

# Peningkatan Ketahanan Aus *Connecting Pad* Lokal Scootervespa dengan Proses *Precipitation Hardening*

Oleh

Toto Triantoro Budi Wardoyo

Staf Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin UNJANI

Menurut para pemakai *connecting pad* lokal, waktu umur pakainya lebih pendek dibandingkan dengan yang asli. Dikarenakan kekerasan *connecting pad* asli lebih besar dibanding dengan *connecting pad* lokal, dimana secara teoritis kekerasan sejalan dengan ketahanan aus, dengan kata lain apabila suatu material semakin keras maka akan semakin baik ketahanan ausnya. Dengan proses *Precipitation hardening* pada *connecting pad* lokal diharapkan material *connecting pad* lokal akan meningkat kekerasannya sehingga *connecting pad* lokal tersebut meningkat ketahanan ausnya dan diharapkan mendekati *connecting pad* aslinya

**Kata kunci :** *Heat treatment, Natural Aging, Artificial aging* diharapkan mampu untuk meningkatkan kekerasan material *connecting pad* lokal

## Pendahuluan

*Connecting Pad* adalah suku cadang scooter vespa berbahan perunggu atau paduan antara Cu dan Sn, dimana letaknya berada diantara kopling dan penekan kopling, yang fungsinya sebagai bantalan penghubung antara penekan kopling yang selalu bergesekan, sehingga kopling dapat bekerja dengan baik, proses *precipitation hardening* adalah salah satu solusi *Heat Treatment* yang sesuai untuk material perunggu guna mendapatkan kekerasan yang diinginkan. Pada proses *precipitation hardening* akan menyebabkan pengerasan alami yang disebabkan atom-atom Sn tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak di dalam Cu pada pendinginan yang cepat, sejalan dengan waktu atom-atom Sn yang terjebak akan berdifusi keluar dan mengendap membentuk endapan yang halus dan menyebar sehingga dapat menyebabkan kenaikan nilai kekerasannya dan kekuatannya akan meningkat

## Tinjauan Pustaka :

Perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah putih, tetapi perunggu

juga mempunyai paduan yang lain. Pengaruh unsur paduan tersebut antara lain :

### Zinc (Zn)

Penambahan unsur Zn, mengakibatkan perunggu jadi kurang keras, dan memudahkan diserpih

### Iron (Fe)

Penambahan unsur Fe, mengakibatkan peningkatan kekerasan.

Max 0,5% Fe pada perunggu menyebabkan, penghalusan butiran dan kesudian dituakan keras

### Silicon (Si)

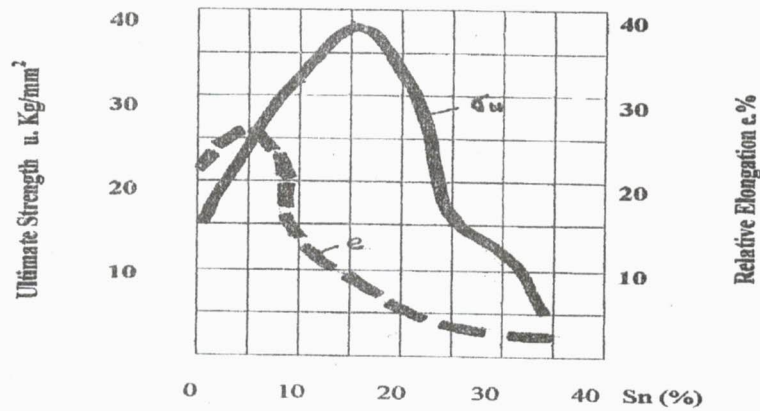
Si meningkatkan ketahanan, kelelahan dan daya tahan terhadap aus.

### Nikel (Ni)

Nikel, meningkatkan kekerasan, memperbaiki kekuatan, keuletan, meningkatkan mampu keras dan ketahanan karat

## Pengaruh Kandungan Sn pada Perunggu.

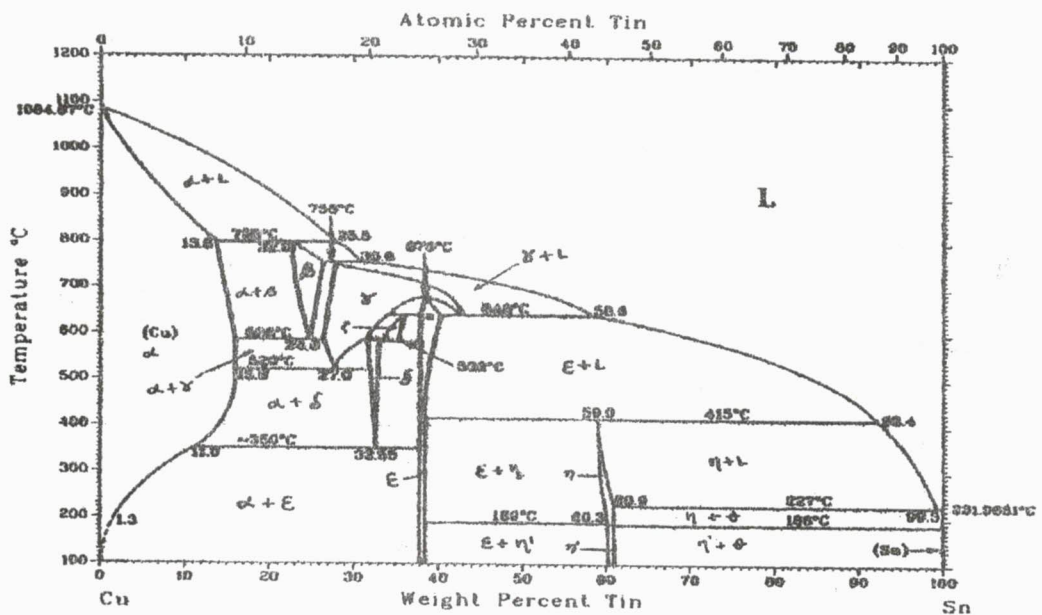
Pengaruh kandungan Sn sampai dengan 40 % terhadap kekuatan tarik terhadap perunggu, terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Hubungan antara kekuatan tarik dan perpanjangan pada kandungan Sn.

Pada kandungan antara 0 – 17 % Sn, kekuatan tarik naik dengan bertambahnya kandungan Sn, pada kandungan Sn diatas 17 % sampai dengan 35 % kekuatan tarik akan mengecil. Kenaikan kekuatan tarik

disertai dengan penurunan keuletan, tapi penurunan kekuatan tarik pada Sn > 17 % tidak menaikkan keuletan jelas dapat terlihat untuk kandungan Sn > 5%, maka keuletan menurun dengan cepat



Phase diagram - Bronze

Gambar 2 Diagram kesetimbangan fasa Cu – Sn

Fasa-fasa yang ada dengan kandungan Sn 1,74 % adalah sebagai berikut :

Fasa  $\alpha$ , merupakan larutan padat Sn pada Cu yang memiliki kandungan Sn maksimum 15,8 % pada temperatur 520°C.  
Fasa  $\epsilon$ , merupakan senyawa  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ .

Fasa Cu – Sn yang akan terjadi karena kandungan Sn hanya mencapai 1,74 %

sehingga fasa yang akan terjadi menurut diagram fasa Cu – Sn adalah fasa  $\alpha$  dan fasa  $\alpha + \epsilon$  ( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ).

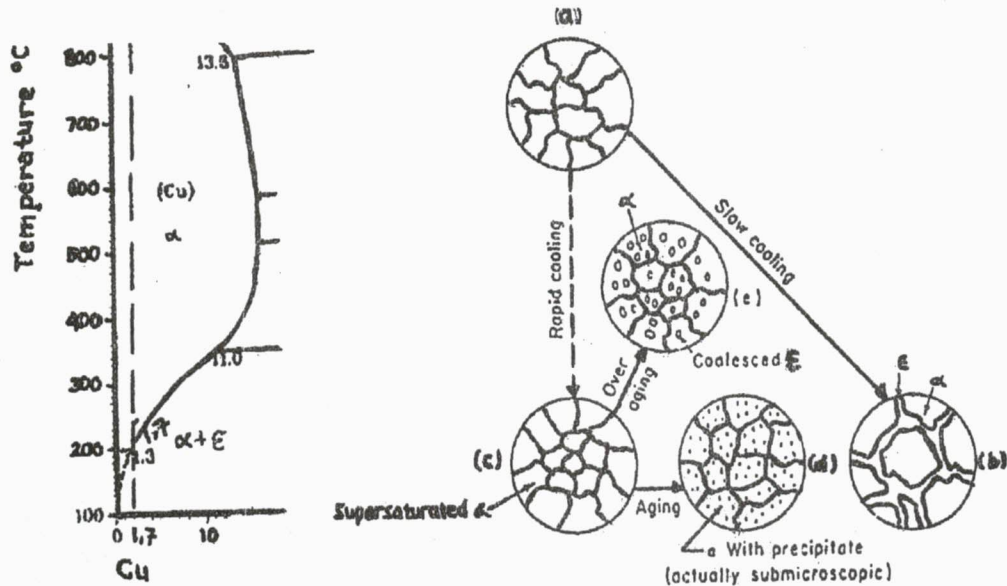
Proses *precipitation hardening* pada paduan membutuhkan pengontrolan temperatur yang sangat tepat, sebab temperatur harus tepat sesuai untuk sampai pada keadaan padat *homogen*. Proses ini

dikenal dengan proses perlakuan larut (*solution treatment*) dimana proses ini merupakan awal bagi proses-proses yang berikutnya.

Pada proses pengendapan, endapan tidak dapat terjadi dengan cepat pada proses *natural aging*, oleh sebab itu diperlukan mekanisme *artificial aging*

setelah perlakuan larut padat  $\alpha$  dan *queching* dalam air.

Kombinasi dari temperatur penuaan, waktu penuaan dan fasa-fasa yang terjadi dapat dilihat pada proses keras endap (*precipitation hardening*), yang di ilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 Diagram fasa dan fasa-fasa yang terjadi pada *Precipitation hardening*

Diagram kesetimbangan ada disebelah kiri dan paduan tembaga (perunggu) yang dikerjakan sekarang ini ditandai dengan garis putus-putus pada diagram kesetimbangan sedangkan perlakuan dan strukturnya dapat dilihat pada gambar sebelah kanan.

Fasa-fasa yang terjadi ialah :

Pada temperatur (T), struktur akan terdiri dari butiran yang *homogen* pada daerah padat  $\alpha$ .

Jika paduan didinginkan dengan lambat (pada temperatur ruang), dari temperatur (T),

maka struktur akan terdiri dari butir padat  $\alpha$  yang dikelilingi oleh fasa  $\epsilon$  pada batas butir.

Jika paduan ini didinginkan dengan cepat pada media pendingin air dari temperatur (T) pada daerah padat  $\alpha$ , maka disebut larut padat lewat jenuh (*Super saturated solid solution*) yang merupakan kondisi fasa yang tidak stabil. Pada fasa ini pengendapan dan penggabungan sudah ada, dimana waktu yang cukup dibutuhkan untuk mengendapkan dan mengabungkan fasa  $\epsilon$ .

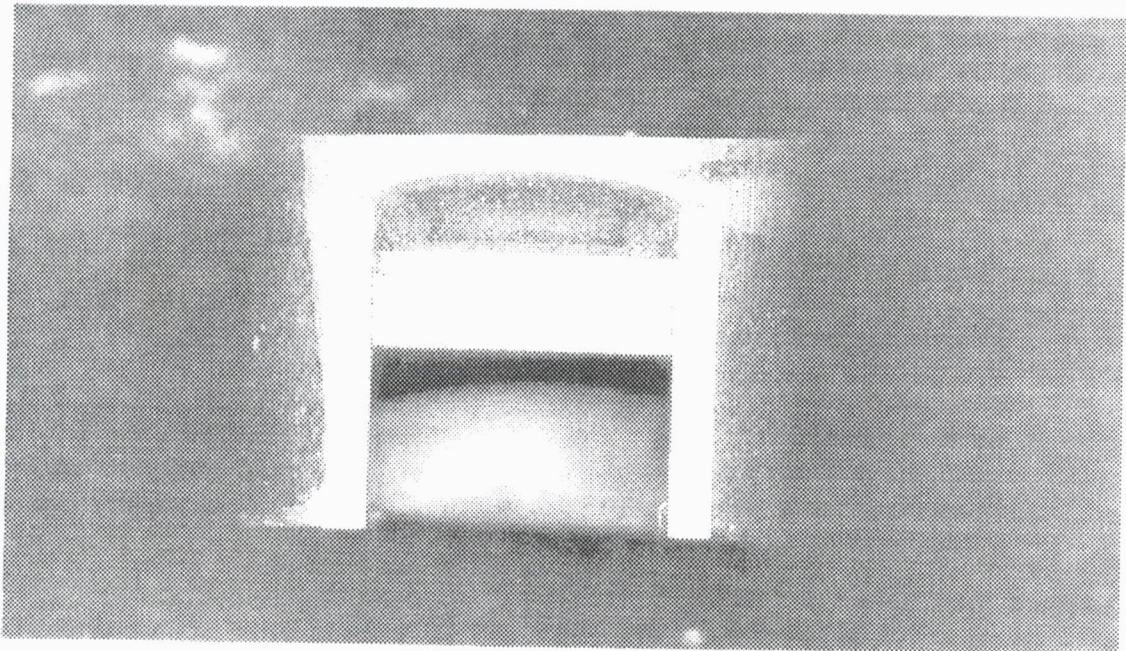
Paduan pada kondisi struktur ini di tuakan pada temperatur ruangan atau sedikit di atas, maka pengendapan akan terjadi. Pada gambar (d) diatas adalah gambar dari idealisasi proses keras endap (*precipitation hardening*).

Pada struktur ini pengendapan dan penggabungan fasa  $\epsilon$  terlihat besar-besar dan kasar, ini disebabkan oleh ketidak

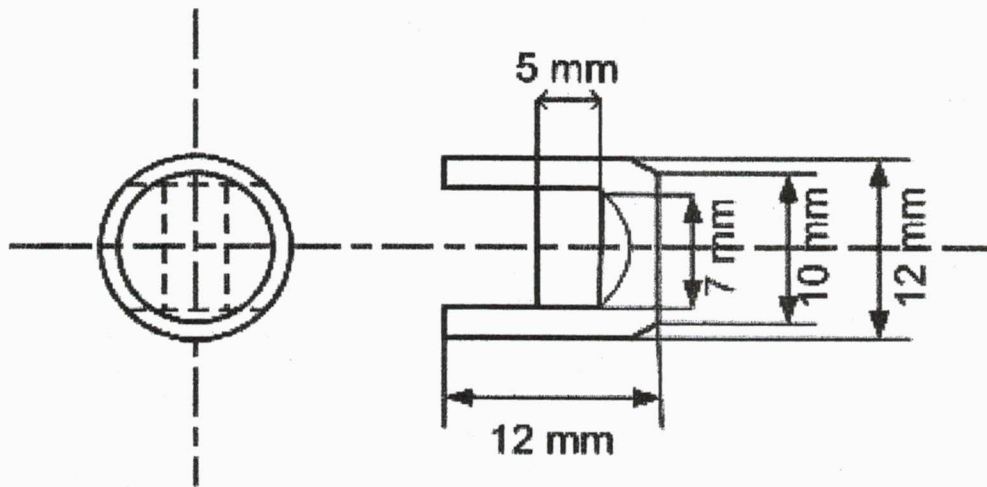
sesuaian waktu dan suhu penuaan pada proses penuaan buatan (*artificial aging*). Dimana pada gambar tertulis kelebihan waktu penuaan (*over aging*) ini menyebabkan material akan mempunyai kekerasan yang rendah, dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh waktu dan temperatur penuaan cukup penting dalam proses keras endap (*precipitation hardening*)

### **Pelaksanaan Penelitian**

Material benda uji adalah perunggu, dipilih karena material *connecting pad* lokal ini sering mengalami keausan, dimana keausan tersebut salah satunya disebabkan kekerasan yang rendah yaitu 42,2 BHN, bila material lokal tersebut dibandingkan dengan material asli yang lebih tahan keausannya dengan kekerasan mencapai 55,7 BHN.



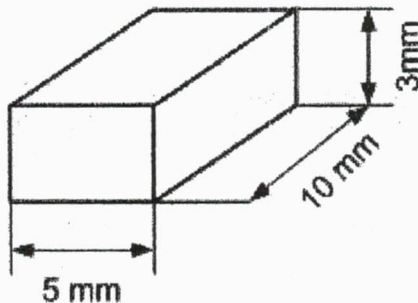
Gambar 4 Foto bentuk *connecting pad*



Gambar 5 Ukuran *Connecting Pad*

Pemanasan dilakukan pada temperatur 200°C dan di *quenching* dalam air

Pada proses *Presipitation Hardening* untuk proses *natural aging* material yang telah di *quenching* dalam air dituakan pada suhu kamar lamanya 3, 10 dan 25 hari .

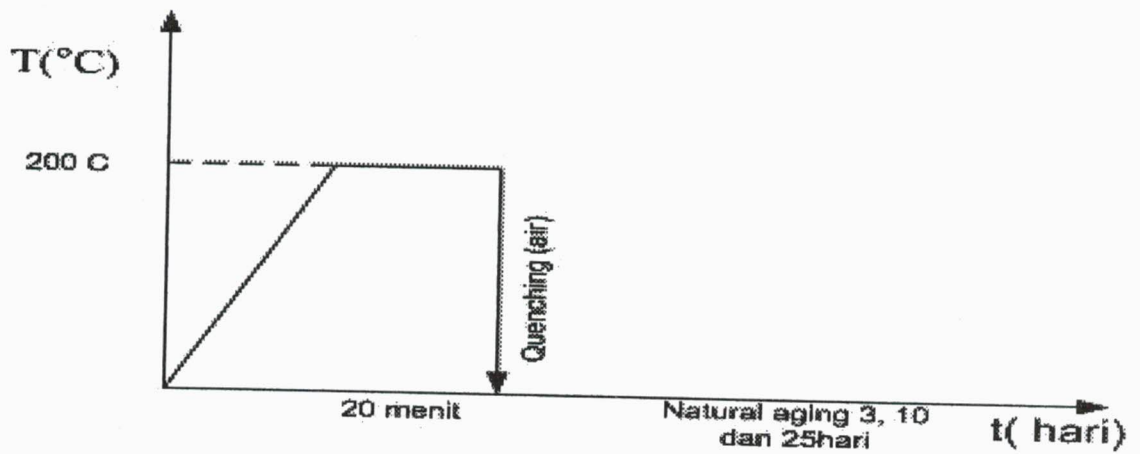


Gambar 6 Bentuk dan ukuran benda uji yang di buat dari *connecting pad*.

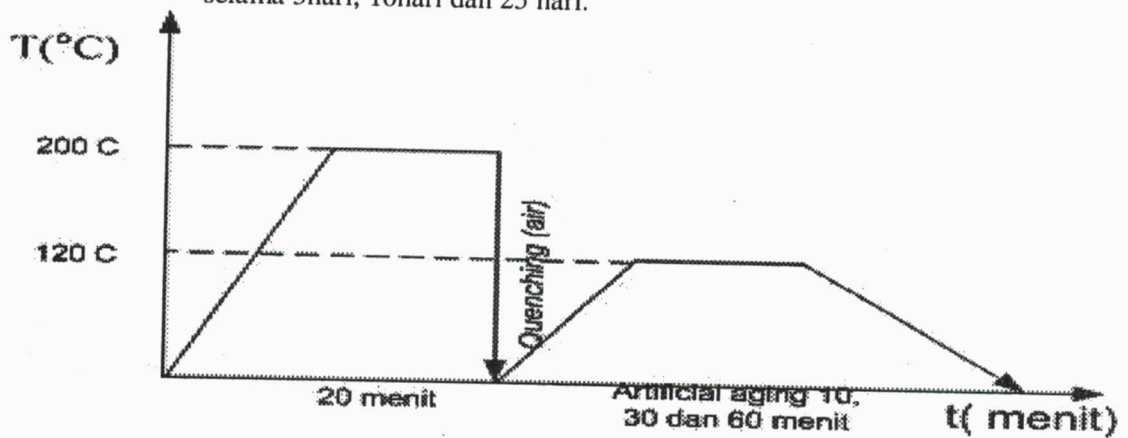
Sedangkan proses *Artificial Aging* memerlukan perlakuan proses *tempering* untuk penuaan, dilakukan pada suhu 120°C waktu ini didapat dari pengujian yang telah ada dan umum, dengan waktu penahanan 10, 30 dan 60 menit, dengan harapan variasi waktu penuaan dapat memberikan pengaruh pada pengendapan pada endapan (*presipitat*) yang terjadi seperti gambar di bawah ini

**Proses Heat Treatment**

Pada proses *Heat Treatment* dilakukan sebanyak dua kali, yaitu proses *homogenisasi*, *solution heat treatment* dan *tempering* untuk penuaan (*Aging*). Pada proses *homogenisasi* dilakukan penahanan waktu (*holding time*), waktu penahanan selama 20 menit, dimana *holding time* tersebut ditentukan dari dimensi material.

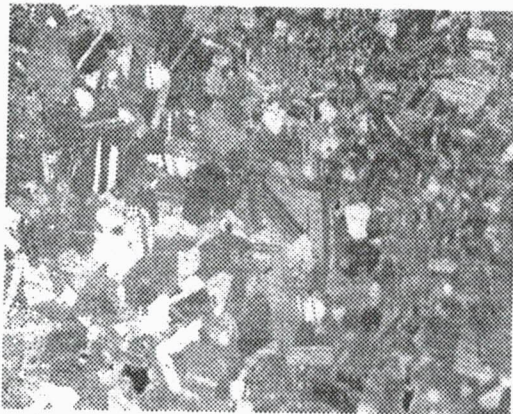


Gambar 7. *Solution heat treatment* pada suhu 200°C dan proses *natural aging* selama 3hari, 10hari dan 25 hari.

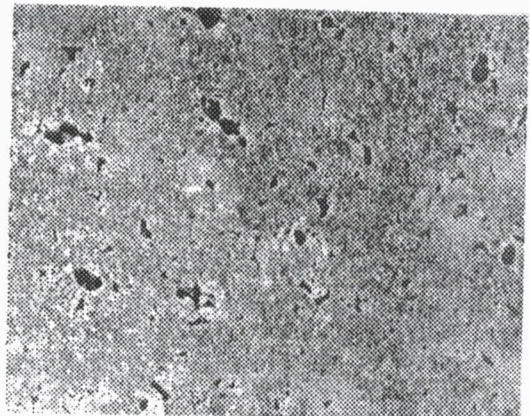


Gambar 8. *Artificial Aging* dengan *Holding time* 10 menit, 30 menit dan 60 menit.

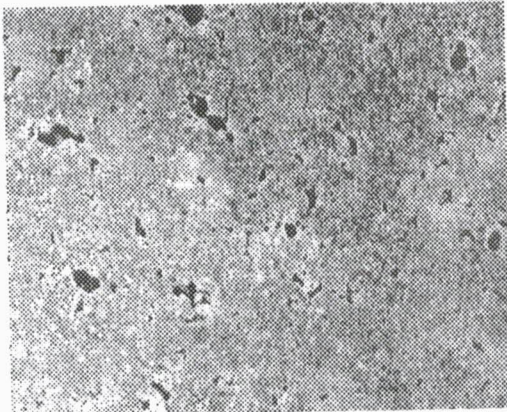
### Data penelitian



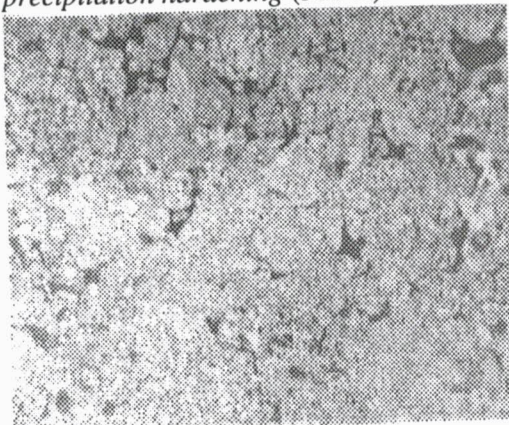
Gbr 9. Mikro struktur *Connecting Pad* asli (300 X)



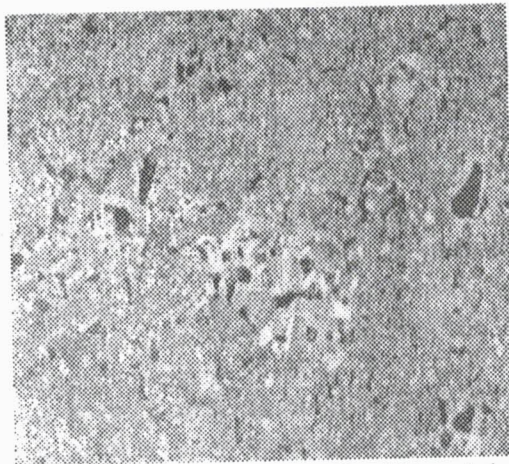
Gbr 10 Mikro struktur *Connecting Pad* lokal sebelum mengalami proses *precipitation hardening* (300 X).



Gbr 11 Mikro struktur *Connecting Pad* lokal sebelum mengalami proses *precipitation hardening* (300 X).

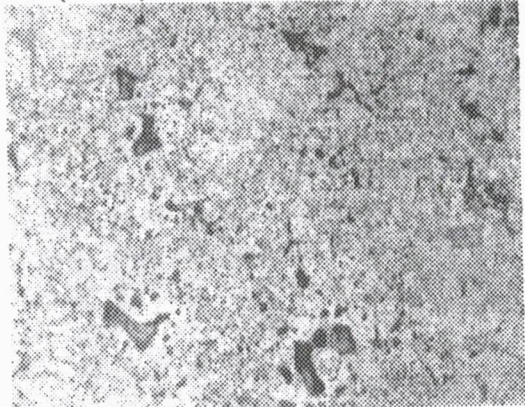


Gambar 12. Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat treatment* (SHT) 200°C, *natural aging* 10 hari (300 X).

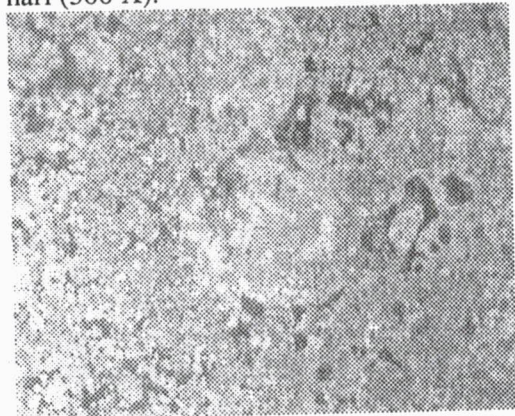


etsa 5gr FeCl<sub>3</sub> , 170 ml Etanol dan 5 – 30 ml HCl  
Gbr 13 Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat*

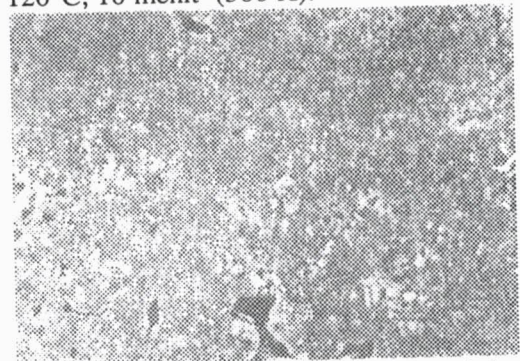
*treatment* (SHT) 200°C, *natural aging* 3 hari (300 X).



etsa 5gr FeCl<sub>3</sub> , 170 ml Etanol dan 5 – 30 ml HCl  
Gbr 14 Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat treatment* (SHT) 200°C, *natural aging* 25 hari (300 X).



etsa 5gr FeCl<sub>3</sub> , 170 ml Etanol dan 5 – 30 ml HCl  
Gbr 15 Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat treatment* (SHT) 200°C, *artificial aging* 120°C, 10 menit (300 X).



etsa 5gr FeCl<sub>3</sub> , 170 ml Etanol dan 5 – 30 ml HCl

Gbr 16 Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat treatment* (SHT) 200°C, *artificial aging* 120°C, 30 menit (300 X).



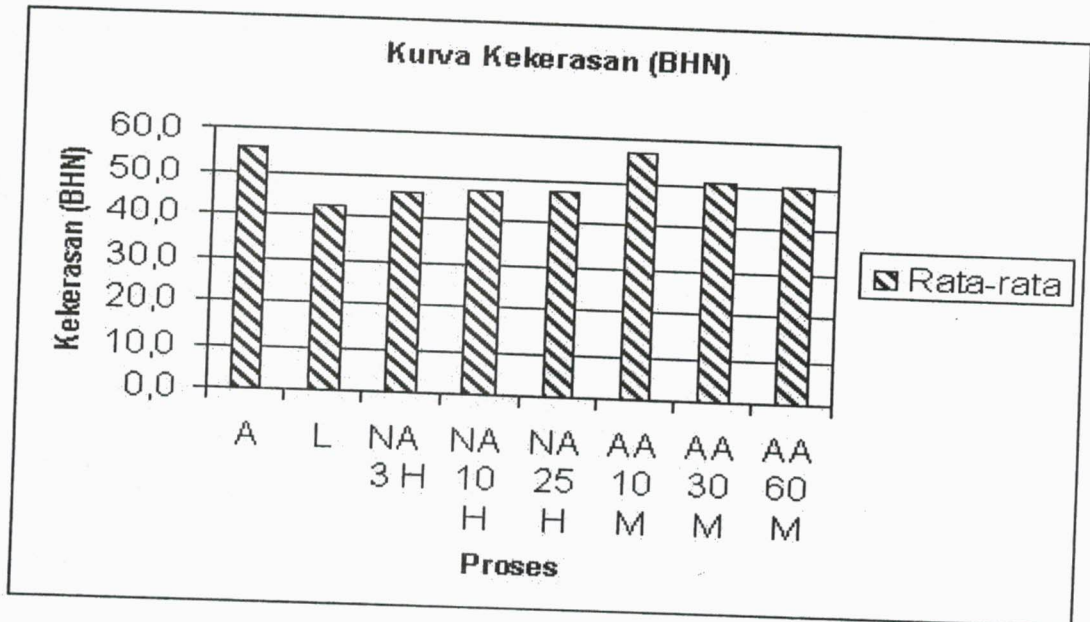
etsa 5gr FeCl<sub>3</sub> , 170 ml Etanol dan  
5 – 30 ml HCl

Gbr 17 Mikro struktur setelah proses *precipitation hardening*. *Solution heat treatment* (SHT) 200°C, *artificial aging* 120°C, 60 menit (300 X).

### Data Hasil pengujian Kekerasan

Setiap kondisi material atau benda uji, dilakukan uji kekerasan dengan tiga kali pengujian pada tiap prosesnya dan pada daerah yang berbeda, dengan tujuan untuk melihat *retribusi* kekerasan material dan perubahan kekerasannya sehingga dapat diketahui proses *precipitation hardening* yang mana yang paling tinggi kekerasannya, Seperti kurva dibawah ini

Tabel 1 Kurva Hasil Pengujian Kekerasan



Keterangan :

A = Asli

NA = *Natural aging*

AA = *Artificial aging*

L = Lokal

H = Hari

M = Menit



Tabel 2 Hasil Pengujian Spektrometri

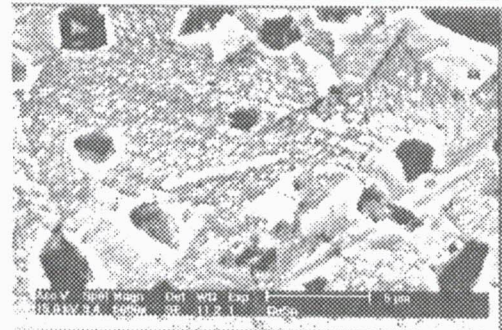
Material	Jenis unsur	Cu	Sn	Zn	Fe	Ni	Si
Asli	Kandungan (%)	98,08	0,35	0,01	0,45	1,02	0,09
Lokal	Kandungan (%)	97,21	1,74	0,01	0,49	0,45	0,09

### Pembahasan

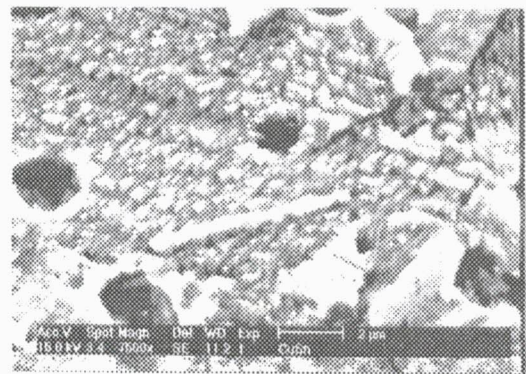
Dari hasil pemeriksaan metalografi untuk kondisi awal material, untuk material asli dan lokal mempunyai perbedaan proses, dimana struktur mikro pada *connecting pad* asli merupakan brons tempa (*wrought bronzes*), struktur ini terjadi karena proses pengerjaan dingin yang menyebabkan deformasi, dimana struktur yang terbentuk menjadi pipih, dan setelah proses *anealing* maka terjadi pertumbuhan kembali kristal alpha dan strukturnya menjadi bulat di ikuti dengan terbentuknya kembaran (*twins*),

Sedangkan pada *connecting pad* lokal merupakan brons tuang / coran (*Cast Bronzes*), dimana strukturnya terlihat berbeda dengan struktur *connecting pad* asli Struktur lokal ini terbentuk dengan pengecoran pada cetakan yang permanen dan didinginkan dengan pendinginan yang cepat, sehingga dihasilkan permukaan yang halus pada hasil cetakannya (bendanya) dan sejalan dengan waktu muncul *presipitat* pada permukaannya yang dapat dilihat Setelah *connecting pad* lokal mengalami proses *precipitation hardening*

Dan untuk lebih meyakinkan maka dilakukan metalografi dengan SEM (*Scaning Electron Microscopy*) dengan pembesaran 5000 X dan 7500 X ,yang hasil metalografinya dapat dilihat dibawah ini :



Gbr 18 SEM dengan pembesaran 5000 X



Gbr19 SEM dengan pembesaran 7500 X

Dari hasil metalografi dengan SEM ini, diperkirakan garis-garis putih yang terlihat memanjang pada gambar diatas adalah *presipitat-presipitat* yang terjadi.

Pada dasarnya warna pada hasil pemeriksaan metalografi dapat dipakai sebagai bahan perkiraan dalam mengidentifikasi kandungan yang ada didalamnya, ini berlaku bagi tembaga dan paduannya. Warna hitam dengan ukuran yang besar pada struktur mikro *connecting pad* lokal merupakan rongga ( $\text{Cu}_2\text{O}$  / porositas) dan ini berbeda bila dilihat pada hasil struktur mikro *connecting pad* asli,

warna putih diperkirakan nikel karena nikel larut padat pada tembaga, warna merah merupakan tembaga, warna kuning diperkirakan Cu-Zn, sedangkan *presipitat* yang ada diperkirakan warna krem berbentuk seperti bola (titik-titik) sebagai ciri khas dari *presipitat*.

Dari hasil pengujian kekerasan dari material *connecting pad* sebelum dan sesudah material mengalami proses *precipitation hardening* dapat dilihat pada tabel 4.2, dimana kekerasan *connecting pad* lokal dari 42,2 BHN harus dapat mendekati kekerasan *connecting pad* asli dengan kekerasan 55,7 BHN.

Pada proses *natural aging* kekerasan dapat naik terus sejalan dengan waktu sehingga dapat mencapai angka kekerasan 47,7 BHN pada waktu penuaan 25 hari, kenaikan kekerasan ini diakibatkan *presipitat* yang mulai tumbuh dan menyebar sesuai dengan lamanya waktu penuaan.

Sedangkan pada proses *artificial aging* dengan waktu penuaan selama 10 menit, dengan suhu penuaan 120°C kekerasannya dapat melebihi kekerasannya material *connecting pad* asli, yang kekerasannya mencapai angka 57,0 BHN.

Pada penuaan selama 10 menit dapat dikatakan paling maksimal dimana *presipitat* tumbuh dan menyebar, pertumbuhan *presipitat* pada *artificial aging* untuk waktu penuaan 30 dan 60 menit ternyata memberikan efek menurunnya kekerasan sampai sekitar 50 BHN, ini dimungkinkan karena pertumbuhan *presipitat* yang berlebihan atau dikenal dengan *over aging*.

### Kesimpulan

Dari data yang diperoleh dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :  
Material *connecting pad* asli merupakan brons (perunggu) tempa (*wrought bronzes*)

berbeda dengan material *connecting pad* lokal yang merupakan perunggu cor (*cast bronzes*), perbedaannya dapat dilihat dari hasil *metalografi*.

Material perunggu pada *connecting pad* ini, tidak mempunyai kesamaan dengan seri-seri perunggu yang sudah ada pada ASM, sehingga tidak ada standarisasi dalam proses meningkatkan kekerasannya.

Kekerasan maksimum dengan angka 57 BHN dari proses *precipitation hardening*, di peroleh dari formula waktu dan temperatur operasi sebagai berikut :

Proses *solution heat treatment* pada temperatur 200°C, dengan waktu penahanan 20 menit, kemudian di *quench* pada air, kemudian dituakan pada temperatur 120°C dengan waktu penahanan 10 menit.

*Presipitat* akan terus tumbuh, sejalan dengan lamanya waktu penuaan (*aging*) dimana, pada *artificial aging* dengan waktu penuaan lebih dari 10 menit *presipitat* tumbuh membesar dan menjadi kasar yang menyebabkan perunggu menjadi lunak. Sama halnya dengan *natural aging* apabila waktu penuaan berlebihan diberikan, *presipitat* akan terus tumbuh yang pada akhirnya menuju kesetimbangan  $\epsilon$  ( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ), yang menyebabkan *presipitat* membesar dan menjadi lunak.

Temperatur *precipitation hardening* (*solution heat treatment*) dapat juga memberikan pengaruh turunya kekerasan yang sama dengan waktu penuaan yang berlebihan (*over aging*), apabila temperatur *solution heat treatment* kurang dari 200°C maka *homogenisasi* pada proses Heat Treatment dan *rekristalisasi* tidak terjadi, karena *rekristalisasi* terjadi pada temperatur 200°C sehingga apabila terjadi peningkatan kekerasan pun tidak akan berpengaruh besar. Begitu pula dengan temperatur *solution heat treatment* diatas 200°C maka akan terjadi

rekristalisasi dan pertumbuhan butir-butir atom yang cepat menjadi besar yang menyebabkan material menjadi sangat lunak.

#### Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk menyempurnakan dan mengembangkan analisis proses *precipitation hardening* pada tembaga (Cu) dan paduannya ini adalah :

*Material connecting pad* ini belum di coba pada media pendingin lain seperti oli, sehingga kekerasan yang didapat sekarang kurang signifikan karena tidak adanya pembandingan kekerasan dengan media lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

America Society of Metals, "*Metals Hand Book Vol 7*", Metals Park, ASM, 1978.

Donald, S. Clark., Ph.D and Wilbur R Varneys, M.S. "*Physical Metallurgy For Engineers*" ,Second Edition, D Van Nostrad Company. 1962.

Henkel & Pense, "*Structur properties of engineering material*" fifth edition. Mc-Graw Hill Book Co, Singapore 1993.

Surahmat, "*Hubungan antara kekerasan dan struktur mikro terhadap ketahanan aus brons*", Tugas sarjana jurusan Teknik Mesin. ITB. 1982.

Siswosuwarno, Mardjono., "*Material & Metalurgi*", Teknik Mesin. ITB, Bandung. 1988.

Suratman, Rochim., "*Panduan Proses Perlakuan Panas*", Lembaga penelitian ITB, Bandung, 1994.

Surdia, Tata. Prof. Ir., "*Pengetahuan Bahan Teknik*", Pradnya Paramita, 1992.

Thomas H. Courtney, "*Mechanical Behavior of Material*", Mc Graw-Hill, International Edition.

William D, Callister, Jr., "*Fundamental of Material Science and Engineering*", Fifth Edition.

William H, Cubberly., "*Metals Hand Book Ninth Edition Volume 2*", Metals Park, ASM, 1979.