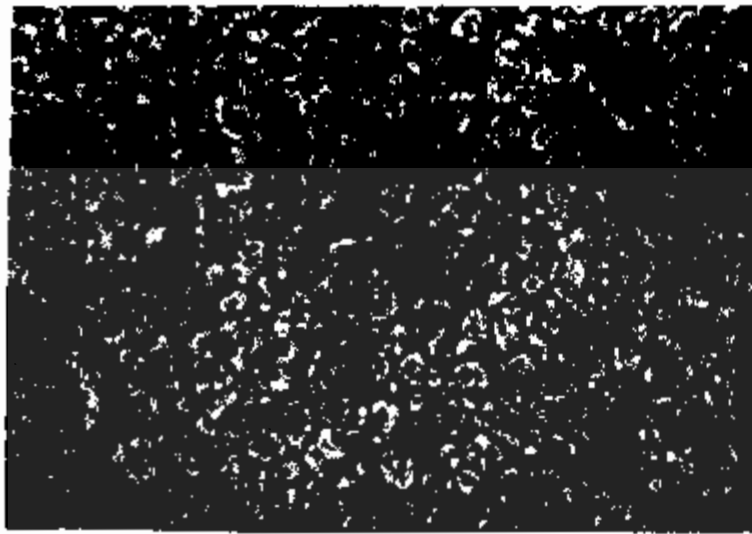
Pada temper 200°C, kekuatan tarik secara umum menjadi turun jika dibandingkan hasil proses celup. Hal ini disebabkan karena struktur dendritik yang kuat dan fasa β' yang keras dan berbentuk jarum mulai mengembang menjadi fasa $\alpha + \gamma_2$. Fasa γ_2 adalah suatu fasa yang memiliki kekuatan tarik yang rendah dan rapuh dibanding dengan fasa α , fasa β dan β' ^{10 11}.

Untuk paduan celup air temper 200°C, kekuatan tariknya umumnya turun dibanding kondisi as castnya. Penurunan



Gambar 2. Struktur mikro paduan as cast (pembesaran 100X) sampel A, sampel B, sampel C.

Gambar 3. Struktur mikro paduan kondisi pencelupan air (pembesaran 100X) sampel A, sampel B, sampel C.



Gambar 4. Struktur mikro paduan kondisi celup oli (pembesaran 100X) sampel A, sampel B, sampel C

Gambar 5. Struktur mikro paduan kondisi celup air dengan proses temper 200'C (pembesaran 100X) sampel A, sampel B, sampel C.



Gambar 6. Struktur mikro paduan kondisi celup oli dengan proses temper 200°C (pembesaran 100X) sampel A, sampel B, sampel C

ini mungkin disebabkan mulai munculnya fasa $\alpha + \gamma$ hasil transformasi dari fasa β' akibat tempering dan adanya butir kembar atau twinning dalam jumlah yang banyak pada matriks fasa α yang lunak dan ulet. Sedangkan paduan celup oli temper

200°C, kekuatan tariknya juga mengalami penurunan dibanding kondisi as castnya.

Paduan temper 400°C, kekuatan tariknya mengalami peningkatan dibanding dengan temper 200°C. Hal ini disebabkan impuritas yang terjadi lebih sempurna dan pembentukan kembali fasa β yang tadinya sempat terurai akibat pencelupan yang membentuk fasa β' dan fasa $\alpha + \gamma_2$. fasa β lebih kuat daripada fasa $\alpha + \gamma_2$. Untuk kekuatan tarik paduan temper 400°C yang dicelup air maupun dicelup oli sama-sama mengalami kenaikan dibanding dengan kekuatan tarik as castnya.

Paduan yang mendapat tempering 600°C, mengalami peningkatan kekuatan tarik dibanding tempering 200°C dan 400°C. Hal ini disebabkan terbentuk kembalinya fasa β yang kuat dan keras. Begitu juga halnya dengan pengendapan impuritas berlangsung lebih intensif. Namun kuat tarik paduan celup air temper 600°C mengalami penurunan dibanding dengan celup air temper 400°C. Kembali ke struktur mikro, ternyata impuritas dan fasa K yang terbentuk pada paduan temper 400°C lebih banyak dibanding dengan paduan temper 600°C. Kenaikan kekuatan tarik yang dibandingkan paduan as castnya terjadi pada paduan celup oli temper 600°C dan sebaliknya pada pencelupan air mengalami penurunan.

3. Regangan Tarik

Regangan yang terjadi pada kedua media pendinginan untuk sampel B di beberapa keadaan terlihat perbedaan sangat menyolok dibanding kondisi as castnya. Regangan tertingginya dihasilkan pada kondisi celup air dan mungkin disebabkan karena banyaknya struktur dendritik yang terjadi. Hal ini selain menambah kekuatan tarik, juga mampu menghilangkan tegangan sisa yang terjadi akibat pencelupan yang akan menyebabkan paduan mengalami perpatahan sebelum sempat terjadi deformasi plastis.

Sedangkan untuk paduan celup oli sampel C, terlihat bahwa nilai regangan tarik hasil pengujian hanya mencapai 10,67%. Hal ini dikarenakan laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan paduan celup air sehingga ketidak setimbangan pendinginan pada daerah fasa K yang kaya Fe dan matriks α juga kecil. Dengan demikian struktur dendritik yang terbentuk juga lebih sedikit dan pendek-pendek. Selain itu masih terlihat adanya fasa β' yang tersebar di antara batas butir. fasa β' mengandung tegangan sisa sehingga benda uji mengalami patah sebelum sempat mengalami deformasi plastik.

Rendahnya regangan paduan temper mungkin disebabkan adanya fasa K yang berbentuk "Rosettes" atau berbentuk kembang yang tersebar merata pada matriks α . Fasa K inilah yang menjadi penghalang terjadinya deformasi plastis, serta mulai terjadi transformasi fasa β' yang terlihat diantara batas butir menjadi fasa $\alpha + \gamma_2$ dimana fasa γ_2 memiliki kekerasan yang paling tinggi namun sangat rapuh¹².

Sedangkan naiknya regangan tarik ini bersamaan dengan mulainya terjadi transformasi fasa β' menjadi fasa $\alpha + \gamma_2$ yang lebih lunak namun lebih ulet, dan fasa K yang terlihat pada gambar struktur mikro temper 400°C tidaklah sebanyak pada temper 200°C. Disini juga terlihat banyaknya butir kembar yang terjadi. Deformasi atau pergeseran menjadi mudah terjadi pada batas bidang datar diantara kedua butir yang berpasangan tersebut.

Bila ditinjau dari struktur mikronya terlihat bahwa umumnya paduan celup air mempunyai ukuran butir yang relatif besar dan fasa K yang berbentuk bulat dan berwarna hitam tersebar sangat merata. Besarnya butir dan menyebarnya fasa K ini menjadi penghalang terjadinya pergeseran butir. Sedangkan untuk celup oli, terlihat bahwa terdapat struktur yang menyerupai struktur dendritik, namun

struktur itu bukanlah dendrit, karena tidak memiliki lengan-lengan yang kompak, namun terputus-putus membentuk pola tertentu. Menurut pengamatan, bentuk ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari struktur "Rosettes".

4. Kekerasan

Bila ditinjau dari struktur mikro, kehadiran fasa K ini berfungsi sebagai penahan deformasi plastis akibat pemberian beban. Disini juga terlihat adanya impuritas yang mengendap jelas dan nyata sehingga secara umum butir mengalami pengerasan, terutama dibatas butir yang merupakan salah satu cacat yang dapat menghalangi pergerakan dislokasi, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan bahan. Pada proses pencelupan pada temperatur 900°C terbentuk fasa β' dan struktur dendritik. Namun disini presipitat fasa K yang terjadi lebih sedikit sebagai akibat fasa β bertransformasi menjadi fasa β' . Hal inilah yang menyebabkan kekerasan paduan proses pencelupan lebih rendah dibanding dengan paduan kondisi as cast. Penurunan ini lebih terlihat pada paduan celup oli.

Meningkatnya nilai kekerasan paduan temper 200°C disebabkan hadirnya fasa K yang berbentuk "Rosettes" yang tersebar merata dan mampu menahan deformasi plastis serta adanya fasa β' yang mulai bertransformasi menjadi fasa $\alpha + \gamma_2$ yang memiliki kekerasan lebih tinggi dibanding fasa β' . Disamping itu masih tersisa fasa β' diantara batas butir, yang mampu mencegah terjadinya dislokasi. Untuk paduan temper 400°C terjadinya penurunan nilai kekerasan bila dibandingkan dengan paduan temper 200°C. Hal ini disebabkan fasa $\alpha + \gamma_2$ hasil transformasi fasa β' mulai bergabung dengan fasa K membentuk fasa β yang bersifat lebih kuat dan lunak dibandingkan dengan fasa β' . Selain itu presipitat fasa K juga berkurang

jumlahnya. Namun pada temper 600°C, terlihat adanya kenaikan nilai kekerasan bila dibandingkan dengan paduan temper 400°C. Kenaikan nilai kekerasan ini mungkin disebabkan munculnya kembali fasa K dalam jumlah yang relatif banyak akibat terjadinya transformasi fasa β' . Hal ini merupakan faktor pendukung meningkatnya nilai kekerasan dari paduan temper 600°C. Fasa K yang membentuk pola tertentu pada matriks α menjadi penghalang terjadinya deformasi plastis pada fasa α yang lunak serta pada batas butir yang lemah.

5. Kekuatan Impact

Pada paduan kondisi as cast yang kaya dengan fasa K yang keras dan ukuran butirnya relatif kecil, tidak begitu mampu untuk menahan beban kejut yang diberikan. Hal ini disebabkan karena ukuran butir yang kecil tidak mampu meredam gaya kejut yang diberikan sehingga gaya tersebut diteruskan kepada tetangganya. Sedangkan fasa K meskipun memiliki kekerasan yang tinggi namun pada kondisi tertentu sangat getas untuk dapat menahan beban kejut.

Paduan proses celup baik dengan media pendinginan air maupun media pendinginan oli, terlihat bahwa umumnya kekuatan impaknya meningkat dibanding kekuatan impact paduan kondisi as castnya. Hal ini mungkin disebabkan adanya struktur dendritik, yang mampu meredam beban kejut dan timbulnya fasa α dalam jumlah besar pada temperatur 900°C. Fasa α bersifat ulet dan lunak sehingga mampu meredam beban kejut.

Pengujian paduan temper 200°C, menunjukkan adanya kenaikan kekuatan impact dibandingkan paduan as cast. Kenaikan nilai kekuatan impact yang cukup tinggi ini mungkin dipengaruhi oleh terbentuknya fasa K yang berbentuk "Rosette" pada matriks α sehingga bersama fasa α mampu menahan beban kejut. Kemungkinan lain ialah terlihat bahwa ukuran butir yang terbentuk cukup besar sehingga mampu meredam beban kejut yang diberikan. Pada proses temper

400°C, terlihat paduan celup air mengalami penurunan kekuatan impact bila dibandingkan dengan paduan temper 200°C. Namun sebaliknya untuk paduan celup oli mengalami kenaikan kekuatan impaknya. Hal ini disebabkan paduan celup air masih banyak mengandung fasa β' yang getas walaupun sudah mengalami transformasi menjadi fasa $\alpha + \gamma_2$ dibandingkan paduan celup oli. Laju pendinginan yang berbeda memberikan jumlah fasa $\alpha + \gamma_2$ yang berbeda. Untuk proses temper 600°C, paduan celup oli mengalami penurunan kekuatan secara drastis. Sedangkan untuk celup air mengalami kenaikan kekuatan dibandingkan paduan temper 400°C. Hal ini disebabkan terbentuknya impuritas endapan yang berlebihan dan jumlah fasa K yang banyak. Fasa K dan impuritas endapan bersifat keras dan kuat namun dalam jumlah yang tertentu, menyebabkan paduan menjadi rapuh dan getas. Untuk celup air terlihat timbulnya fasa α yang cukup banyak, yang dapat menaikkan kekuatan impact paduan.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Pada daerah plastis adanya peningkatan, penurunan tegangan dan regangan tarik tidak sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik terbesar tidak selalu diikuti kenaikan regangan pada temperatur yang sama.
2. Kondisi as cast pada uji tarik yang terkecil, disebabkan karena adanya fasa α yang lunak dan ulet, sedangkan pada data regangan kondisi as cast menunjukkan nilai terbesar karena adanya fasa α , nilai uji tarik tertinggi pada kondisi as cast terlihat pada paduan sampel B.
3. Pada uji impact kondisi celup oli dan air yang ditemper terlihat sampel B

dan C menunjukkan kenaikan nilai impak yang nyata. nilai terbesar pada sampel B kondisi celup oli ditemper 600°C, terjadi karena pada kondisi tersebut yang tercepat timbulnya fasa β' (β martensit).

4. Hasil uji mekanik dari ketiga paduan sampel terlihat bahwa sampel B menunjukkan nilai tertinggi, sedangkan sampel A menunjukkan nilai mekanik terendah, tetapi secara umum dari angka-angka tabel hasil pengujian terlihat bahwa penambahan unsur Fe pada paduan perunggu aluminium yang diberi perlakuan panas lanjut menunjukkan nilai kekuatan mekanik yang meningkat.

Daftar Pustaka

1. Macken,P.J. and Smith. A.A. *The Aluminium Bronzes*, Second Edition, London, Copper Development Association. 1966
2. Van Vlak, Lawrence H. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Jakarta,Erlangga. 1982.
3. Stefanescu,D.M.C. *The Materials Information Society*. New York. 1992
4. Lipnitsky. A. *The Melting of Cast Iron and Non Ferrous Alloy*, Moscow: Peace Publisher. 1972.
5. Surdin, Tata, Chijiwa, Kenji. *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta. PT Pradnya Paramita. 1985.
6. West, E.G., *Copper And Its Alloys*. Chicester : Ellis Horwood Limited. 1982.
7. *Metals Handbook*, ASM. 8th Edition, Metal Park, Ohio. Vol. 10, 1975.
8. Faseco, *The Foundryman's Handbook*, 8th Edition. Oxford, Pergamon Press. 1982.
9. Avner, Sidney H., *International of Physical Metallurgy*. 2nd Edition. Tokyo, McGraw-Hill Book Co. 1983
10. Sinha, K.P. Goel, D.b., *Foundry Technology*, New Delhi, Phabhat Offset Press. 1978.
11. *Copper Base Alloys Foundry Practice*. Third Edition, Ilionis, American Foundrymens Society. 1965.
12. Beeley, P.R., *Foundry Technology*, London. Butterworths. 1972.