



**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

**LKD SEMESTER GENAP 2024-2025**

**Rudi Saputra**

**NIDN: 0312106701**

**ISI LAMPIRAN**

**MATA KULIAH : METALURGI NON FERROUS K**

1. Surat Penugasan
2. Jurnal Perkuliahan
3. Barita Acara
4. Nilai Akhir

**JAKARTA**

**AGUSTUS 2025**



## X. KEGIATAN BELAJAR 10

### ALUMINIUM DAN PADUANNYA

#### A. Sub Kompetensi

Macam dan penggunaan aluminium dapat dijelaskan dengan benar

#### B. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini mahasiswa mampu menjelaskan macam dan penggunaan aluminium.

#### C. Uraian Materi.

##### 1. Aluminium dan Paduannya

Aluminium merupakan salah satu bahan teknik yang penting dari jenis logam Non-ferro karena secara umum Aluminium memiliki sifat yang dapat memenuhi syarat dari berbagai sifat produk komponen atau peralatan teknik.

Yang sangat spesifik dari sifat Aluminium ialah berat jenisnya yang rendah yakni hanya  $2,702 \text{ Kg/dm}^3$ , memiliki sifat ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh korosi atmosferic serta sifat yang lain dan yang sangat penting dari Aluminium ini ialah sifat thermal dan electrical conductivity yang ditandai dengan lapisan yang mengkilat jika dipoles serta cepatnya perambatan panas pada Aluminium ini.

Aluminium ditemukan tahun 1827 oleh Federick Wohler seorang ahli kimia Jerman. Aluminium terdapat pada permukaan bumi dalam bentuk senyawa kimia yang disebut Bauxite yang merupakan bijih Aluminium dengan komposisi yang terdiri atas tanah tawas, Oxide Aluminium, Oxide besi dan Asam Silikat. Selanjutnya Bauxite ditemukan diberbagai Negara di Eropa seperti Prancis, Itali dan Negara-negara Balkan serta Rusia, Hongaria, Afrika, Amerika, Asia dan Australia.

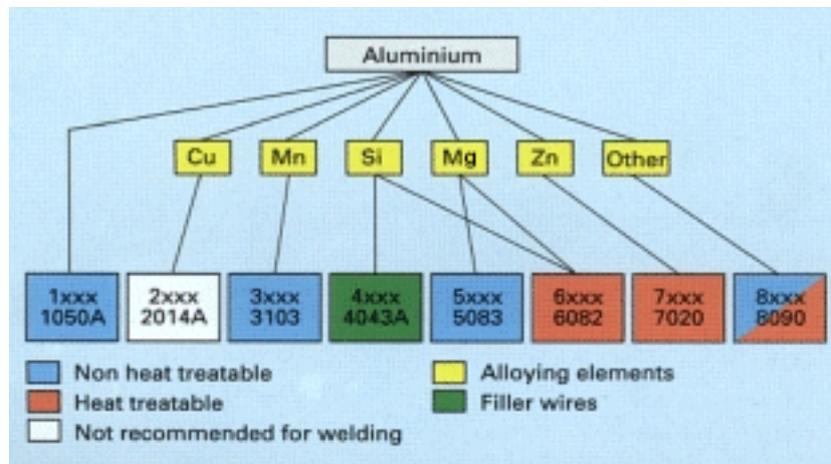
Secara komersial Aluminium diperoleh dalam keadaan murni hingga 99,9 % atau terendah 99 % memiliki kekuatan tarik  $60 \text{ N/mm}^2$  dan dapat ditingkatkan melalui proses pengerjaan dingin hingga  $140 \text{ N/mm}^2$  serta akan meningkat lagi tergantung panjangnya proses pengerjaan tersebut.

Sifat korosi Atmospheric terjadi pada Aluminium ialah dimana disebabkan oleh proses persenyawaan Aluminium dengan udara yang mengakibatkan terbentuknya lapisan film setebal kurang lebih  $13 \times 10^{-6} \text{ mm}$ . Yang bersifat adhesive pada permukaannya sehingga melindunginya dari pengaruh udara berikutnya.

Untuk memperoleh sifat yang lain dari Aluminium dapat dilakukan dengan proses pencampuran atau paduan dengan unsur-unsur logam lainnya, seperti Copper (Tembaga), Manganese, Magnesium, Zincum, Nickel, Silicon dan lain-lain sehingga memenuhi sifat bahan yang dikehendaki.

**2. Klasifikasi Aluminium dan Paduannya**

Sebagai aluminium murni sejumlah campuran logam unsur-unsur lembut, unsur kecil ditambahkan untuk menghasilkan bidang sifat mekanis. Paduan aluminium dikelompokkan berdasarkan unsur-unsur logam yang dipadukan, Secara komersil penulisan kode kalsifikasi aluminium ditulis dengan empat digit.



Gambar 10.1. Klasifikasi Aluminium

Tabel 10.1. Klasifikasi Aluminium dan Paduannya

<i>Wrought alloys</i>	<i>Designation</i>	<i>Casting alloys</i>	<i>Designation</i>
99.00% (min.) aluminium	1XXX	99.00% (min.) aluminium	1XX.X
Copper	2XXX	Copper	2XX.X
Manganese	3XXX	Silicon with added copper and/or magnesium	3XX.X
Silicon	4XXX	Silicon	4XX.X
Magnesium	5XXX	Magnesium	5XX.X
Magnesium and silicon	6XXX	Zinc	6XX.X
Zinc	7XXX	Tin	7XX.X
Others	8XXX	Others	8XX.X

**a. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg**

Paduan Al-Cu yang mengandung 4-5% Cu memiliki daerah pembekuan yang luas, penyusutannya besar, resiko getas panas besar dan mudah terjadi retakan

pada coran. Untuk menanganulangnya dapat ditambahkan Si dan Ti yang dapat memperhalus butir. Paduannya ini terjadi pegerasan karena penuaan. Coran alumunium dengan paduan ini dapat diperlakukan panas dan kekuatannya mencapai 25 kg/mm<sup>2</sup>.

Paduan Al-Cu-Mg yang mengandung 4% Cu dan 0,5 % Mg dapat mengalami pegerasan dalam beberapa hari oleh penuaan pada temperature biasa. Paduan Al Cu biasanya memiliki ketahanan korosi yang jelek. Paduan alumunium dengan seri 2017 merupakan paduan yang dikenal dengan duralumin, dimana memiliki komposisi Al-4%Cu-0,5%Mg-0,5%Mn. Apabila komposisi Mg ditingkatka menjadi Al-4,5%Cu, 1,5% Mg-0,5%Mn dikenal sebagai Duralumin super deng seri 2024. Bahan ini banyak dipakai sebagai bahan pembuatan pesawat terbang.

#### **b. Paduan Al-Mn**

Mn merupakan paduan yang meningkatkan kekuatan Al tanpa mengurangi ketahanan korosi. Paduan A-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1%Mg dikenal dengan paduan alumunium seri 3003 dan 3004. Paduan ini kuat tanpa perlakuan panas dan tahan korosi.

#### **c. Paduan Al-Si**

Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, memiliki permukaan yang bagus sekali, tanpa getas panas. Paduan ini juga merupakan paduan alumunium yang tahan korosi, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Paduan Al-Si yang mengalami perlakuan pada daerah eutektik disebut Silumin. Sifat-sifat silumin dapat diperbaiki dengan perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsure paduan. Umumnya ditambahkan 0,15-0,4% Mn dan 0,5%Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan dan dituakan dinamakan Silumin  $\gamma$  dan hanya ditemper saja dinamakan Silumin  $\beta$ . Bahan ini banyak dipakai untuk torak motor.

#### **d. Paduan Al-Mg**

Paduan ini dikenal sebagai Hidronalium. Paduan Al-Mg memiliki ketahanan korosi yang baik. Paduan Al-2-3%Mg memiliki sifat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi. Untuk bahan tempaan paduan yang banyak digunakan adalah seri 5052. Sedangkan yang paduan Al-Mg yang paling kuat adalah seri 5056.

#### e. Paduan Al-Mg-Si

Paduan Al-Mg-Si memiliki mampu bentuk yang sangat baik pada temperature biasa dan tahan korosi. Selain itu paduan ini memiliki kemampuan diperkuat dengan perlakuan panas. Paduan yang banyak digunakan untuk rangka adalah seri 6063.

#### f. Paduan Al-Mg-Zn

Paduan yang banyak digunakan adalah seri 7075. Paduan ini terdiri dari Al-5,5%Zn, 2,5%Mg, 1,5%Cu-0,3%Cr-0,2%Mn, memiliki kekuatan yang tertinggi diantara paduan aluminium lainnya. Paduan ini banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat udara.

Paduan logam aluminium juga dapat digolongkan lebih lanjut menurut standar kemampuan perlakuannya yaitu paduan heat-treatable atau non-heat-treatable.

##### a. Paduan Non-heat-treatable

Kekuatan material tergantung pada efek proses mengeraskan dan larutan padat yang mengeraskan campuran logam unsur-unsur seperti magnesium, dan mangan. Paduan ini ditemukan pada seri 1xxx, 3xxx dan 5xxx..

##### b. Paduan Heat-treatable

Kekuatan material dan Kekerasan tergantung pada komposisi paduan dan perlakuan panas. Paduan ini terdapat pada klasifikasi seri 2xxx, 6xxx dan 7xxx.

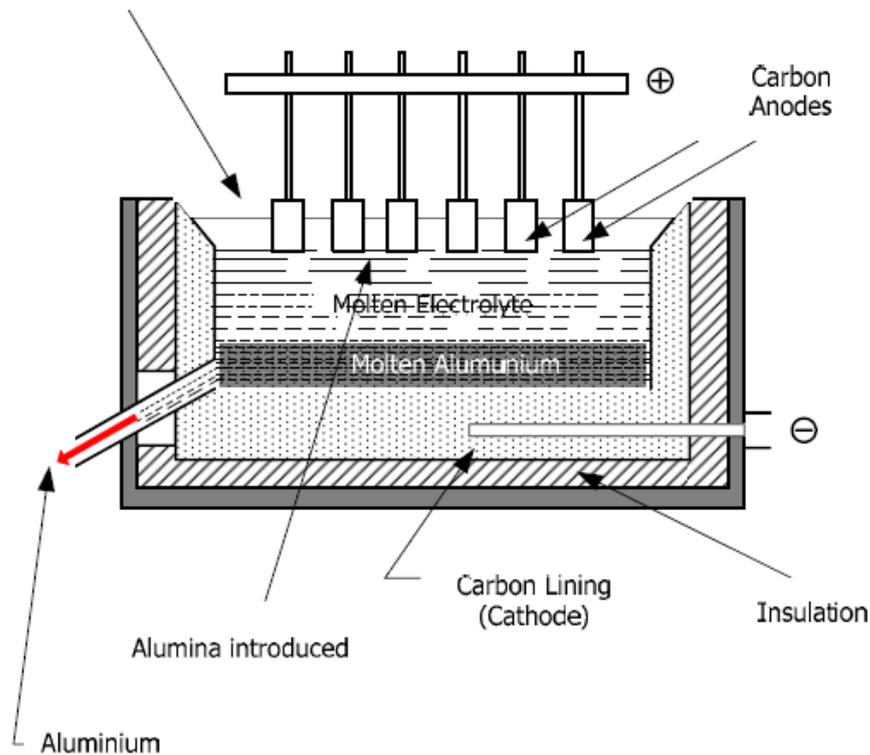
### 3. Dasar-dasar paduan Aluminium

Paduan Aluminium dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok menurut sifat pengerjaannya, yaitu :

- a. Aluminium paduan tempa (wrought Aluminium Alloy)
- b. Aluminium paduan Tuangan (Cast Aluminium Alloy).

### 4. Aluminium paduan tempa (wrought Aluminium Alloy)

Aluminium paduan tempa(wrought Aluminium Alloy) ini diproses melalui pengolahan tempa atau ekstrusi, pengolahan yang menghasilkan bahan-bahan setengah jadi seperti plat, pipa kabel, batangan bulat atau bersegi dan lain-lain. Paduan Aluminium ini juga dikelompokkan menurut sifat reaksi perlakuan panasnya (lihat diagram paduan Aluminium).

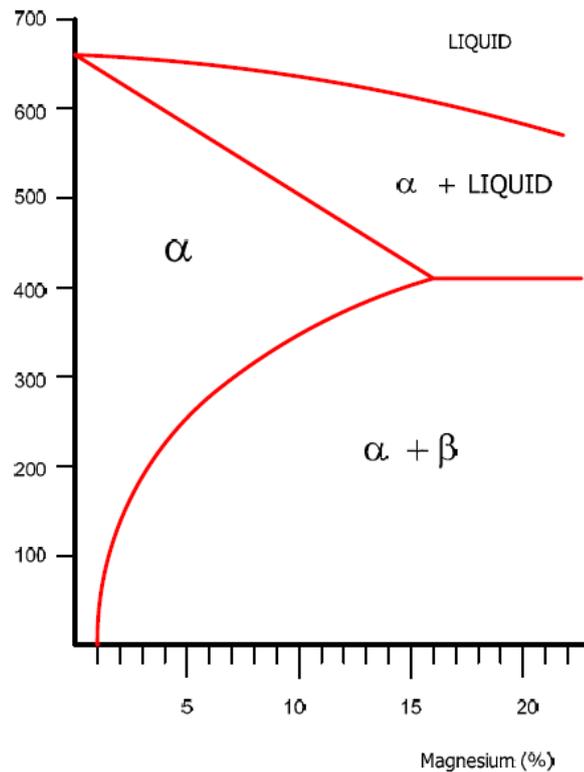


Gambar 10.2 Proses pembuatan Aluminium

### 5. Pekerjaan pengerasan pada Paduan Aluminium

Paduan Aluminium ini sebenarnya tidak terlalu merespon terhadap reaksi perlakuan panas, akan tetapi derajat yang disebut “Temper” dapat kita peroleh melalui pengendalian rentangpengerjaan dingin yang dicapai setelah pelunakan akhir, namun demikian kekuatan tariknya tidak akan diperoleh bila ukuran yang dikehendaki telah tercapai kecuali dengan undersized. Prinsip-prinsip pengerasan pada Paduan Aluminium ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Paduan Aluminium dengan total unsur paduan hingga 1 % yang terdiri atas Silicon, besi Manganese dan Seng sesuai dengan sifat yang dikehendaki, kekuatan tarik maximum dapat dicapai melalui proses tempa (Forging) atau berbagai metoda pengerjaan dingin dan tingkat keuletannya dapat diperoleh melalui penambahan jumlah atau jenis bahan paduan sekalipun hal ini relative mahal.
- b. Paduan Aluminium dengan total unsur paduan hingga 2,4 % termasuk 1,2 % Manganese.
- c. Paduan Aluminium dengan berbagai unsur paduan serta kadar yang bervariasi hingga diatas 7 % sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 10.3. Diagram keseimbangan dari Paduan Aluminium-Magnesium

Berbagai jenis aluminium paduan sebagaimana disebutkan merupakan struktur larutan padat dengan sedikit larutan dua phase. Diagram keseimbangan (Gambar 10.3) yang diperlihatkan berikut ini merupakan bentuk keseimbangan untuk paduan AluminiumMagnesium dimana diagram ini memperlihatkan bahwa unsur Magnesium larut didalam Aluminium yang meningkat sesuai dengan meningkatnya Temperatur pemanasan. Paduan ini bukan merupakan masalah utama karena melalui proses paduan ini hanya akan meningkatkan sedikit tegangan namun merata. Struktur dengan larutan padat (Solid Solution) ini memiliki sifat yang lunak tetapi sangat tahan terhadap korosi.

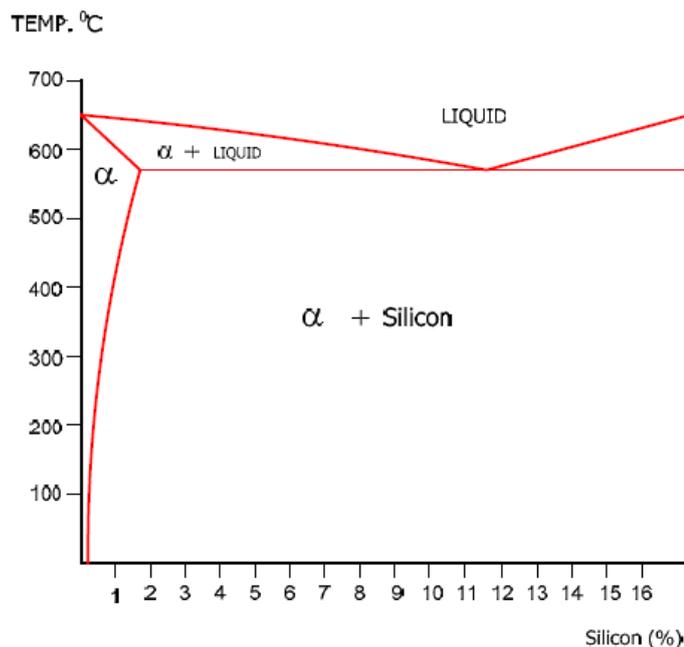
## 6. Paduan Aluminium mampu perlakuan panas (heat treatable wrought Aluminium Alloy)

Sifat mampu perlakuan panas pada paduan Aluminium ini akan memberikan peluang terhadap bahan ini untuk diberikan peningkatan tegangannya melalui proses perlakuan panas. Tentang prinsip-prinsip perlakuan panas dapat dipelajari pada proses Heat treatment yakni Pengendalian sifat mekanik logam melalui proses perlakuan panas.

Proses perlakuan panas pada Aluminium paduan ini dapat dianggap sebagai :

- Unsur paduan pada Aluminium dengan kadar Tembaga hingga 4 % dengan campuran  $\text{CuAl}_2$  merupakan paduan dengan dengan medium hardening.
- Unsur paduan pada Aluminium dengan total paduan hingga 2 % yang etrdiri atas Silicon dan Magnesium,  $\text{Mg}_2\text{Si}$  merupakan medium hardening.
- Variasi unsur paduan pada Aluminium yang terdiri atas Tembaga, Silocon sebagai media hardening.

Sifat heatreatable (mampu perlakuan panas) dari paduan Aluminium ini jatuh dalam dua kelompok yakni terjadinya pengerasan secara spontan setelah pembentukan larutan, sedangkan yang lainnya memerlukan proses lanjutan, yakni proses perlakuan panas yang disebut sebagai "precipitation treatment" dengan tujuan untuk memperbaiki sifatnya.



Gambar 10.4. Bagian dari Diagram keseimbangan Paduan Aluminium-Silicon

Dalam proses ini diperlukan berbagai unsur tambahan seperti unsur yang bersifat meningkatkan kekerasan, ketegangan, misalnya besi dan Seng. Jika Paduan Aluminium ini akan digunakan pada temperature tinggi maka diperlukan unsur Nickel.

#### a. Paduan Aluminium tuangan (Cast Aluminium Alloys)

Jika diperlukan Aluminium Paduan dengan sifat keuletan yang tinggi serta sifat

ketahanan terhadap korosi yang tinggi pula maka pada Aluminium yang memiliki kemurnian komersial ditambahkan unsur-unsur Silicon dan Magnesium, dengan demikian juga akan diperoleh Aluminium paduan yang keras dan kuat dengan paduan yang kompleks.

Berdasarkan diagram keseimbangan (Gambar 10.4) berikut dimana kita memerlukan keadaan paduan yang sangat cair dengan kadar Silicon yang lebih besar dari 5 % , dengandemikian berdasarkan diagram tersebut yang mengindikasikan terjadinya komposisi Eutectic berada pada kadar Silicon sebesar 11,6 %, dengan demikian Aluminium paduan ini cocok dibentuk melalui pengecoran dengan cetakan pasir, Grafity die Casting, pressure die Casting dengan cold chamber die Casting. Aluminium paduan dari kelompok ini termasuk dalam kelompok Aluminium paduan yang mampu perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan tegangannya.

#### **b. “As-Cast” Aluminium Alloys**

Terdapat 3 kelompok utama dari “As-Cast” Aluminium Alloys ini yaitu :

- 1) Aluminium paduan dengan kadar 9% sampai 13 % Silicon, Aluminium paduan ini dapat dibentuk melalui pengecoran dengan metoda Die-Casting.
- 2) Alumunium Paduan dengan komposisi yang terdiri atas 1,6 % Copper dan 10 % Silicon dapat dibentuk dengan penuangan melalui metode pressure die Casting.
- 3) Aluminium Paduan dengan kadar 4,5 %Magnesium; dan 0,5 % Manganese, kendati paduan ini hanya memiliki tegangan menengah namun memiliki sifat ketahanan korosi yang baik.
- 4) Aluminium Paduan ini dapat dibentuk melalui pengecoran dengan proses pencetakan pasir (Sand-Casting) dan Grafity Die Casting.

#### **7. Sifat mampu pemanasan pada Tuangan Aluminium paduan**

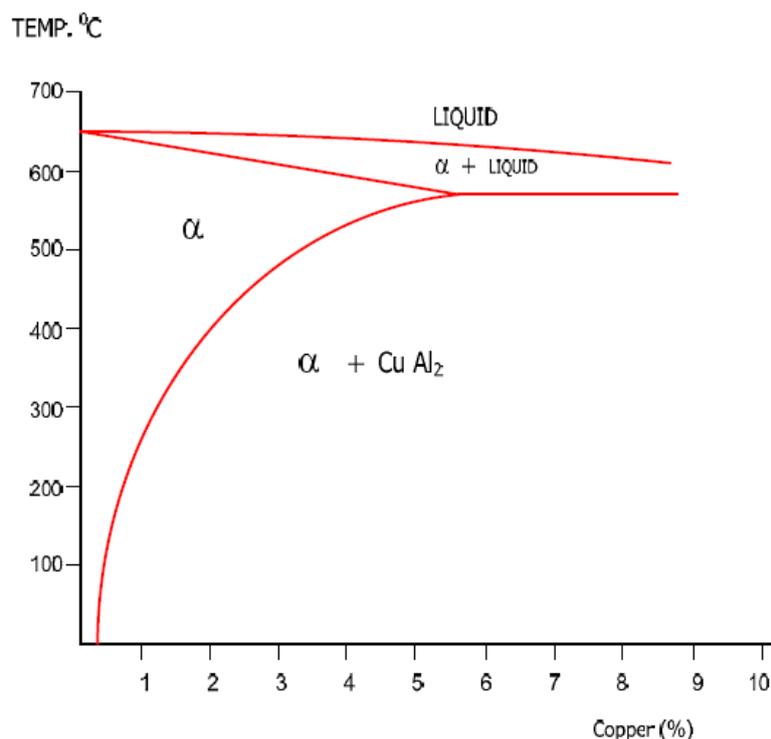
Dengan penambahan unsur paduan pada Aluminium Paduan seperti unsur Silicon dan berbagai unsur lainnya sudah cukup memberikan fungsi pengerasan. Angka terbesar dari bahan-bahan paduan pada Aluminium Paduan diperoleh dari unsur Tembaga (Cu) dengan kadar hingga 4 % yang ditambah dengan sedikit unsur Nickel hingga 3 % yang akan menghasilkan media pengerasan dari campuran Ni Al<sub>3</sub>.

### 8. Perlakuan panas pada Aluminium paduan

Peningkatan Tegangan dengan perlakuan panas Aluminium Paduan yang memiliki komposisi yang sesuai untuk ditingkatkan kekuatannya, perlakuan panas akan mencairkan bahan ini yang diikuti oleh proses pengendapan (precipitation). Untuk keadaan ini respon bahan terhadap reaksi pemanasan akan ditandai dengan adanya batas larutan padat (Solid solution) didalam larutan tersebut hingga mencapai temperature ruangan yang meningkat sesuai perubahan temperature itu sendiri.

Prilaku Tembaga serta cara pemaduannya dengan Aluminium dapat digambarkan dalam diagram keseimbangan pada gambar 10.5. Dengan hanya 0,2% Tembaga pada Aluminium akan menghasilkan campuran antar logam Cu Al<sub>2</sub>. Larutan padat (solid Solution) dari Tembaga pada Aluminium meningkat sesuai dengan peningkatan Temperaturnya menjangkau maximum hingga 5,7 % pada Temperatur 584 %, akan tetapi jika kandungan unsur Tembaga kurang dari 5,7 % maka seluruhnya akan masuk kedalam larutan padat (solid solution), bila diberikan pemanasan dengan temperature yang cukup tinggi.

Jika Paduan telah berada dalam keseimbangan melalui proses pendinginan, misalnya setelah penuangan, kelebihan unsur tembaga secara berangsur-angsur akan mengendap dari larutan padat kedalam bentuk campuran yang sangat keras dan rapuh Cu Al<sub>2</sub> yang berkumpul didalam batas butiran



Gambar 10.5 Bagian dari diagram Keseimbangan paduan Aluminium-Copper

## 9. Pembentukan larutan

Jika proses pendinginan pada paduan Aluminium dilakukan dengan lambat dan diberikan pemanasan lanjut untuk mendapatkan larutan padat yang menyeluruh, kemudian di-Quenching pada media air atau oli tidak akan terjadi pengendapan tetapi akan menghasilkan larutan padat yang jenuh.

Temperatur serta durasi waktu yang diperlukan untuk “solution treatment” akan tergantung kepada komposisi unsur dari paduan itu sendiri. Dari akhir perlakuan panas akan dihasilkan bentuk Paduan Aluminium yang lunak dan lembek sehingga dapat dikerjakan dengan proses pengerjaan dingin.

### a. Proses pengendapan

Larutan jenuh yang diperoleh dari larutan padat melalui proses pelarutan hanya akan stabil pada temperature rendah, sehingga apabila dilakukan proses pemanasan lanjut atau yang disebut precipitation-treatment dimana akan terjadinya proses pengendapan maka kebutuhan temperature pemanasan juga tidak terlalu tinggi. Unsur tembaga atau berbagai unsur paduan lainnya tidak akan meninggalkan larutan padat tetapi hanya akan membentuk daerah populasi tinggi (High-Population) , oleh karena itu tegangannya akan meningkat.

Derajat Temperatur pemanasan juga akan tergantung pada komposisi unsur paduan dari Aluminium itu sendiri, demikian pula dengan durasi waktu yang diperlukan, selain juga tergantung pada komposisi unsur paduannya juga ukuran ketebalan harus dipertimbangkan, secara rata-rata temperature pemanasan ini biasanya diberikan antara 100<sup>o</sup>C hingga 200<sup>o</sup>C dengan waktu pemanasan antara 2 sampai 30 jam. Petunjuk dalam proses ini hendaknya dipatuhi karena kesalahan dari prosedur pelaksanaannya dapat mengakibatkan tereduksinya kekuatan bahan itu sendiri terlebih lagi jika Temperatur pemanasannya terlalu tinggi atau pemanasannya terlalu lama.

### b. Natural Ageing

Pada beberapa kasus berbagai jenis paduan sulit mengalami pengendapan dan temperature ruangan masih terlalu tinggi untuk membantu proses pengendapan tersebut, oleh karena itu untuk diperlukan waktu yang cukup paling tidak selama 30 menit yang kemudian diselesaikan secara penuh dalam waktu 4 hari agar tegangan maximum dapat tercapai. Paduan Aluminium dengan kadar Tembaga hingga 4 % atau yang dikenal dengan “Duralumin” adalah bentuk paduan Aluminium dengan proses “Natural Ageing”

Alloy. Jika Paduan Aluminium ini akan dibentuk melalui proses pengerjaan dingin maka harus dilakukan dalam waktu 2 jam setelah Quenching, Karena jika melewati batas waktu tersebut pengendapan akan meluas sehingga akan sulit dikerjakan dengan proses ini.

Proses pengendapan dapat ditunggu hingga 4 jam jika ini dilakukan didalam refrigerator dengan temperature antara  $-6^{\circ}\text{C}$  sampai  $-10^{\circ}\text{C}$ , dengan demikian akan dihasilkan larutan yang sempurna dan paduan ini dapat disimpan hingga diperlukan proses pengerjaan. Salah satu produk yang menggunakan bahan dari jenis dan perlakuan tersebut antara lain ialah paku keling.

### c. Annealing Pada Aluminium paduan

Proses Annealing dapat dilakukan pada semua jenis Aluminium paduan tempa sehingga paduan ini dapat dibentuk melalui proses pengerjaan dingin. Temperatur Annealing ditentukan berdasarkan temperatur rekristalisasi dari Aluminium paduan itu sendiri, namun biasanya diberikan antara  $340^{\circ}\text{C}$  hingga  $450^{\circ}\text{C}$  dengan waktu pemanasan antara 20 menit hingga 2 jam tergantung pada komposisi serta ukuran ketebalan dari bahan tersebut.

Yang paling penting untuk diperhatikan dalam proses Annealing pada Aluminium ini ialah tidak boleh memberikan pemanasan dengan Temperature yang berlebihan karena akan menumbuhkan butiran sehingga akan mereduksi semua sifat mekanik dari bahan tersebut setelah proses ini dilakukan.

### d. Stabilising Treatment

Sangat sering terjadi dalam perlakuan panas pada berbagai jenis bahan logam dimana perlakuan panas menimbulkan efek tegangan dalam terutama pada Aluminium yang dibentuk melalui pengecoran dan benda kerja dibiarkan dingin didalam cetakan (Mould), hal ini terjadi pula dalam proses ekstrusi besar serta tempa besar. Untuk mengatasi hal ini benda kerja dapat dilakukan pemanasan dengan temperature  $200^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 5 jam atau sesuai dengan ukuran ketebalan benda kerja tersebut.

### e. Kelengkapan (equipment)

Dapur pemamanas merupakan salah satu kelengkapan utama dalam perlakuan panas. Demikian halnya untuk keperluan proses Annealing pada Aluminium paduan ini.

Dapur pemanas yang digunakan dalam proses ini sebaiknya menggunakan dapur sirkulasi udara walau pun sebenarnya semua jenis dapur pemanas dapat

digunakan, akan tetapi dapur sirkulasi udara direkomendasikan pemakaiannya untuk proses Annealing pada Aluminium paduan serta proses pengendapannya.

Dapur Salt-bath dapat juga digunakan namun pemakaian dapur ini bahan yang akan diberi perlakuan harus dilapisi dengan grease dan dikeringkan sebelum dimasukkan kedalam kubangan, selanjutnya dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan sisa-sisa garam agar terhindar dari kerusakan akibat reaksi kimia oleh garam tersebut.

## 10. Fabrikasi Aluminium dan ALuminium paduan

Secara komersial Alumunium murni maupun Alumunium paduan tempa dapat dimanipulasi kedalam berbagai bentuk melalui pengerolan, deep drawing, pressing, stretch forming, stamping extruding serta impact extruding dan bending. Untuk Aluminium paduan dapat dibentuk melalui proses pengecoran dalam cetakan pasir (Sand Casting), die Casting dan lain-lain. Pembentukan melalui proses pemesinan (machining) diperlukan kecepatan pemotongan yang tinggi serta penentuan sudut potong yang akurat dari alat potong yang digunakan.

Penyambungan Aluminium dapat dilakukan melalui pengelasan dengan menggunakan fluxi aktif untuk menghilangkan oxide film, sedangkan penyambungan dengan penyolderan dan brazing hanya dapat dilakukan pada Aluminium murni tau jenis Aluminium tertentu yang telah diketahui jenisnya. Penyambungan Aluminium secara mekanik dapat juga dilakukan dengan rivet (keling) serta penyambungan dengan baut.

Aluminium dapat dilakukan finising dengan pemolesan dan burnishing oleh Chemical finishing atau anodizing melalui penebalan lapisan oxid film dengan cat setelah proses chemical anodic finishing atau electroplating setelah persiapan permukaan yang sesuai.

Ketahanan korosi dari Aluminium paduan dapat diperbaiki dengan pengerolan dengan memberikan lapisan Aluminium murni pada setiap sisinya yang menghasilkan "three-effect". Aluminium paduan diperdagangkan dengan nama "Alclad".

### D. Latihan

1. Jelaskan kelebihan sifat-sifat alumunim dibanding baja karbon!
2. Mengapa logam alumunium tahan terhadap korosi udara luar?

3. Jelaskan tentang logam paduan duralumin!
4. Ada berapa macam Silumin? Sebutkan dan jelaskan.
5. Bagaimana sifat-sifat paduan Al-Mg-Zn?
6. Jelaskan pengklasifikasian logam paduan aluminium berdasarkan kemampuan perlakuan panas?
7. Menurut sifat pengerjaannya paduan aluminium dapat dikelompokkan menjadi dua. Sebutkan dan jelaskan!
8. Untuk bahan ekstrusi dipilih aluminium paduan apa? Jelaskan dan beri alasannya!
9. Jelaskan proses natural ageing pada paduan aluminium!
10. Jelaskan proses annealing pada paduan aluminium!

### E. Rangkuman

Aluminium merupakan salah satu bahan teknik yang penting dari jenis logam Non-ferro. Aluminium memiliki sifat yang dapat memenuhi syarat dari berbagai sifat produk komponen atau peralatan teknik. Yang sangat spesifik dari sifat Aluminium ialah berat jenisnya yang rendah  $2,702 \text{ Kg/dm}^3$ , memiliki tahankorosi atmosferic, serta sifat yang lain seperti sifat thermal dan electrical conductivity serta mampu seperti kaca.

Aluminium terdiri dari aluminium murni dan paduan seperti :Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg, Paduan Al-Mn, Paduan Al-Si, Paduan Al-Mg, dan Paduan Al-Mg-Si,

Paduan Aluminium dengan kadar Tembaga hingga 4 % atau yang dikenal dengan "Duralumin" adalah bentuk paduan Aluminium dengan proses "Natural Ageing" Alloy.

Paduan Al-Si yang mengalami perlakuan pada daerah eutektik disebut Silumin. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan dan dituangkan dinamakan Silumin  $\gamma$  dan hanya ditemper saja dinamakan Silumin  $\beta$ . Bahan ini banyak dipakai untuk torak motor.

Proses Annealing dapat dilakukan pada semua jenis Aluminium paduan tempa sehingga paduan ini dapat dibentuk melalui proses pengerjaan dingin.

Secara komersial Aluminium murni maupun Aluminium paduan tempa dapat dimanipulasi kedalam berbagai bentuk melalui pengerolan, deep drawing, pressing, stretch forming, stamping extruding serta impact extruding dan bending

## XI. KEGIATAN BELAJAR 11

### TEMBAGA DAN PADUANNYA

#### A. Sub Kompetensi

Macam dan penggunaan tembaga dan paduannya dapat dijelaskan dengan benar

#### B. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini mahasiswa mampu menjelaskan macam dan penggunaan tembaga beserta paduannya.

#### C. Uraian Materi.

##### 1. Tembaga dan paduannya

Tembaga digunakan secara luas sebagai salah satu bahan teknik, baik dalam keadaan murni maupun paduan. Tembaga memiliki kekuatan tarik hingga  $150 \text{ N/mm}^2$  dalam bentuk tembaga tuangan dan dapat ditingkatkan hingga  $390 \text{ N/mm}^2$  melalui proses pengerjaan dingin dan untuk jenis tuangan angka kekerasannya hanya mencapai 45 HB namun dapat ditingkatkan menjadi 90 HB melalui pengerjaan dingin, dimana dengan proses pengerjaan dingin ini akan mereduksi keuletan, walaupun demikian keuletannya dapat ditingkatkan melalui proses annealing (lihat proses perlakuan panas) dapat menurunkan angka kekerasan serta tegangannya atau yang disebut proses "temperature" dimana dapat dicapai melalui pengendalian jarak pengerjaan setelah annealing.

Tembaga memiliki sifat thermal dan electrical konduktifitas nomor dua setelah Silver. Tembaga yang digunakan sebagai penghantar listrik banyak digunakan dalam keadaan tingkat kemurnian yang tinggi hingga 99,9 %. Sifat lain dari tembaga ialah sifat ketahanannya terhadap korosi atmosferic serta berbagai serangan media korosi lainnya. Tembaga sangat mudah disambung melalui proses penyoderan, Brazing serta pengelasan. Tembaga termasuk dalam golongan logam berat dimana memiliki berat jenis  $8,9 \text{ kg/m}^3$  dengan titik cair  $1083^\circ\text{C}$ .

##### 2. Pembuatan tembaga

Unsur dasar tembaga diperoleh dalam bentuk bijih tembaga dengan kadar yang rendah dengan rata-rata kurang dari 4%. Proses pemecahan dan pembubukan dilakukan untuk memisahkan unsur tembaga dari butiran-butiran pengikat melalui pengapungan serta untuk menghilangkan butiran-butiran yang tidak berguna.

Butiran-butiran yang mengandung unsur tembaga dipanaskan didalam dapur

pemanas untuk melepaskan ikatannya dengan unsur batuan serta persenyawaan dengan unsur sulphide besi. Unsur ini kemudian diolah didalam converter untuk pemisahan besi dan sulphur.

#### a. Proses pemurnian api (*Fire-refining*)

Dari proses tersebut diatas akan dihasilkan tembaga untuk dilakukan proses pemurnian api (*Fire-refining*) dimana tembaga yang dalam keadaan tidak murni dicairkan dan dilakukan proses oksidasi untuk melepaskan berbagai unsur lainnya yang terkandung didalam Tembaga tersebut.

Selanjutnya dengan menggunakan batang kayu yang ditekan kedalam larutan untuk menggerakkan oxygen oleh pembakaran dan selanjutnya dituangkan kedalam cetakan dan menghasilkan tembaga dalam bentuk batangan.

#### b. Electrolytic refining

Electrolytic refining yaitu proses pemurnian dengan cara elektrolit yang akan menghasilkan tembaga murni, prosesnya ialah tembaga yang berbentuk batangan yakni tembaga yang akan dimurnikan berfungsi sebagai anoda digantungkan didalam cairan panas asam sulphuric dan cooper sulphate dan dihubungkan melalui plat tembaga murni sebagai katoda, dengan demikian unsur tembaga ini akan mngendap pada cathode dan unsur-unsur lainnya akan mengendap pada kubangan dari larutan elektrolite.

### 3. Kadar Tembaga

Kadar Tembaga ialah derajat kemurnian tembaga yang berhubungandengan proses pembuatan serta fungsi pemakaiannya, yang meliputi :

#### a. Cathode Copper

Kadar Tembaga diperoleh dari proses electrolisa (electrolytic refining) yang digunakan sebagai raw material untuk penghantar arus listrik serta tembaga paduan dan bahan tuangan.

#### b. Electrolytic Tough High Conductivity Copper

Tembaga ini ialah dimana Cathode copper dicairkan dan dituangkan kedalam cetakan dengan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan, kadar oxygen atau Pitch harus dikendalikan secara hati-hati karena dapat mengakibatkan timbulnya efek yang merugikan terhadap sifat kemurniannya.

**c. Fire refined Tough Pitch High Conductivity Copper**

Conduktifitas Tembaga ini lebih baik dari pada electrolytic Tough Pitch Copper, akan tetapi tingkat kemurniannya lebih rendah dimana sebagian kecil dari unsur-unsur lain tidak sapat dihilangkan melalui proses ini

**d. Ordinary Tough Pitch Copper**

Tembaga dari jenis ini tidak termasuk dalam spesifikasi conductif, dimana masih mengandung oxygen serta berbagai unsur lainnya, akan tetapi secara umum pemakaiannya masih memuaskan.

**e. Oxygen-Free High Conductivity Copper (OFHC)**

Tembaga ini diperoleh dari proses pencairan ulang dari Cathode Tembaga yang kemudian dituangkan sebagai cara untuk menghindari penyerapan oxygen. Tembaga dari jenis ini sangat cocok digunakan sebagai bahan pengelasan nyala, brazing, impact extrusion dan lain-lain.

**f. Arsenical Copper**

Arsenic digunakan sebagai unsur tambahan pada tembaga dimana dengan penambahan unsur Arsenic diatas 0,5 % dapat meningkatkan kekuatan tarik dari Tembaga tersebut dan memungkinkan untuk digunakan pada Temperatur hingga 300<sup>0</sup> C tanpa terjadi penurunan tegangannya. Demikian pula ketahanan terhadap serangan korosi atmosferic dapat meningkat akan tetapi konduktifitas Thermal dan Konduktifitas listriknya menurun.

**4. Proses pembentukan dan pemesinan pada Tembaga**

Proses pembentukan benda-benda kerja dari bahan tembaga mealui proses pemesinan dilakukan dengan memberikan kecepatan potong yang tinggi namun dengan pemotongan yang rendah (low depth of Cut). Proses pembentukan lainnya tembaga ini ialah melalui pengerjaan panas misalnya hot rolling, extrusion dan forging pada temperature tinggi antara 800<sup>0</sup> C hingga 900<sup>0</sup>C.

Pembentukan dengan pengerjaan dingin (Cold Working) juga dapat dilakukan secara sederhana namun apabila ukurannya melebihi ukuran yang dikehendaki maka terlebih dahulu harus dilunakan (Annealing) pada Temperatur pemanasan 500<sup>0</sup>C. Kecepatan pendinginannya memang tidak kritis namun Quenching dengan air dapat melenyapkan kotoran dan terak serta mempermudah dalam pembersihan.

**a. Tembaga Paduan (Copper base Alloy)**

Tembaga Paduan (Copper base Alloy) paling banyak digunakan sebagai bahan teknik karena memiliki berbagai keuntungan, antara lain :

- 1) Memiliki sifat mekanik yang baik, sifat electrical dan thermal conductivity yang tinggi serta tahan terhadap korosi dan ketahanan aus.
- 2) Mudah dibentuk melalui pemesinan
- 3) Mudah dibentuk melalui pengerjaan panas (Hot working) dan pengerjaan dingin (Cold Working).
- 4) Mudah disambung melalui penyolderan, brazing dan welding.
- 5) Mudah dipoles atau diplating jika dikehendaki
- 6) Pressing dan forging Temperatur lebih rendah dibanding dengan pemakaian bahan logam Ferro.

Tembaga Paduan (Copper Alloy) dapat dikelompokkan menjadi :

- 1) Tembaga paduan rendah yang termasuk dalam kelompok ini ialah Silver- Copper, Cadmium-Copper, Tellurium-Copper, Beryllium-Copper dan Paduan Copper-Nickel-Silicon.
- 2) Tembaga Paduan dengan kadar tinggi, yaitu Brass dan Bronze.

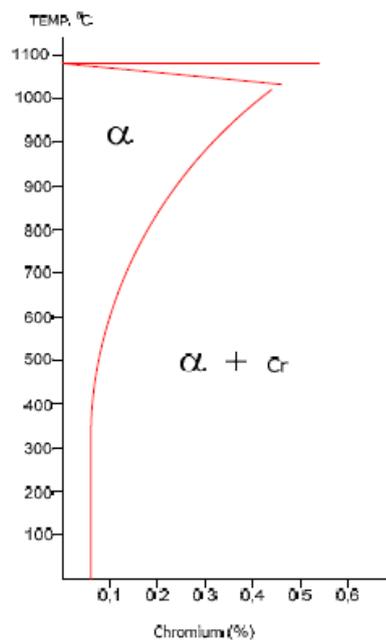
**b. Tembaga paduan dengan kadar rendah**

1) Silver-Copper

Temperatur pelunakan dari tembaga jenis ini dapat ditingkatkan dari 200<sup>o</sup> hingga 350<sup>o</sup> melalui penambahan unsur Nickel hingga 0,08 %. Tembaga ini akan menjadi lebih keras dengan tegangan yang tidak dapat direduksi oleh temperature penyolderan, penimahan (Tining) atau proses lain yang menggunakan temperature rendah. Unsur Silver dengan kadar rendah ini hanya sedikit sekali terjadi efek penyimpangan dan tergantung pada nilai konduktifitas dari tembaga itu sendiri, Silver-Copper digunakan sebagai bagian dari Comutator komponen radiator serta berbagai penerapan yang memerlukan kekerasan dan tegangan stabil tanpa dipengaruhi oleh panas akibat pemanasan selama proses penyambungan. Silver juga memiliki sifat creep resistance pada tembaga karena softening Temperatur.

2) Cadmium-Copper;

Kadar Cadmium sebesar 1% pada Tembaga akan meningkatkan softening Temperatur, demikian pula ketahanan, tegangan dan keuletan serta kelelahannya akan meningkat. Cadmium-Copper digunakan dalam konduktor untuk memperpanjang garis rentang overhead kabel hantaran arus listrik serta untuk ketahanan pada elektroda las (welding electrodes) Sifat lembut dari kabel yang terbuat dari Cadmium-Copper banyak digunakan dalam electrical wiring dari pesawat terbang karena sifatnya yang flexible serta tahan terhadap getaran. Kadar Cadmium yang rendah hanya akan terjadi kerusakan memanjang namun tergantung pada konduktifitas tembaga itu sendiri.



Gambar 11.1. Bagian dari diagram keseimbangan paduan Tembaga Chrom (Chromium-Copper)

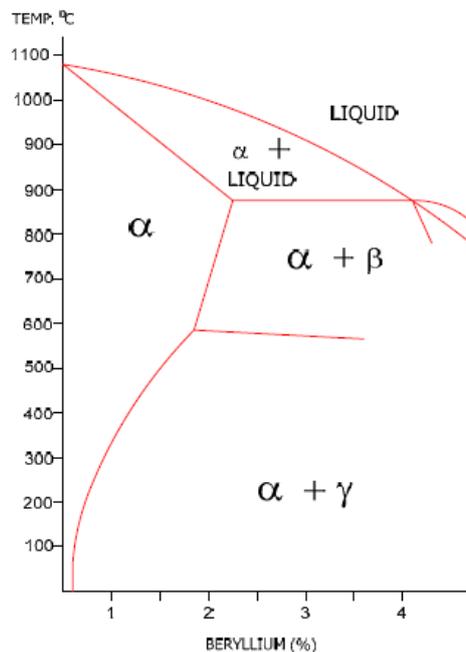
3) Chromium-Copper

Unsur Chromium hingga 0,5 % pada Tembaga akan memperkecil pengaruh konduktifitasnya, namun kekerasan serta tegangannya akan meningkat serta akan menerima reaksi perlakuan panas. Analisis terhadap diagram keseimbangan paduan antara Chromium dengan-Tembaga memberikan indikasi bahwa hanya sedikit saja kuantitas chromium yang dapat bercampur dalam larutan pada (Solid solution). Larutan padat dari Chromium akan meningkat sesuai dengan peningkatan temperaturnya dan semua unsur Chromium akan masuk

didalam larutan padat pada Temperatur 1000°C. Jika paduan ini di-Quenching dari temperatur ini maka akan terjadi “Solution treated” sehingga semua sisa chromium akan tetap berada didalam larutan padat dan menghasilkan paduan yang ulet dan liat. Proses pengendapan (precipitation treatment) dilakukan untuk memperbaiki keseimbangan serta perbaikan sifat mekaniknya, yaitu dengan memberikan pemanasan ulang dengan temperature hingga 500°C dengan waktu (Holding time) selama 2 jam dan kemudian didinginkan.

#### 4) Tellurium-Copper

Unsur Tellurium pada Tembaga hingga sebesar 0,5 % akan menghasilkan paduan tembaga yang dapat dibentuk dengan baik melalui proses pemesian. Tellurium tidak dapat larut didalam Tembaga namun akan menyebar seluruhnya ketika paduan itu dilebur dan tersisa didalam bentuk partikel-partikel halus dimana paduan dalam keadaan padat, dengan demikian maka akan diperoleh Paduan tembaga yang dapat dengan mudah dibentuk melalui pemesian dan menghasilkan chip yang mudah terlepas.



Gambar 11.2 Diagram keseimbangan dari paduan Tembaga-Beryllium (Copper-Beryllium)

#### 5) Berylium-Copper

Beryllium digunakan sebagai unsur paduan pada Tembaga jika kekuatannya lebih penting dari pada konduktifitasnya. Hasil analisis terhadap diagram keseimbangan paduan Tembaga Beryllium memberikan indikasi bahwa hanya sedikit

unsur Beryllium yang masuk kedalam larutan padat dari Tembaga dan sisa Beryllium akan tersusun dengan unsur Tembaga hingga mencapai Temperatur ruangan. Larutan padat dari Beryllium didalam Tembaga akan mengembang oleh pemanasan yang cukup untuk membuat paduan tersebut merespon pengendapan oleh perlakuan panas, prosesnya dilakukan dengan memberikan pemanasan hingga 800°C kemudian di-Quenching diikuti oleh pemanasan hingga 320°C yang pendinginan untuk melunakkan dan meningkatkan keuletannya serta memperbaiki strukturnya.

Paduan Tembaga-Beryllium sangat penting dan banyak digunakan dalam berbagai industri dimana merupakan paduan yang kuat dan keras dengan kadar Beryllium hingga 2% serta Paduan Tembaga dengan 4% Beryllium dan 2,6 % Cobalt. Paduan Tembaga-Beryllium digunakan sebagai gelombang diapragme, Flexible Blower, pipa Bourdon, Cold Chisel, Hacksaw Blades dimana percikan apinya dapat menimbulkan ledakan.

#### 6) Copper-Nickel-Silicon Alloys

Jika Nickel dan Silicon dalam perbandingan 4 : 1, yaitu 4 bagian Nickel dan 1 bagian Silicon dipadukan di dalam Copper (Tembaga) pada Temperatur tinggi maka akan terbentuk sebuah unsur yang disebut Nickel Silicide ( $Ni_2Si$ ) dan pada Temperatur rendah paduan ini akan sesuai untuk pengendapan dalam perlakuan panas, dimana proses pelarutan akan diperoleh dalam proses Quenching dari Temperatur 700°C dan akan diperoleh sifat paduan Tembaga yang lunak dan ulet, kemudian dilanjutkan dengan memberikan pemanasan pada Temperatur 450°C maka akan meningkatkan kekerasan serta tegangan dari paduan Tembaga tersebut.

Prosentase kadar Nickel dan Silicon ini disesuaikan dengan kebutuhan dari sifat yang dihasilkannya, biasanya diberikan antara 1 % hingga 3 % . Paduan Tembaga ini akan memiliki sifat Thermal dan electrical Conductivity yang baik dan tahan terhadap pembentukan kulit dan oksidasi serta dapat mempertahankan sifat mekaniknya pada Temperatur tinggi dalam jangka waktu yang lama.

### c. Tembaga Paduan tinggi

#### 1) Kuningan (Brasses)

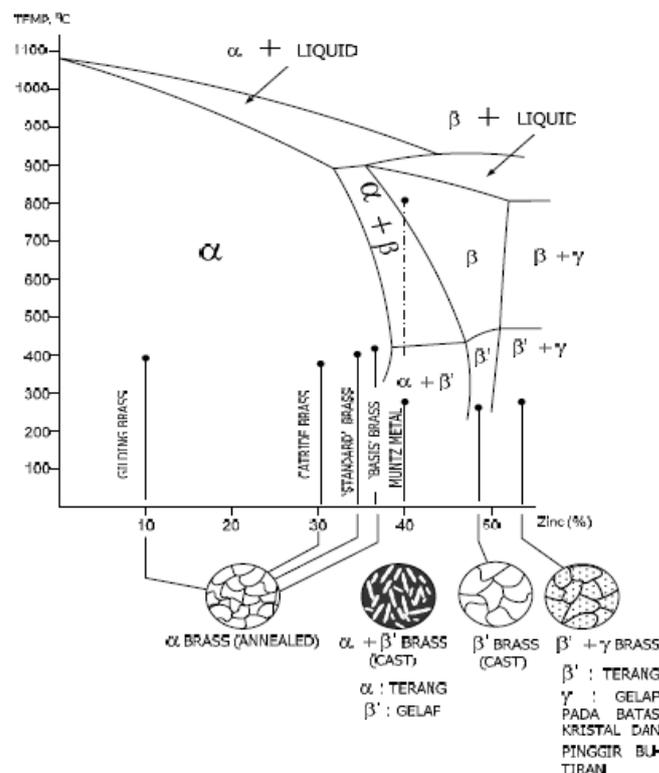
Kuningan adalah paduan Tembaga dengan lebih dari 50 % Zincum (seng) kadang-kadang ditambah dengan Timah putih (Tin) dan Timah Hitam (Lead) serta Alumunium dan

Silicon.

Analisis terhadap diagram keseimbangan dari paduan Copper-Zinc (Tembaga-Seng) memperlihatkan bahwa paduan Tembaga Seng, kadar Seng diatas 37 % dapat diterima dalam Tembaga dan akan membentuk larutan padat yang disebut ( $\alpha$ ). Proses larutan Seng didalam Tembaga tidak berkembang oleh perubahan Temperatur, dengan demikian Kuningan bukan paduan yang terbentuk oleh pengendapan.

Kuningan dengan kandungan seng hingga 37% disebut “ $\alpha$  Brasses” yang merupakan paduan mampu pengerjaan dingin karena terbentuk dari struktur larutan padat. Paduan Tembaga Kuningan yang disebut  $\alpha$  Brasses ini berkembang oleh pengembangan dalam dari unsur yang pada akhirnya akan menyebabkan distorsi dari kisi tembaga (“Tembaga lattice”). Phase dimana terbentuknya pecahan merah (hot short) oleh karena itu kuningan ini tidak cocok untuk pengerjaan panas.

Jika kadar Seng pada paduan Tembaga melebihi 37 % maka kan terjadi phase kedua yaitu “phase- $\beta$ ”, berada bersama dengan phase  $\alpha$  dan paduan ini disebut “ $\alpha + \beta$  Brasses” dengan keuletan seimbang pada temperature ruangan sebab keuletan dari dari kristal  $\alpha$  mengganti kerapuhan dari kristal  $\beta$ .



Gambar 11.3 Bagian dari diagram keseimbangan dan microstruktur dari paduan Tembaga Seng (Copper-Zinc)

Kuningan dari jenis ini memiliki sifat mampu pengerjaan panas (Hot working Brasses), hal ini disebabkan karena atom  $\beta$  berserakan pada temperature tinggi dan akan membentuk keuletan pada phase  $\beta$  dan pada saat yang bersamaan kristal  $\alpha$  akan menjadi rapuh pada Temperatur tinggi dan larut kedalam phase  $\beta$  sehingga paduan akan bersifat ulet pada Temperaatur yang lebih tinggi.

Kuningan dengan kadar Seng 45 % komposisinya terdiri atas kristal secara menyeluruh dengan sifat yang sangat rapuh pada temperature ruangan (*room temperature*), hal ini terlihat pada diagram keseimbangan Tembaga-Seng dimana titik cair dari dari Seng paduan tinggi lebih rendah dari pada Kuningan dengan kadar Seng rendah, oleh karena itu Seng dengan paduan tinggi ini digunakan sebagai “Brazing spelter” karena titik cairnya yang rendah tersebut namun sambungan tidak menjadi rapuh karena selama operasi penyambungan kadar Seng akan turun melalui proses penguapan dan sebagian akan menyebar kedalam Kuningan pada sambungan tersebut.

#### **d. $\alpha$ Brasses mampu pengerjaan dingin (Cold working $\alpha$ Brasses)**

Proses pengerjaan diawali dengan proses perlakuan panas yakni proses yang disebut “Stress relief Annealing treatment”, yakni pemanasan dengan temperature 250°C untuk menghindari keretakan (SeasonCracking), yakni keretakan diantara batas kristal yang sering terjadi pada setiap akhir pengerjaan. Beberapa hal penting dari Kuningan jenis ini antara lain :

- 1) Cap-Copper ; yaitu Copper dioxide dengan kadar Seng hingga 3 % memiliki sifat yang lunak dan ulet serta konduktifitas yang tinggi. Cap-Copper merupakan penamaan yang diberikan sesuai dengan fungsi pemakaiannya yang paling penting sebagai bahan container dari Priming Caps pada Amunisi.
- 2) Gilding-Brass ; yaitu jenis Kuningan yang mengandung 10 % Seng dan melalui pengerjaan berat yang memungkinkan tidak akan terjadi “season crack” dibanding dengan Kuningan berkadar Seng tinggi. Kuningan ini digunakan dalam pembuatan frame “Permata” serta berbagai fungsi dekoratif.
- 3) Catride Brass ; Kuningan ini memiliki kadar Seng hingga 30 %, sesuai dengan namanya Kuningan ini digunakan sebagai bahan pembuatan Catride dan shell case. Kuningan ini memiliki sifat yang cukup ulet untuk jenis Kuningan yang mampu pengerjaan dingin serta memiliki kekuatan tarik yang baik.
- 4) Standard Brasses ; kendati sedikit lebih ulet dari Catride Brasses, Kuningan ini relative lebih murah karena kadar Tembaganya juga lebih rendah, demikian

pula pada tingkat kekerasannya yang lebih rendah dibanding dengan kuningan sejenisnya. Untuk pembentukannya diperlukan pelunakan untuk menghindari distorsi pengerjaan dingin.

- 5) Bases Brass ; Kuningan ini memiliki kandungan Seng antara 36 % hingga 38 % dengan sedikit unsur dari phase  $\beta$ , merupakan bahan baku produk dengan harga yang relative murah dan sesuai untuk pengerjaan tekan, kekuatannya tidak terjamin, Kuningan ini disebut sebagai kuningan umum atau "Common Brasses".
- 6) Admiralty Brasses ; ialah Kuningan dari jenis "Catride Brasses" yang ditambah dengan unsur Timah hingga 1 % untuk memberikan sifat ketahanannya terhadap berbagai bentuk korosi. Kuningan ini digunakan sebagai bahan pembuatan condenser serta komponen-komponen dengan pendinginan air.
- 7) Alumunium Brasses ; Kuningan ini komposisinya terdiri atas Kuningan dengan 76% Copper, 22 % Seng dan 2 % Alumunium. Pemakaian yang sangat penting sebagai bahan pembuatan "Marine Condenser tubes" karena sifatnya yang tahan terhadap korosi tinggi.
- 8) Clock Brass and Engraving Brass ; yakni Bases Brass atau Standard Brasses yang ditambah dengan 1 % Timah hitam (lead) yang memberikan sifat mampu mesin (machinability) terhadap Kuningan jenis ini. Timah Hitam (lead) tidak larut didalam kuningan dalam keadaan cair, partikel-partikel halus yang tersisa seluruhnya akan terlepas menjadi chips selama pemotongan serta akan membantu proses pelumasan baik selama proses pemotongan maupun pelayanan pelumasan komponen dalam perakitan pada posisi yang sulit dijangkau.
- 9) Hot-working ( $\alpha + \beta$ ) Brass ; yang termasuk dalam kelompok kuningan ini juga adalah "Muntz-metal" ditambahkan sedikit unsure yang akan menambah kekuatan tarik dari Kuningan ini.
- 10) Muntz-Metal ; Muntz-metal ini disebut sebagai "Logam Kuning" (Yellow metals) dibentuk melalui pengerjaan dingin dengan prinsip kelurusan digunakan sebagai plat yang diroll panas atau dalam bentuk batangan yang dilanjutkan dengan penempaan (Forging) atau extrusion. Muntz-metal digunakan sebagai bahan untuk pembentukan dengan pengecoran atau sebagai bahan paduan dalam pengecoran baja.
- 11) Leaded 60:40 Brass ; atau disebut juga Turning Brass, Kuningan ini mengandung unsur Lead sebesar 0,5 % hingga 3,5 % pada Munzt-metal untuk memberikan sifat

mampu mesin (Machinability) dan unsur Lead pada Kuningan tidak mereduksi kekuatan tarikanya kendati akan menurunkan keuletan serta nilai Impaknya. Pembentukan dengan tempa akan menurunkan kadar lead pada Kuningan ini.

12) Naval Brass ; ialah Muntz-metal yang ditambah dengan 1 % Timah putih (Tin) dengan demikian kuningan ini akan sangat tahan terhadap korosi serta peningkatan kekuatannya. Pembentukannya sangat baik dengan berbagai metoda pengecoran, pengerolan panas dan tempa (forging).

13) Naval Brass dengan kandungan Timah hitam (lead) 0,5 sampai 2,0 % juga akan meningkatkan sifat mampu mesin akan tetapi akan sedikit mengikat dalam proses penempaan (forging).

14) High Tensile Brass ; Kuningan ini mengandung unsur paduan hingga 7 % yang terdiri atas unsur Manganese, Iron,, Nickel, Timah putih dan Aluminium yang ditambahkan pada Muntz metal dengan tujuan peningkatan kualitas sifat mekaniknya, dengan demikian akan diperoleh kuningan jenis khusus yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

#### e. Bronzes and Gunmetal

##### 1). Bronzes and Gunmetals

Bronzes and Gunmetals ialah paduan tembaga dengan timah putih (Tin) serta unsur-unsur tambahan dengan sedikit kuatitas yang terdiri atas Timah hitam (lead). Untuk semua paduan Tembaga dengan Timah hitam ini disebut "Bronzes" dan paduan Tembaga dengan timah putih disebut "Tin-Bronzes", sedangkan Bronzes dengan penambahan unsur Seng disebut "Gunmetals". Bronzes sangat mudah dibentuk dengan pengecoran dan memiliki sifat tahan terhadap korosi dengan sifat yang paling penting ialah memiliki sifat ketahanan aus.

##### 2). Tin Bronzes and Gunmetals

Analisis terhadap diagram keseimbangan Copper-Tin mengindikasikan bahwa Paduan Tembaga dengan kandungan Timah putih (Tin) hingga 14 % dikelompokkan kedalam paduan dengan larutan padat (solid solution), dan jika paduan ini didinginkan dengan sangat lambat sifat larutan akan menurun, hal ini terlihat yang diindikasikan dengan garis putus-putus (dashed) pada diagram tersebut. Jadi partikel yang keras dan rapuh (phase  $\delta$ ) akan berada dalam larutan padat (solid solution), hal ini hanya akan terjadi didalam praktiknya, dimana pada hasil pengecoran paduan mengandung kadar Timah

Putih diatas 10 %. Tetapi phase  $\gamma$  dapat terurai dengan kelebihan timah dan masuk kedalam larutan padat jika paduan ini diberi perlakuan panas (Annealing) pada temperature 300°C dengan holding time hingga 1000 jam.

Paduan Tembaga dengan kandungan kadar Timah antara 14 dan 32 % strukturnya akan terdiri atas phase  $\delta$  dan phase  $\alpha$  sifatnya akan menjadi lunak dengan sifat kombinasi antara keras dan ulet. Bahan paduan ini merupakan bahan paduan yang baik karena memiliki titik cair yang rendah.

Pada diagram tersebut juga memperlihatkan bahwa Bronze ini memiliki derajat pemadatan yang besar (terindikasi pada jarak antara garis solidus dengan garis liquidus) dimana paduan ini cenderung membentuk inti pada stuktur hasil pengecoran, Inti paduan akan terbentuk jika setiap butiran tersusun pada titik cair yang tinggi dan dibagian luarnya sangat kaya dengan susunan butiran yang memiliki titik cair rendah, namun demikian komposisi dari masing-masing butiran ini dapat diseragamkan melalui proses perlakuan panas (Annealing).

Tin-Bronze dibedakan menjadi 2 macam yaitu Wrough Bronzes dan Cast Bronzes.

#### a. Wrough-Bronzes

Wrough-Bronzes ; atau disebut Perunggu tempa atau  $\alpha$  Bronzes yakni Bronze yang mengandung kadar Timah putih diatas 8 %, pembentukannya dapat dilakukan dengan proses rolling secara dingin atau direntang. Bronzes ini dapat memegas selama proses pengerjaan dingin (cold working process), oleh karena itu sebelum proses pembentukan harus dilakukan proses Annealing dengan temperature annealing 700°C. Bronzes ini memiliki sifat ketahanan korosi yang baik.

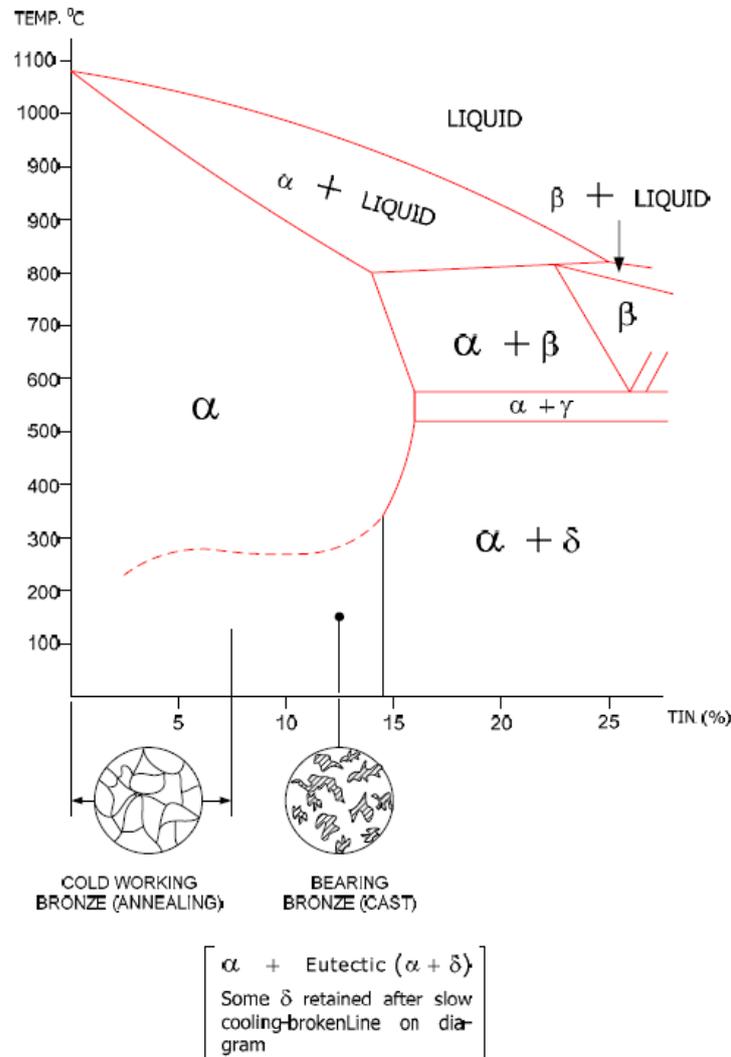
Bronzes dengan kadar Phosphor hingga 0,3% digunakan sebagai bahan pembuat "Wrought Phosphor Bronzes" yakni sebagai bahan pagas, seperti pegas-pegas pada electrical contact serta berbagai instrument pemegang pada coil

#### b. Casting-Bronzes

Casting-Bronzes ( $\alpha + \beta$  Bronzes) Mengandung kadar Timah putih antara 10 hingga 18 % dengan penambahan berbagai unsur akan diperoleh struktur yang kompleks. Casting Phosphorus Bronzes merupakan bahan paling penting sebagai bahan baku pengecoran, dimana mengandung 10 % kadar Timah Putih (tin) serta unsur phosphor sebesar 0,05 %. Bronze ini sangat baik digunakan sebagai bahan bantalan dengan beban berat (heavy duty) dan kadar Phosphornya dapat ditingkatkan hingga 0,5 % walaupun dengan kehilangan sedikit

sifat keuletannya.

Bell-metals ; yakni bahan yang terbentuk dari hasil pengecoran pada Bronzes dengan kandungan Timah putih hingga 20 % dengan demikian akan menghasilkan efek suara jika dipukul.



Gambar11.4 Bagian dari diagram keseimbangan paduan Tembaga Timah putih (Copper-Tin) dan microstrukturnya

Speculum metal ; ialah Bronze yang mengandung 30 % sampai 40 % Timah Putih, Bronze ini sangat rapuh namun dapat dipoles sehingga sering digunakan sebagai bahan cermin, kisi pantul cahaya serta berbagai kebutuhan peralatan optic juga sebagai bahan pelapis.

Leaded Bronzes ialah Tin-Bronze yang mengandung unsur timah hitam sebagai unsur yang dapat mengakibatkan bahan memiliki sifat mampu mesin (machinability). Kandungan lead pada Leaded Bronze hingga 5 % dan Leaded Bronze yang memiliki

kandungan timah hitam hingga 10 % dapat meningkatkan sifat luncur sehingga banyak digunakan sebagai bantalan.

**Gunmetal** ialah Bronzes tuangan dengan komposisi unsur seng untuk memberikan sifat mampu cor yang lebih baik.

**Admiralty Gunmetels** Komposisinya terdiri atas 88 % Copper dan 10 % Timah putih (tin) dan 2 % Sengan digunakan dalam pembuatan komponen kapal laut, seperti Valve-valve dan berbagai paralatan Mesin uap.

**Leaded Gunmetels** ialah Bronzes dengan kandungan unsur lead diatas 5 % untuk meningkatkan sifat mampu Cor (Castingability) dan mampu mesin (Machinability).

**Nickel Bronzes** ialah Bronze dengan penambahan sedikit unsur Nickel kedalam Tin-Bronzes dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dari bronze tersebut, disamping itu juga dapat memperbaiki sifat mampu cor. Unsur Nickel pada Bronze ini akan bersenyawa dengan seng sehingga akan menghasilkan paduan yang keras yang disebut "Nickel Gunmetals".

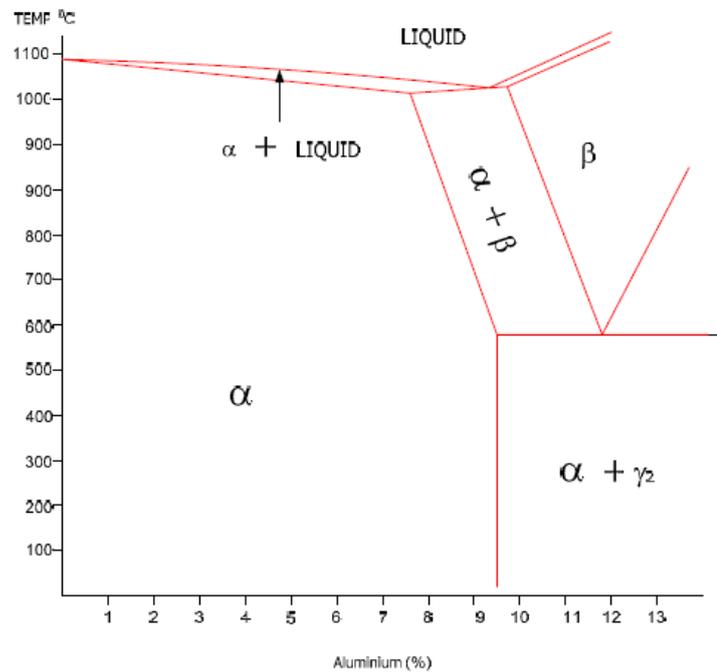
Paduan dengan kadar Nickel yang tinggi dapat akan tergambarkan pada diagram keseimbangan karena, proses pelarutan akan terjadi jika dapat dilakukan pelarutan melalui proses pengecoran. Pemanasan dengan Temperatur  $760^{\circ}\text{C}$  yang diikuti dengan Quenching dan dilanjutkan dengan pemanasan pada temperature  $300^{\circ}\text{C}$  setiap jam tegangan dan kekerasannya akan meningkat.

Nickel Bronzes memiliki sifat ketahanan aus dan korosi serta dapat mempertahankan kekerasannya pada berbagai perubahan Temperatur. Nickel Bronzes digunakan sebagai bahan dalam pembuatan Valve serta berbagai komponen boiler feef water.

**Aluminium Bronzes** kadar Tembaga yang lebih besar diberikan pada saat akhir pencampuran Copper-Aluminium. Dari diagram keseimbangan dapat terindikasi bahwa kadar Aluminium yang lebih tinggi dari 9,4 % akan masuk kedalam larutan padat (Solid Solution) tidak akan meningkat dengan penambahan derajat pemanasan akan tetapi malah akan turun jika Temperatur melebihi  $565^{\circ}\text{C}$ .

Jika kadar Aluminium lebih besar dari 7,5 % dan Temperatur pemanasannya melebihi  $565^{\circ}\text{C}$  akan memunculkan phase kedua yang disebut Phase  $\beta$  dan ketika kadar Aluminium melebihi 9,4 % dengan pendinginan lambat, maka akan terbentuk larutan padat (Solid Solution) yakni phase  $\alpha + \gamma$  . Jika paduan ini didinginkan sedikit lebih lambat seperti dilakukannya pengetokan pada cetakan (Mould) maka akan memperlambat pemadatan pada perhentian dari phase  $\beta$  tidak akan terjadi dan akan menghasilkan struktur "tua" , namun jika diberi penambahan sedikit unsur besi maka akan memperlambat perhentian phase  $\beta$  dengan memperoleh hasil yang sama.

Pada diagram keseimbangan ini juga (Gambar 11.5) mengindikasikan temperature dimana perhentian phase  $\beta$  tergantung pada kadar Aluminium dan menjangkau nilai minimum apabila kadar Aluminium mencapai 11,8 %.



Gambar 11.5 Bagian dari diagram keseimbangan paduan Tembaga-Aluminium (Copper-Aluminium)

Bagian dari diagram keseimbangan dari paduan Copper-Aluminium mirip dengan diagram Besi Carbon (FeC), dan paduan dengan kadar Aluminium yang tinggi dapat di-quenching dengan menghasilkan struktur yang mirip dengan Martensite dengan sifat yang sangat keras dan rapuh juga mirip dengan sifat baja. Paduan ini juga dapat di Temper jika diperlukan sifat medium.

$\alpha$ -Aluminium Bronzes ; Paduan dari jenis ini biasanya mengandung kadar Aluminium antara 4% dan 7% serta dapat di-annealing untuk mendapatkan sifat yang lunak dan ulet dan akan mengeras dan menegang setelah proses pengerjaan dingin.

Duplex Aluminium Bronzes Paduan ini mengandung kadar Alumunium antara 9 % sampai 10 % dengan 2 % Besi untuk menghambat perhentian phase  $\beta$ .

Paduan pada kelompok ini digunakan secara khusus dalam pengecoran dengan cetakan pasir (Lihat Sand Casting) atau grafity die-Casting serta tidak sesuai untuk Pressure die Casting karena memiliki derajat pepadatan yang kecil.

Duplex Aluminium Bronzes digunakan sebagai bahan cor untuk pembuatan

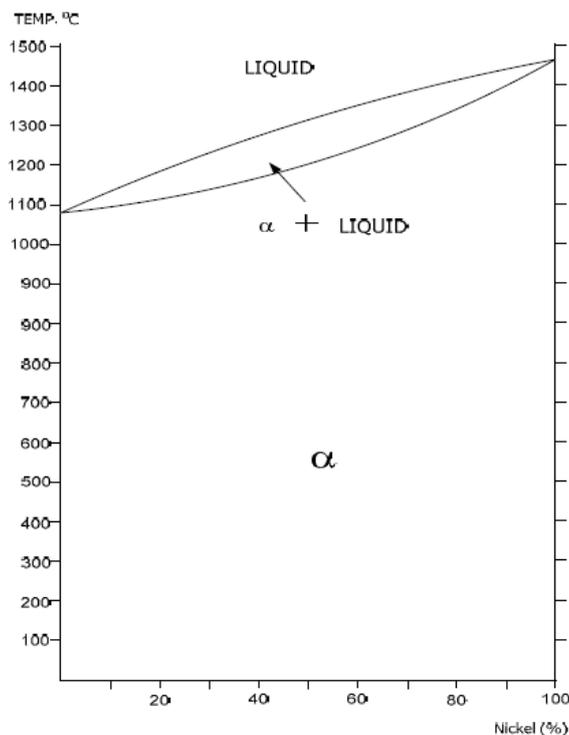
rumah pompa, bagian-bagian Valve, roda gigi dan rack.

Secara umum Aluminium Bronzes memiliki sifat tahan korosi dimana terdapatnya lapisan film Alumina yang terbentuk dibagian permukaan karena adanya unsur Aluminium serta dapat mempertahankan sifat mekaniknya pada temperature tinggi.

**f. Paduan Tembaga-Nickel**

Paduan Tembaga-Nickel ialah logam yang merupakan paduan dari dua unsur yakni unsur Tembaga (copper) dengan Nickel. Logam paduan ini dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Cupro-Nickel Yaitu logam dengan unsur yang terdiri atas Copper dan Nickel.
2. Nickel Silver yakni paduan antara Tembaga (Copper), Nickel dan Zinc (seng).



Gambar 11.6 Diagram keseimbangan dari paduan Tembaga Nickel (Cooper-Nickel)

**1) Cupro-Nickel :**

Diagram keseimbangan dari paduan Cooper-Nickel (Gambar 10.8), mengindikasikan bahwa paduan ini akan membentuk larutan padat (Solid Solution) dalam semua perbandingan untuk semua paduan dan menghasilkan bahan yang sesuai untuk pengerjaan panas maupun dingin.

Unsur Nickel yang terdapat pada paduan ini biasanya antara 15 sampai 68%, kekuatan tarik, keuletan dan kekerasanya berkembang sesuai dengan kadar unsur dari Nickel

tersebut. Paduan dengan kadar Nickel sampai 20 % adalah yang paling baik dalam kelompok ini untuk pengerjaan dingin keras, dan paduan dengan kadar Nickel sampai 25% biasanya digunakan dalam pembuatan Coin pada "British Silver".

Sebagai logam penting dari jenis paduan ini ialah yang disebut "Monel" yakni paduan dengan unsur Nickel hingga 68 % sebuah paduan yang sangat tahan terhadap korosi dan dapat mempertahankan sifatnya pada temperature tinggi, sehingga Monel banyak digunakan pada Turbin Uap.

## 2) Nickel - Silver

Nickel - Silver sebenarnya tidak mengandung unsur Silver, penamaan ini dikarenakan penampilan dari paduan ini menyerupai silver. Komposisinya terdiri atas Copper, Nickel dan Seng (Zinc). Semua paduan dari jenis ini dapat dikerjakan atau dibentuk dengan pengejaan dingin (cold working), akan tetapi dengan meminimalkan tingkat kemurniannya paduan ini juga memungkinkan untuk pengerjaan panas (hot working).

Nickel Silver mengandung kadar Tembaga antara 55 % sampai 68 % dan paduan dengan kadar Nickel antara 10 % hingga 30 % banyak digunakan dalam pembuatan sendok dan garpu. Paduan yang dibuat dalam bentuk plat dengan type EPNS sebagai derajat kesatu dengan kadar Nickel 18 % digunakan sebagai bahan pegas pada kontaktor peralatan listrik.

### g. Copper Alloy Containing Silicon

Copper Alloy Containing Silicon paduan tembaga dengan penambahan sedikit unsur Silicon untuk meningkatkan tegangan serta ketahanannya terhadap serangan korosi, dan hal ini pula yang menjadikan Tembaga mudah untuk dilakukan penyambungan melalui pengelasan, dimana dioxidasi dalam pengelasan dalam proses pencairan logam ini akan tercapai dengan adanya unsur Silikon tersebut.

Paduan Tembaga dengan kadar Silicon sampai maximum 3 % masih dapat ditempa (Forging), namun jika lebih besar dari 5 % merupakan Bronze tuangan (Casting Bronzes).

### Copper Alloy Containing Manganese

Copper Alloy Containing Manganese; unsur Manganese digunakan dalam paduan dengan unsur Aluminium atau Nickel pada Tembaga, dimana akan memberikan sifat listrik yang sangat spesifik. Bahan ini sangat mudah untuk dibentuk hingga bentuk-bentuk yang sangat rumit dibanding dengan pemakaian baja. Paduan ini juga memiliki ketahanan korosi yang sangat baik .

#### D. LATIHAN

1. Jelaskan sifat sifat dari logam tembaga ?
2. Jelaskan secara singkat tentang pembuatan logam tembaga!
3. Bagaimana karakteristik pemotongan dari logam tembaga?
4. Apa yang dimaksud dengan tembaga brass dan tembaga bronz? Jelaskan!
5. Apa yang dimaksud dengan  $\alpha$  brasses dan bagaimana sifatnya?
6. Ada berapa macam Tin-Bronzes? Sebutkan dan jelaskan dengan singkat?
7. Untuk bahan cermin menggunakan paduan tembaga apa? Mengapa?
8. Bagaimana karakteristik Alumunium Bronz ? Digunakan untuk apa bahan ini?
9. Apa yang disebut dengan bahan monel? Bagaimana sifatnya?
10. Bagaimana penaruh kadar silicon terhadap paduan tembaga?

#### E. RANGKUMAN

Tembaga digunakan dalam keadaan murni maupun paduan. Tembaga memiliki kekuatan tarik hingga  $150 \text{ N/mm}^2$  dalam bentuk tembaga tuangan dan dapat ditingkatkan hingga  $390 \text{ N/mm}^2$  melalui proses pengerjaan dingin. Tembaga dengan tingkat kemurnian yang tinggi hingga 99,9 % memiliki sifat thermal dan electrical konduktifitas nomor dua setelah Silver. Tembaga memiliki ketahanan terhadap korosi atmosferic, mudah disambung melalui proses penyoderan, Brazing serta pengelasan. Tembaga termasuk dalam golongan logam berat dimana memiliki berat jenis  $8,9 \text{ kg/m}^3$  dengan titik cair  $1083^\circ\text{C}$ .

Tembaga Paduan (Copper Alloy) dapat dikelompokkan menjadi : 1) Tembaga paduan rendah yang termasuk dalam kelompok ini ialah Silver- Copper, Cadmium-Copper, Tellurium-Copper, Berylium-Copper dan Paduan Copper-Nickel-Silicon. 2) Tembaga Paduan dengan kadar tinggi, yaitu Brass dan Bronze. Masing-masing jenis paduan memiliki karakteristik dan penggunaan yang berbeda.

Paduan tembaga dengan penambahan sedikit unsur Silicon untuk meningkatkan tegangan serta ketahanannya terhadap korosi dan mudah dilas.

Manganese digunakan dalam paduan dengan unsur Aluminium atau Nickel pada Tembaga, dimana akan memberikan sifat listrik yang sangat spesifik, mudah dibentuk dan tahan korosi.

## **1. Tembaga dan paduannya**

Tembaga digunakan secara luas sebagai salah satu bahan teknik, baik dalam keadaan murni maupun paduan. Tembaga memiliki kekuatan tarik hingga 150 N/mm<sup>2</sup> dalam bentuk tembaga tuangan dan dapat ditingkatkan hingga 390 N/mm<sup>2</sup> melalui proses pengerjaan dingin dan untuk jenis tuangan angka kekerasannya hanya mencapai 45 HB namun dapat ditingkatkan menjadi 90 HB melalui pengerjaan dingin, dimana dengan proses pengerjaan dingin ini akan mereduksi keuletan, walaupun demikian keuletannya dapat ditingkatkan melalui proses annealing (lihat proses perlakuan panas) dapat menurunkan angka kekerasan serta tegangannya atau yang disebut proses “temperature” dimana dapat dicapai melalui pengendalian jarak pengerjaan setelah annealing.

Tembaga memiliki sifat thermal dan electrical konduktifitas nomor dua setelah Silver. Tembaga yang digunakan sebagai penghantar listrik banyak digunakan dalam keadaan tingkat kemurnian yang tinggi hingga 99,9 %. Sifat lain dari tembaga ialah sifat ketahanannya terhadap korosi atmosferic serta berbagai serangan media korosi lainnya. Tembaga sangat mudah disambung melalui proses penyoderan, Brazing serta pengelasan. Tembaga termasuk dalam golongan logam berat dimana memiliki berat jenis 8,9 kg/m<sup>3</sup> dengan titik cair 10830C.

### ***Pembuatan tembaga***

Unsur dasar tembaga diperoleh dalam bentuk bijih tembaga dengan kadar yang rendah dengan rata-rata kurang dari 4%. Proses pemecahan dan pembubukan dilakukan untuk memisahkan unsur tembaga dari butiran-butiran pengikat melalui pengapungan serta untuk menghilangkan butiran-butiran yang tidak berguna. Butiran-butiran yang mengandung unsur tembaga dipanasakan didalam dapur pemanas untuk melepaskan ikatannya dengan unsur batuan serta persenyawaan dengan unsur sulphide besi. Unsur ini kemudian diolah didalam converter untuk pemisahan besi dan sulphur.

### ***Proses pemurnian api (Fire-refining)***

Dari proses tersebut diatas akan dihasilkan tembaga untuk dilakukan proses pemurnian api (Fire-refining) dimana tembaga yang dalam

keadaan tidak murni dicairkan dan dilakukan proses oksidasi untuk melepaskan berbagai unsur lainnya yang terkandung didalam Tembaga tersebut.

Selanjutnya dengan menggunakan batang kayu yang ditekankan kedalam larutan untuk menggerakkan oxygen oleh pembakaran dan selanjutnya dituangkan kedalam cetakan dan menghasilkan tembaga dalam bentuk batangan.

### ***Electrolytic refining***

Electrolytic refining yaitu proses pemurnian dengan cara elektrolit yang akan menghasilkan tembaga murni, prosesnya ialah tembaga yang berbentuk batangan yakni tembaga yang akan dimurnikan berfungsi sebagai anoda digantungkan didalam cairan panas asam sulphuric dan

cooper sulphate dan dihubungkan melalui plat tembaga murni sebagai katoda, dengan demikian unsur tembaga ini akan mngendap pada cathode dan unsur-unsur lainnya akan mengendap pada kubangan dari larutan elektrolite.

### ***Kadar Tembaga***

Kadar Tembaga ialah derajat kemurnian tembaga yang berhubungan dengan proses pembuatan serta fungsi pemakaiannya, yang meliputi :

#### ***Cathode Copper***

Kadar Tembaga diperoleh dari proses electrolisa (electrolytic refining) yang digunakan sebagai raw material untuk penghantar arus listrik serta tembaga paduan dan bahan tuangan.

#### ***Electrolytic Tough High Conductivity Copper***

Tembaga ini ialah dimana Cathode copper dicairkan dan dituangkan kedalam cetakan dengan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan, kadar oxygen atau Pitch harus dikendalikan secara hati-hati karena dapat mengakibatkan timbulnya efek yang merugikan terhadap sifat kemurniannya.

### *Fire refined Tough Pitch High Conductivity Copper*

Konduktivitas Tembaga ini lebih baik dari pada electrolytic Tough Pitch Copper, akan tetapi tingkat kemurniannya lebih rendah dimana sebagian kecil dari unsur-unsur lain tidak sapat dihilangkan melalui proses ini.

### *Ordinary Tough Pitch Copper*

Tembaga dari jenis ini tidak termasuk dalam spesifikasi konduktif, dimana masih mengandung oksigen serta berbagai unsur lainnya, akan tetapi secara umum pemakaiannya masih memuaskan.

### *Oxygen-Free High Conductivity Copper (OFHC)*

Tembaga ini diperoleh dari proses pencairan ulang dari Cathode Tembaga yang kemudian dituangkan sebagai cara untuk menghindari penyerapan oksigen. Tembaga dari jenis ini sangat cocok digunakan sebagai bahan pengelasan nyala, brazing, impact extrusion dan lain-lain.

### *Arsenical Copper*

Arsenic digunakan sebagai unsur tambahan pada tembaga dimana dengan penambahan unsur Arsenic diatas 0,5 % dapat meningkatkan kekuatan tarik dari Tembaga tersebut dan memungkinkan untuk digunakan pada Temperatur hingga 3000 C tanpa terjadi penurunan tegangannya. Demikian pula ketahanan terhadap serangan korosi atmosferic dapat meningkat akan tetapi konduktivitas Thermal dan Konduktivitas listriknya menurun.

### *Proses pembentukan dan pemesinan pada Tembaga*

Proses pembentukan benda-benda kerja dari bahan tembaga melalui proses pemesinan dilakukan dengan memberikan kecepatan potong yang tinggi namun dengan pemotongan yang rendah (low depth of Cut). Proses pembentukan lainnya tembaga ini ialah melalui pengerjaan panas misalnya hot rolling, extrusion dan forging pada temperature tinggi antara 8000 C hingga 9000C. Pembentukan dengan pengerjaan dingin (Cold Working) juga dapat dilakukan secara sederhana namun apabila ukurannya melebihi ukuran yang dikehendaki maka terlebih dahulu harus dilunakan (Annealing) pada Temperatur pemanasan 5000C. Kecepatan

pendinginannya memang tidak kritis namun Quenching dengan air dapat melenyapkan kotoran dan terak serta mempermudah dalam pembersihan.

#### **a. Tembaga Paduan (Copper base Alloy)**

Tembaga Paduan (Copper base Alloy) paling banyak digunakan sebagai bahan teknik karena memiliki berbagai keuntungan, antara lain :

- 1) Memiliki sifat mekanik yang baik, sifat electrical dan thermal conductivity yang tinggi serta tahan terhadap korosi dan ketahanan aus.
- 2) Mudah dibentuk melalui pemesinan.
- 3) Mudah dibentuk melalui pengerjaan panas (Hot working) dan pengerjaan dingin (Cold Working)
- 4) Mudah disambung melalui penyolderan, brazing dan welding.
- 5) Mudah dipoles atau diplating jika dikehendaki
- 6) Pressing dan forging Temperatur lebih rendah dibanding dengan pemakaian bahan logam Ferro.

Tembaga Paduan (Copper Alloy) dapat dikelompokkan menjadi :

- 1) Tembaga paduan rendah yang termasuk dalam kelompok ini ialah Silver-Copper, Cadmium-Copper, Tellurium-Copper, Beryllium- Copper dan Paduan Copper-Nickel-Silicon.
- 2) Tembaga Paduan dengan kadar tinggi, yaitu Brass dan Bronze.

#### **b. Tembaga paduan dengan kadar rendah**

1) *Silver-Copper* ; Temperatur pelunakan dari tembaga jenis ini dapat ditingkatkan dari 2000 hingga 3500 melalui penambahan unsur Nickel hingga 0,08 %. Tembaga ini akan menjadi lebih keras dengan tegangan yang tidak dapat direduksi oleh temperature penyolderan, penimahan (Tining) atau proses lain yang menggunakan temperature rendah. Unsur

Silver dengan kadar rendah ini hanya sedikit sekali terjadi efek penyimpangan dan tergantung pada nilai konduktifitas dari tembaga itu sendiri,. Silver-Copper digunakan sebagai bagian dari Comutator komponen Radiator serta berbagai penerapan yang memerlukan kekerasan dan tegangan stabil tanpa dipengaruhi oleh panas akibat pemanasan selama proses pnyambungan. Silver juga memiliki sifat creep resistance pada tembaga karena softening Temperatur.

2) ***Cadmium-Copper***; kadar Cadmium sebesar 1 % pada Tembaga akan meningkatkan softening Temperatur, demikian pula ketahanan, tegangan dan keuletan serta kelelahannya akan meningkat. Cadmium-Copper digunakan dalam konduktor untuk memperpanjang garis rentang overhead kabel hantaran arus listrik serta untuk ketahanan pada elektroda las (welding electrodes) Sifat lembut dari kabel yang terbuat dari Cadmium-Copper banyak digunakan dalam electrical wiring dari pesawat terbang karena sifatnya yang flexible serta tahan terhadap getaran. Kadar Cadmium yang rendah hanya akan terjadi kerusakan memanajang namun tergantung pada konduktifitas tembaga itu sendiri.

3) ***Chromium-Copper***, unsur Chromium hingga 0,5 % pada Tembaga akan memperkecil pengaruh konduktifitasnya, namun kekerasan serta tegangannya akan meningkat serta akan menerima reaksi perlakuan panas. Analisis terhadap diagram keseimbangan paduan antara Chromium dengan-Tembaga memberikan indikasi bahwa hanya sedikit saja kuantitas chromium yang dapt bercampur dalam larutan pada (Solid solution). Larutan padat dari Chroimum akan meningkat sesuai dengan peningkatan temperaturnya dan semua unsur Chromium akan masuk didalam larutan padat pada Temperatur 10000C. Jika paduan ini di-Quenching dari temperatur ini maka akan terjadi "Solution treated" sehingga semua sisa chromium akan tetap berada didalam larutan padat dan menghasilkan paduan yang ulet dan liat. Proses pengendapan (precipitation treatment) dilakukan untuk memperbaiki keseimbangan serta perbaikan sifat mekaniknya, yaitu dengan memberikan pemanasan ulang dengan temperature hingga 5000C dengan waktu (Holding time) selama 2 jam dan kemudian didinginkan.

4) ***Tellurium-Copper***, unsur Tellurium pada Tembaga hingga sebesar 0,5 % akan menghasilkan paduan tembaga yang dapat dibentuk dengan baik melalui proses pemesinan. Tellurium tidak dapat larut didalam Tembaga namun akan menyebar seluruhnya ketika paduan itu dilebur dan tersisa didalam bentuk partikel-partikel halus dimana paduan dalam keadaan padat, dengan demikian maka akan diperoleh Paduan tembaga yang dapat dengan mudah dibentuk melalui pemesinan dan menghasilkan chip yang mudah terlepas.

5) ***Berylium-Copper*** Berylium digunakan sebagai unsur paduan pada Tembaga jika kekuatannya lebih penting dari pada konduktifitasnya. Hasil analisis terhadap diagram keseimbangan paduan Tembaga Berylium memberikan indikasi bahwa hanya sedikit unsur Berylium yang yang masuk kedalam larutan padat dari Tembaga dan sisa Berylium akan tersusun dengan unsur Tembaga hingga mencapai Temperatur ruangan dalam bentuk ? .

Larutan padat dari Berylium didalam Tembaga akan mengembang oleh pemanasan yang cukup untuk membuat paduan tersebut merespon pengendapan oleh perlakuan panas, prosesnya dilakukan dengan memberikan pemanasan hingga 8000C kemudian di-Quenching diikuti oleh pemanasan hingga 3200C yang pendinginan untuk melunakan dan meningkatkan keuletannya serta memperbaiki strukturnya. Paduan Tembaga-Berylium sangat penting dan banyak digunakan dalam berbagai industri dimana merupakan paduan yang kuat dan keras dengan kadar Berylium hingga 2% serta Paduan Tembaga dengan 4% Berylium dan 2,6 % Cobalt.

Paduan Tembaga-Berylium digunakan sebagai gelombang diapragme, Flexible Blower, pipa Bourdon, Cold Chisel, Hacksaw Blades dimana percikan apinya dapat menimbulkan ledakan.

**6) Copper-Nickel-Silicon Alloys**, Jika Nickel dan Silocon dalam perbandingan 4 : 1, yaitu 4 bagian Nickel dan 1 bagian Silicon dipadukan di dalam Copper (Tembaga) pada Temperatur tinggi maka akan terbentuk sebuah unsur yang disebut Nickel Silicide ( $Ni_2Si$ ) dan pada Temperatur rendah paduan ini akan sesuai untk pengendapan dalam perlakuan panas, dimana proses pelarutan akan diperoleh dalam proses Quenching dari Temperatur 7000C dan akan diperoleh sifat paduan Tembaga yang lunak dan ulet, kemudian dilanjutkan dengan memberikan pemanasan pada Temperatur 4500C maka akan meningkatkan kekerasan serta tegangan dari paduan Tembaga tersebut.

Prosentase kadar Nickel dan Silicon ini disesuaikan dengan kebutuhan dari sifat yang dihasilkannya, biasanya diberikan antara 1 % hingga 3 % . Paduan Tembaga ini akan memiliki sifat Thermal dan electrical Conductivity yang baik dan tahan terhadap pembentukan kulit dan oksidasi serta dapat mempertahankan sifat mekaniknya pada Temperatur tinggi dalam jangka waktu yang lama.

### **c. Tembaga Paduan tinggi**

#### **1) Kuningan (Brasses)**

Kuningan adalah paduan Tembaga dengan lebih dari 50 % Zincum (seng) kadang-kadang ditambah dengan Timah putih (Tin) dan Timah Hitam (Lead) serta Alumunium dan Silicon. Analisis terhadap diagram keseimbangan dari paduan Copper-Zinc (Tembaga-Seng) memperlihatkan bahwa paduan Tembaga Seng, kadar Seng diatas 37 % dapat diterima dalam Tembaga dan akan membentuk larutan padat yang disebut (?). Proses larutan Seng didalam Tembaga tidak berkembang oleh perubahan Temperatur, dengan demikian Kuningan bukan paduan yang terbentuk oleh pengendapan. Kuningan dengan kandungan seng diatas 37 % disebut “? Brasses” yang merupakan paduan mampu pengerjaan dingin karena terbentuk dari struktur larutan padat. Paduan Tembaga Kuningan yang disebut ? Brasses ini berkembang oleh pengembangan dalam dari unsur yang pada akhirnya akan menyebabkan distorsi dari kisi tembaga (“Tembaga lattice”). Phase dimana terbentuknya pecahan merah (hot short) oleh karena itu kuningan ini

tidak cocok untuk pengerjaan panas. Jika kadar Seng pada paduan Tembaga melebihi 37 % maka akan terjadi phase kedua yaitu “phase-?”, berada bersama dengan phase ? dan paduan ini disebut Brasses” dengan keuletan seimbang pada temperature ruangan sebab keuletan dari dari kristal ? mengganti kerapuhan dari kristal ?.

Kuningan dari jenis ini memiliki sifat mampu pengerjaan panas (Hot working Brasses), hal ini disebabkan karena atom ? berserakan pada temperature tinggi dan akan membentuk keuletan pada phase ? dan pada saat yang bersamaan kristal ? akan menjadi rapuh pada Temperatur tinggi dan larut kedalam phase ? sehingga paduan akan bersifat ulet pada Temperatuur yang lebih tinggi. Kuningan dengan kadar Seng 45 % komposisinya terdiri atas kristal secara menyeluruh dengan sifat yang sangat rapuh pada temperature ruangan (room temperature), hal ini terlihat pada diagram keseimbangan Tembaga-Seng dimana titik cair dari dari Seng paduan tinggi lebih rendah dari pada Kuningan dengan kadar Seng rendah, oleh karena itu Seng dengan paduan tinggi ini digunakan sebagai “Brazing spelter” karena titik cairnya yang rendah tersebut namun sambungan tidak menjadi rapuh karena selama operasi penyambungan kadar Seng akan turun melalui proses penguapan dan sebagian akan menyebar kedalam Kuningan pada sambungan tersebut.

#### **d. Brasses mampu pengerjaan dingin (Cold working ? Brasses)**

Proses pengerjaan diawali dengan proses perlakuan panas yakni proses yang disebut “Stress relief Annealing treatment” (lihat Bab proses perlakuan Panas), yakni pemanasan dengan temperature 2500C untuk menghindari keretakan (Season Cracking), yakni keretakan diantara batas kristal yang sering terjadi pada setiap akhir pengerjaan. Beberapa hal penting dari Kuningan jenis ini antara lain :

- 1. Cap-Copper** ; yaitu Copper dioxida dengan kadar Seng hingga 3 % memiliki sifat yang lunak dan ulet serta konduktivitas yang tinggi. Cap-

Copper merupakan penamaan yang diberikan sesuai dengan fungsi pemakaiannya yang paling penting sebagai bahan container dari Priming Caps pada Amunisi.

**2. *Gilding-Brass*** ; yaitu jenis Kuningan yang mengandung 10 % Seng dan melalui pengerjaan berat yang memungkinkan tidak akan terjadi “season crack” disbanding dengan Kuningan berkadar Seng tinggi. Kuningan ini digunakan dalam pembuatan pframe “Permata” serta berbagai fungsi dekoratif.

**3. *Catride Brass*** ; Kuningan ini memiliki kadar Seng hingga 30 % , sesuai dengan namanya Kuningan ini digunakan sebagai bahan pembuatan Catride dan shell case . Kuningan ini memiliki sifat yang cukup ulet untuk jenis Kuningan yang mampu pengerjaan dingin serta memiliki kekuatan tarik yang baik.

**4. *Standard Brasses*** ; kendati sedikit lebih ulet dari Catride Brasses, Kuningan ini relative lebih murah karena kadar Tembaga juga lebih rendah, demikian pula pada tingkat kekerasannya yang lebih rendah dibanding dengan kuningan Sejenisnya Untuk pembentukannya diperlukan pelunakan untuk menghindari distorsi pengerjaan dingin.

**5. *Bases Brass*** ; Kuningan ini memiliki kandungan Seng antara 36 % hingga 38 % dengan sedikit unsur dariu phase ?, merupakan bahan baku produk dengan harga yang relative murah dan sesuai untuk pengerjaan tekan, kekuatannya tidak terjamin, Kuningan ini disebut sebagai kuningan umum atau “Common Brasses”.

**6. *Admiralty Brasses*** ; ialah Kuningan dari jenis “Catride Brasses” yang ditambah dengan unsur Timah hingga 1 % untuk memberikan sifat ketahanannya terhadap berbagai bentuk korosi. Kuningan ini digunakan sebagai bahan pembuatan condenser serta komponenkomponen dengan pendinginan air.

**7. *Aluminium Brasses*** ; Kuningan ini komposisinya terdiri atas Kuningan dengan 76 % Copper, 22 % Seng dan 2 % Aluminium, pemakaian yang sangat penting sebagai bahan pembuatan “Marine Condenser tubes” karena sifatnya yang tahan terhadap korosi tinggi.

**8. *Clock Brass and Engraving Brass*** ; yakni Bases Brass atau Standard Brasses yang ditambah dengan 1 % Timah hitam (lead) yang memberikan sifat mampu mesin (machinability) terhadap Kuningan jenis ini. Timah Hitam (lead) tidak larut didalam kuningan dalam keadaan cair, partikel-partikel halus yang tersisa seluruhnya akan terlepas menjadi chips selama pemotongan serta akan membantu proses pelumasan baik selama proses pemotongan maupun pelayanan pelumasan komponen dalam perakitan pada posisi yang sulit dijangkau.

**9. *Hot-working Brass*** ; yang termasuk dalam kelompok kuningan ini juga adalah “Muntz-metal” ditambahkan sedikit unsur yang akan menambah kekuatan tarik dari Kuningan ini.

**10. *Muntz-Metal*** ; Muntz-metal ini disebut sebagai “Logam Kuning” (Yellow metals) dibentuk melalui pengerjaan dingin dengan prinsip kelurusan digunakan sebagai plat yang diroll panas atau dalam bentuk batangan yang dilanjutkan dengan penempaan (Forging) atau extrusion. Muntz-metal digunakan sebagai bahan untuk pembentukan dengan pengecoran atau sebagai bahan paduan dalam pengecoran baja.

**11. *Leaded 60 : 40 Brass*** ; atau disebut juga Turning Brass, Kuningan ini mengandung unsur lead sebesar 0,5 % hingga 3,5 % pada Muntz-metal untuk memberikan sifat mampu mesin (Machinability) dan unsur lead pada Kuningan tidak mereduksi kekuatannya kendati akan menurunkan keuletan serta nilai Impactnya. Pembentukan dengan Forging akan menurunkan kadar lead pada Kuningan ini.

**12. *Naval Brass*** ; ialah Muntz-metal yang ditambah dengan 1 % Timah putih (Tin) dengan demikian kuningan ini akan sangat tahan terhadap korosi serta peningkatan kekuatannya. Pembentukannya sangat baik

dengan berbagai metoda pengecoran, pengerolan panas dan tempa (forging).

**13. Naval Brass** dengan kandungan Timah hitam (lead) 0,5 sampai 2,0 % juga akan meningkatkan sifat mampu mesin akan tetapi akan sedikit mengikat dalam proses penempaan (forging)

**14. High Tensile Brass** ; Kuningan ini mengandung unsur paduan hingga 7 % yang terdiri atas unsur Manganese, Iron,, Nickel, Timah putih dan Aluminium yang ditambahkan pada Muntz metal dengan tujuan peningkatan kualitas sifat mekaniknya, dengan demikian akan diperoleh kuningan jenis khusus yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

## **e. Bronzes and Gunmetal**

### **1. Bronzes and Gunmetals**

*Bronzes and Gunmetals* ialah paduan tembaga dengan timah putih (Tin) serta unsur-unsur tambahan dengan sedikit kuatitas yang terdiri atas Timah hitam (lead). Untuk semua paduan Tembaga dengan Timah hitam ini disebut “Bronzes” dan paduan Tembaga dengan timah putih disebut “Tin-Bronzes”, sedangkan Bronzes dengan penambahan unsur Seng disebut “Gunmetals”. Bronzes sangat mudah dibentuk dengan pengecoran dan memiliki sifat tahan terhadap korosi dengan sifat yang paling penting ialah memiliki sifat ketahanan aus.

### **2. Tin Bronzes and Gunmetals**

Analisis terhadap diagram keseimbangan Copper-Tin *mengindikasikan* bahwa Paduan Tembaga dengan kandungan Timah putih (Tin) hingga 14 % dikelompokkan kedalam paduan dengan larutan padat (solid solution), dan jika paduan ini didinginkan dengan sangat lambat sifat larutan akan menurun, hal ini terlihat yang diindikasikan dengan garis putus-putus (dashed) pada diagram tersebut. Jadi partikel yang keras dan rapuh (phase ?) akan berada dalam larutan padat (solid solution), hal ini hanya akan terjadi didalam praktiknya, dimana pada hasil pengecoran paduan mengandung kadar Timah Putih diatas 10 %. Tetapi phase ? dapat terurai dengan kelebihan timah dan masuk kedalam larutan padat jika

paduan ini diberi perlakuan panas (Annealing) pada temperature 3000C dengan holding time hingga 1000 jam. Paduan Tembaga dengan kandungan kadar Timah antara 14 dan 32 % strukturnya akan terdiri atas phase  $\alpha$  dan phase  $\beta$  sifatnya akan menjadi lunak dengan sifat kombinasi antara keras dan ulet. Bahan paduan ini *merupakan* bahan paduan yang baik karena memiliki titik cair yang rendah.

Pada diagram tersebut juga memperlihatkan bahwa Bronze ini memiliki derajat pemadatan yang besar (terindikasi pada jarak antara garis solidus dengan garis liquidus) dimana paduan ini cenderung *membentuk* inti pada stuktur hasil pengecoran, Inti paduan akan terbentuk jika setiap butiran tersusun pada titik cair yang tinggi dan dibagian luarnya sangat kaya dengan susunan butiran yang memiliki titik cair rendah, namun demikian komposisi dari masing-masing butiran ini dapat diseragamkan melalui proses perlakuan panas (Annealing). **Tin**-Bronze dibedakan *menjadi* 2 macam yaitu Wrough- Bronzes dan Cast Bronzes.

- ***Wrough-Bronzes***

*Wrough-Bronzes* ; atau disebut Perunggu tempa atau  $\alpha$  Bronzes yakni Bronze yang mengandung kadar Timah putih diatas 8 %, pembentukannya dapt dilakukan dengan proses rolling secara dingin atau direntang. Bronzes ini dapat memegas selama proses pengerjan dingin (cold working process), oleh karena itu sebelum proses pembentukan harus dilakukan proses Annealing dengan temperature annealing 7000C . Bronzes ini memiliki sifat ketahanan korosi yang baik.

*Bronzes* dengan kadar Phosphor hingga 0,3 % digunakan sebagai bahan pembuat “Wrought Phosphor Bronzes” yakni sebagai bahan pagas, seperti pegas-pegas pada electrical contact serta berbagai instrument pemegang pada coil.

- ***Casting-Bronzes***

*Casting-Bronzes* (  $\alpha$  +  $\beta$  Bronzes) Mengandung kadar Timah putih antara 10 hingga 18 % dengan penambahan berbagai unsur akan diperoleh

struktur yang kompleks. *Casting Phosphorus Bronzes* merupakan bahan paling penting sebagai bahan baku pengecoran, dimana mengandung 10 % kadar Timah Putih (tin) serta unsur phosphor sebesar 0,05 %. Bronze ini sangat baik digunakan sebagai bahan bantalan dengan beban berat (heavy duty) dan kadar Phosphornya dapat ditingkatkan hingga 0,5 % walaupun dengan kehilangan sedikit sifat keuletannya. *Bell-metals* ; yakni bahan yang terbentuk dari hasil pengecoran pada Bronzes dengan kandungan Timah putih hingga 20 % dengan demikian akan menghasilkan efek suara jika dipukul. *Speculum metal* ; ialah Bronze yang mengandung 30 % sampai 40 % Timah Putih, Bronze ini sangat rapuh namun dapat dipoles sehingga sering digunakan sebagai bahan cermin, kisi pantul cahaya serta berbagai kebutuhan peralatan optic juga sebagai bahan pelapis. *Leaded Bronzes* ialah Tin-Bronze yang mengandung unsur timah hitam sebagai unsur yang dapat mengakibatkan bahan memiliki sifat mampu mesin (machinability). Kandungan lead pada Leaded Bronze hingga 5 % dan Leaded Bronze yang memiliki kandungan timah hitam hingga 10 % dapat meningkatkan sifat luncur sehingga banyak digunakan sebagai bantalan.

*Gunmetal* ialah Bronzes tuangan dengan komposisi unsur seng untuk memberikan sifat mampu cor yang lebih baik. *Admiralty Gunmetels* Komposisinya terdiri atas 88 % Copper dan 10 % Timah putih (tin) dan 2 % Sengan digunakan dalam pembuatan komponen kapal laut, seperti Valve-valve dan berbagai peralatan Mesin uap. *Leaded Gunmetels* ialah Bronzes dengan kandungan unsur lead diatas 5 % untuk meningkatkan sifat mampu Cor (Castingability) dan mampu mesin (Machinability). *Nickel Bronzes* ialah Bronze dengan penambahan sedikit unsur Nickel kedalam Tin-Bronzes dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dari bronze tersebut, disamping itu juga dapat memperbaiki sifat mampu cor. Unsur Nickel pada Bronze ini akan bersenyawa dengan seng sehingga akan menghasilkan paduan yang keras yang disebut “Nickel Gunmetals”.

Paduan dengan kadar Nickel yang tinggi dapat akan tergambar pada diagram keseimbangan karena, proses pelarutan akan terjadi jika dapat dilakukan pelarutan melalui proses pengecoran.

Pemanasan dengan Temperatur 7600C yang diikuti dengan Quenching dan dilanjutkan dengan pemanasan pada temperature 3000C setiap jam tegangan dan kekerasannya akan meningkat.

Nickel Bronzes memiliki sifat ketahanan aus dan korosi serta dapat mempertahankan kekerasannya pada berbagai perubahan Temperatur.

Nickel Bronzes digunakan sebagai bahan dalam pembuatan Valve serta berbagai komponen boiler feed water. *Aluminium Bronzes* kadar Tembaga yang lebih besar diberikan pada saat akhir pencampuran Copper-Aluminium. Dari diagram keseimbangan dapat terindikasi bahwa kadar Aluminium yang lebih tinggi dari 9,4 % akan masuk kedalam larutan padat (Solid Solution) tidak akan meningkat dengan penambahan derajat pemanasan akan tetapi malah akan turun jika Temperatur melebihi 5650C. Jika kadar *Aluminium* lebih besar dari 7,5 % dan Temperatur pemanasannya melebihi 5650C akan memunculkan phase kedua yang disebut Phase ? dan ketika kadar Aluminium melebihi 9,4 % dengan pendinginan lambat , maka akan terbentuk larutan padat (Solid Solution) yakni phase ? + ? . Jika paduan ini didinginkan sedikit lebih lambat seperti dilakukannya pengetokan pada cetakan (Mould) maka akan memperlambat pematangan pada perhentian dari phase ? tidak akan terjadi dan akan menghasilkan struktur “tua” , namun jika diberi penambahan sedikit unsur besi maka akan memperlambat perhentian phase ? dengan memperoleh hasil yang sama. Pada diagram keseimbangan ini juga (Gambar 1.11) mengindikasikan temperature dimana perhentian phase ? tergantung ada kadar Aluminium dan menjangkau nilai minimum apabila kadar Aluminium mencapai 11,8 %.

Bagian dari diagram keseimbangan dari paduan Copper- Aluminium mirip dengan diagram Besi Carbon (FeC), dan paduan dengan kadar Aluminium yang tinggi dapat di-quenching dengan menghasilkan struktur yang mirip dengan Martensite (lihat heat treatment) dengan sifat yang sangat keras dan rapuh juga mirip dengan sifat baja. Paduan ini juga dapat di Temper jika diperlukan sifat medium. ?-*Aluminium*

*Bronzes* ; Paduan dari jenis ini biasanya mengandung kadar Aluminium antara 4% dan 7% serta dapat di-annealing untuk mendapatkan sifat yang lunak dan ulet dan akan mengeras dan menegang setelah proses pengerjaan dingin. *Duplex Aluminium Bronzes* Paduan ini mengandung kadar Aluminium antara 9 % sampai 10 % dengan 2 % Besi untuk menghambat perhentian phase ?.

Paduan pada kelompok ini digunakan secara khusus dalam pengecoran dengan cetakan pasir (Lihat Sand Casting) atau gravity die-Casting serta tidak sesuai untuk Pressure die Casting karena memiliki derajat pemadatan yang kecil. Duplex Aluminium Bronzes digunakan sebagai bahan cor untuk pembuatan rumah pompa, bagian-bagian Valve, roda gigi dan rack. Secara umum Aluminium Bronzes memiliki sifat tahan korosi dimana terdapatnya lapisan film Alumina yang terbentuk dibagian permukaan karena adanya unsur Aluminium serta dapat mempertahankan sifat mekaniknya pada temperature tinggi.

#### **f. Paduan Tembaga-Nickel**

Paduan Tembaga-Nickel ialah logam yang merupakan paduan dari dua unsur yakni unsur Tembaga (copper) dengan Nickel. Logam paduan ini dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Cupro-Nickel Yaitu logam dengan unsur yang terdiri atas Copper dan Nickel
2. Nickel Silver yakni paduan antara Tembaga (Copper), Nickel dan Zinc (seng).

##### **• *Cupro-Nickel* :**

Diagram keseimbangan dari paduan Cooper-Nickel (Gambar 1.12), mengindikasikan bahwa paduan ini akan membentuk larutan padat (Solid Solution) dalam semua perbandingan untuk semua paduan dan menghasilkan bahan yang sesuai untuk pengerjaan panas maupun dingin. Unsur Nickel yang terdapat pada paduan ini biasanya antara 15 sampai 680 , kekuatan tarik, keuletan dan kekerasannya berkembang sesuai dengan kadar unsur dari Nickel tersebut. Paduan dengan kadar

Nickel sampai 20 % adalah yang paling baik dalam kelompok ini untuk pengerjaan dingin keras, dan paduan dengan kadar Nickel sampai 25 % biasanya digunakan dalam pembuatan Coin pada “British Silver”. Sebagai logam penting dari jenis paduan ini ialah yang disebut “Monel” yakni paduan dengan unsur Nickel hingga 68 % sebuah paduan yang sangat tahan terhadap korosi dan dapat mempertahankan sifatnya pada temperature tinggi, sehingga Monel banyak digunakan pada Turbin Uap.

• *Nickel – Silver*

Nickel – Silver sebenarnya tidak mengandung unsur Silver, penamaan ini dikarenakan penampilan dari paduan ini menyerupai silver. Komposisinya terdiri atas Copper, Nickel dan Seng (Zinc). Semua paduan dari jenis ini dapat dikerjakan atau dibentuk dengan pengejaan dingin (cold working), akan tetapi dengan meminimalkan tingkat kemurniannya paduan ini juga memungkinkan untuk pengerjaan panas (hot working). Nickel Silver mengandung kadar Tembaga antara 55 % sampai 68 % dan paduan dengan kadar Nickel antara 10 % hingga 30 % banyak digunakan dalam pembuatan sendok dan garpu. Paduan yang dibuat dalam bentuk plat dengan type EPNS sebagai derajat kesatu dengan kadar Nickel 18 % digunakan sebagai bahan pegas pada kontaktor peralatan listrik.

*g. Copper Alloy Containing Silicon*

Copper Alloy Containing Silicon paduan tembaga dengan penambahan sedikit unsur Silicon untuk meningkatkan tegangan serta ketahanannya terhadap serangan korosi, dan hal ini pula yang menjadikan Tembaga mudah untuk dilakukan penyambungan melalui pengelasan, dimana dioxidasi dalam pengelasan dalam proses pencairan logam ini akan tercapai dengan adanya unsur Silikon tersebut. Paduan Tembaga dengan kadar Silicon sampai maximum 3 % masih dapat ditempa (Forging), namun jika lebih besar dari 5 % merupakan Bronze tuangan (Casting Bronzes).

### *Copper Alloy Containing Manganese*

Copper Alloy Containing Manganese; unsur Manganese digunakan dalam paduan dengan unsur Aluminium atau Nickel pada Tembaga, dimana akan memberikan sifat listrik yang sangat spesifik. Bahan ini sangat mudah untuk dibentuk hingga bentuk-bentuk yang sangat rumit dibanding dengan pemakaian baja. Paduan ini juga memiliki ketahanan korosi yang sangat baik .

### *h. Aluminium dan Paduannya*

Aluminium merupakan salah satu bahan teknik yang penting dari jenis logam Non-ferro karena secara umum Aluminium memiliki sifat yang dapat memenuhi syarat dari berbagai sifat produk komponen atau peralatan teknik. Yang sangat spesifik dari sifat Aluminium ialah berat jenisnya yang rendah yakni hanya 2,702 Kg/dm<sup>3</sup>, memiliki sifat ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh korosi atmosferic serta sifat yang lain dan yang sangat penting dari Aluminium ini ialah sifat thermal dan electrical conductivity yang ditandai dengan lapisan yang mengkilat jika dipoles serta cepatnya perambatan panas pada Aluminium ini. Aluminium diketemukan tahun 1827 oleh Federick Wohler seorang ahli kimia Jerman. Aluminium terdapat pada permukaan bumi dalam bentuk senyawa kimia yang disebut Bauxite yang merupakan bijih Aluminium dengan komposisi yang terdiri atas tanah tawas, Oxide Aluminium, Oxide besi dan Asam Silikat.

Selanjutnya Bauxite ditemukan diberbagai Negara di Eropa seperti Prancis, Itali dan Negara-negara Balkan serta Rusia, Hongaria, Afrika, Amerika, Asia dan Australia. Secara komersial Aluminium diperoleh dalam keadaan murni hingga 99,9 % atau terendah 99 % memiliki kekuatan tarik 60 N/mm<sup>2</sup> dan dapat ditingkatkan melalui proses pengerjaan dingin hingga 140 N/mm<sup>2</sup> serta akan meningkat lagi tergantung panjangnya proses pengerjaan tersebut. Sifat korosi Atmospheric terjadi pada Aluminium ialah dimana disebabkan oleh proses persenyawaan Aluminium dengan udara yang mengakibatkan terbentuknya lapisan film setebal kurang lebih  $13 \times 10^{-6}$  mm. Yang bersifat adhesive pada permukaannya sehingga melindunginya dari

pengaruh udara berikutnya. Untuk memperoleh sifat yang lain dari Aluminium dapat dilakukan dengan proses pencampuran atau paduan dengan unsur-unsur logam lainnya, seperti Copper (Tembaga), Manganese, Magnesium, Zincum, Nickel, Silicon dan lain-lain sehingga memenuhi sifat bahan yang dikehendaki.

### **1. Dasar-dasar paduan Aluminium**

Paduan Aluminium dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok menurut sifat pengerjaannya, yaitu :

- a. Aluminium paduan tempa (wrought Aluminium Alloy)
- b. Aluminium paduan Tuangan (Cast Aluminium Alloy).

### **2. Aluminium paduan tempa (wrought Aluminium Alloy)**

Aluminium paduan tempa (wrought Aluminium Alloy) ini diproses melalui pengolahan tempa atau ekstrusi, pengolahan yang menghasilkan bahan-bahan setengah jadi seperti plat, pipa kabel, batangan bulat atau bersegi dan lain-lain. Paduan Aluminium ini juga dikelompokkan menurut sifat reaksi perlakuan panasnya (lihat diagram paduan Aluminium).

### **3. Pekerjaan pengerasan pada Paduan Aluminium**

Paduan Aluminium ini sebenarnya tidak terlalu merespon terhadap reaksi perlakuan panas, akan tetapi derajat yang disebut “Temper” dapat kita peroleh melalui pengendalian rentang pengerjaan dingin yang dicapai setelah pelunakan akhir, namun demikian kekuatan tariknya tidak akan diperoleh bila ukuran yang dikehendaki telah tercapai kecuali dengan undersized. Prinsip-prinsip pengerasan pada Paduan Aluminium ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Paduan Aluminium dengan total unsur paduan hingga 1 % yang terdiri atas Silicon, besi Manganese dan Seng sesuai dengan sifat yang dikehendaki, kekuatan tarik maximum dapat dicapai melalui proses

tempa (Forging) atau berbagai metoda pengerjaan dingin dan tingkat keuletannya dapat diperoleh melalui penambahan jumlah atau jenis bahan paduan sekalipun hal ini relative mahal.

b. Paduan Aluminium dengan total unsur paduan hingga 2,4 % termasuk 1,2 % Manganese.

c. Paduan Aluminium dengan berbagai unsur paduan serta kadar yang bervariasi hingga diatas 7 % sesuai dengan kebutuhan. Berbagai jenis aluminium paduan sebagaimana disebutkan merupakan struktur larutan padat dengan sedikit larutan dua phase. Diagram keseimbangan (Gambar 1.14) yang diperlihatkan berikut ini merupakan bentuk keseimbangan untuk paduan Aluminium- Magnesium dimana diagram ini memperlihatkan bahwa unsur Magnesium larut didalam Aluminium yang meningkat sesuai dengan meningkatnya Temperatur pemanasan. Paduan ini bukan merupakan masalah utama karena melalui proses paduan ini hanya akan meningkatkan sedikit tegangan namun merata. Struktur dengan larutan padat (Solid Solution) ini memiliki sifat yang lunak tetapi sangat tahan terhadap korosi.

#### **4. Paduan Aluminium mampu perlakuan panas (heat treatable wrought Aluminium Alloy)**

Sifat mampu perlakuan panas pada paduan Aluminium ini akan memberikan peluang terhadap bahan ini untuk diberikan peningkatan tegangannya melalui proses perlakuan panas. Tentang prinsip-prinsip perlakuan panas dapat dilihat pada Bab tentang Heat treatment yakni Pengendalian sifat mekanik logam melalui proses perlakuan panas. Proses perlakuan panas pada Aluminium paduan ini dapat dianggap sebagai : Unsur paduan pada Aluminium dengan kadar Tembaga hingga 4 % dengan campuran  $CuAl_2$  merupakan paduan dengan dengan medium hardening. Unsur paduan pada Aluminium dengan total paduan hingga 2 % yang terdiri atas Silicon dan Magnesium,  $Mg_2Si$  merupakan medium hardening.

Variasi unsur paduan pada Aluminium yang terdiri atas Tembaga, Silikon sebagai media hardening. Sifat heatreatable (mampu perlakuan panas) dari paduan Aluminium ini jatuh dalam dua kelompok yakni terjadinya pengerasan secara spontan setelah pembentukan larutan, sedangkan yang lainnya memerlukan proses lanjutan, yakni proses perlakuan panas yang disebut sebagai “precipitation treatment” dengan tujuan untuk memperbaiki sifatnya. Dalam proses ini diperlukan berbagai unsur tambahan seperti unsur yang bersifat meningkatkan kekerasan, ketegangan, misalnya besi dan Seng. Jika Paduan Aluminium ini akan digunakan pada temperature tinggi maka diperlukan unsur Nickel.

- **Paduan Aluminium tuangan (Cast Aluminium Alloys)**

Jika diperlukan Aluminium Paduan dengan sifat keuletan yang tinggi serta sifat ketahanan terhadap korosi yang tinggi pula maka pada Aluminium yang memiliki kemurnian komersial ditambahkan unsur-unsur Silicon dan Magnesium, dengan demikian juga akan diperoleh Aluminium paduan yang keras dan kuat dengan paduan yang kompleks. Berdasarkan diagram keseimbangan (Gambar1.15) berikut dimana kita memerlukan keadaan paduan yang sangat cair dengan kadar Silicon yang lebih besar dari 5 % , dengan demikian berdasarkan diagram tersebut yang mengindikasikan terjadinya komposisi Eutectic berada pada kadar Silicon sebesar 11,6 % , dengan demikian Aluminium paduan ini cocok dibentuk melalui pengecoran dengan cetakan pasir, Gravity die Casting, pressure die Casting dengan cold chamber die Casting. Aluminium paduan dari kelompok ini termasuk dalam kelompok Aluminium paduan yang mampu perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan tegangannya.

- **“As-Cast” Aluminium Alloys**

Terdapat 3 kelompok utama dari “As-Cast” Aluminium Alloys ini yaitu :

1) Aluminium paduan dengan kadar 9% sampai 13 % Silicon, Aluminium paduan ini dapat dibentuk melalui pengecoran dengan metoda Die-Casting.

2) Alumunium Paduan dengan komposisi yang terdiri atas 1,6 % Copper dan 10 % Silicon dapat dibentuk dengan penuangan melalui metode pressure die Casting.

3) Aluminium Paduan dengan kadar 4,5 %Magnesium; dan 0,5 % Manganese, kendati paduan ini hanya memiliki tegangan menengah namun memiliki sifat ketahanan korosi yang baik.

4) Aluminium Paduan ini dapat dibentuk melalui pengecoran dengan proses pencetakan pasir (Sand-Casting) dan Grafity Die Casting.

### **5. Sifat mampu pemanasan pada Tuangan Aluminium paduan**

Dengan penambahan unsur paduan pada Aluminium Paduan seperti unsur Silicon dan berbagai unsur lainnya sudah cukup memberikan fungsi pengerasan. Angka terbesar dari bahan-bahan paduan pada Aluminium Paduan diperoleh dari unsur Tembaga (Cu) dengan kadar hingga 4 % yang ditambah dengan sedikit unsur Nickel hingga 3 % yang akan menghasilkan media pengerasan dari campuran Ni Al<sub>3</sub>.

#### **• Perlakuan panas pada Aluminium paduan**

##### *Peningkatan Tegangan dengan perlakuan panas*

Aluminium Paduan yang memiliki komposisi yang sesuai untuk ditingkatkan kekuatannya, perlakuan panas akan mencairkan bahan ini yang diikuti oleh proses pengendapan (precipitation). Untuk keadaan ini respon bahan terhadap reaksi pemanasan akan ditandai dengan adanya batas larutan padat (Solid solution) didalam larutan tersebut hingga mencapai temperature ruangan yang meningkat sesuai perubahan temperature itu sendiri. Prilaku Tembaga serta cara pemuannya dengan Aluminium dapat digambarkan dalam diagram keseimbangan (Gambar 1.16) berikut. Dengan hanya 0,2 % Tembaga pada ALuminium akan menghasilkan campuran antar logam Cu Al<sub>2</sub>.

Larutan padat (solid Solution) dari Tembaga pada Aluminium meningkat sesuai dengan peningkatan Temperaturnya menjangkau maximum hingga 5,7 % pada Temperatur 584 °C, akan tetapi jika kandungan unsur Tembaga kurang dari 5,7 % maka seluruhnya akan masuk kedalam larutan padat (solid solution), bila diberikan pemanasan dengan temperature yang cukup tinggi.

Jika Paduan telah berada dalam keseimbangan melalui proses pendinginan, misalnya setelah penuangan, kelebihan unsur tembaga secara berangsur-angsur akan mengendap dari larutan padat kedalam bentuk campuran yang sangat keras dan rapuh Cu Al<sub>2</sub> yang berkumpul didalam batas butiran.

<http://rohman36.blogspot.com/2010/11/macam-macam-paduan-dari-logam-non-ferro.html>

Aluminium merupakan salah satu logam non ferrous. Dalam sector perindustrian, aluminium dikembangkan dengan begitu pesat. Dan dapat diolah menjadi berbagai macam produk dengan lebih ekonomis.

Aluminium merupakan logam ringan dengan berat jenis 2.643 g/cm<sup>3</sup> dan titik cairnya 660 °C.

Bauksit adalah salah satu sumber aluminium, dan banyak terdapat didaerah Bintan dan Kalimantan. Bauksit dapat diolah dengan proses bayer untuk mendapatkan alumina yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan aluminium. Untuk menghasilkan 500kg aluminium diperlukan 550kg bauksit, 450kg NaOH, 31.5 ton H<sub>2</sub>O dan 7.5 ton uap. Bauksit dapat juga diolah menggunakan proses elektrolisa. Untuk 1kg aluminium diperlukan 4kg bauksit, 0.6kg karbon, dan criolit.

Sifat-sifat umum dari aluminium antara lain :

- Berat jenis rendah

- Konduktor listrik yang baik
- Tahan korosi
- Mudah dituang

Beberapa jenis aluminium alloy :

- Wrought Alloy

Aluminium wrought alloy terdiri dari 2 macam yaitu aluminium wrought alloy yang bisa diheat treatment dan aluminium wrought alloy yang tidak bisa ditempa.

- Casting Alloy

Aluminium casting alloy terdiri dari aluminium die casting dan aluminium permanent casting

Beberapa macam aluminium alloy ditinjau dari bahan campurannya, antara lain :

- Magnal (terdiri dari campuran aluminium dan magnesium)
- Manal (terdiri dari campuran aluminium dan mangan)
- Siluminal (terdiri dari campuran aluminium, tembaga dan silicon)
- Duraluminium terdiri dari campuran aluminium, tembaga, mangan dan magnesium)

Menurut HES (Honda Engineering Standart) terdapat aluminium alloy dengan type HD2 G2. HD2 G2 adalah aluminium alloy yang dipergunakan dalam proses die casting.

HD2 G2 adalah material aluminium alloy yang kuat, dan tahan benturan. Standar komposisinya adalah :

- Silicon (Si) maximal 8.5 – 11%
- Besi (Fe) maximal 0.85 %
- Mangan (Mn) maximal 0.3%
- Magnesium (Mg) maximal 0.25%
- Nikel (Ni) maximal 0.3%
- Seng (Zn) maximal 1%
- Tembaga (Cu) 1 – 2.5%

Pengaruh–pengaruh elemen/campuran dalam aluminium alloy :

### 1. Silicon (Si)

Keuntungan :

- a. memudahkan proses flow dan casting
- b. memudahkan proses welding
- c. memperkecil daya lentur
- d. mencegah perubahan suhu yang terlalu cepat

Kerugian :

- a. sulit untuk proses pemotongan
- b. daya rekat jelek

### 2. Tembaga (Cu)

Keuntungan :

- a. menambah kekuatan

b. memudahkan proses pemotongan

Kerugian :

a. mudah patah

3. Magnesium (Mg)

Keuntungan :

a. menambahkan kekuatan dan daya lentur

b. memudahkan proses pemotongan

c. efektif untuk proses rekristalisasi

Kerugian :

a. menurunkan daya rekat

b. mudah patah

c. menimbulkan pin hole

d. menimbulkan hard spot

4. Besi (Fe)

Keuntungan :

a. mencegah part menempel pada dies

Kerugian :

a. menurunkan kualitas mekanis

b. menimbulkan hard spot

5. Seng (Zn)

Keuntungan :

- a. memudahkan proses casting
- b. menaikkan kemampuan mekanis

Kerugian :

- a. menurunkan daya gigitan
- b. menurunkan daya rekat
- c. mudah retak

## 6. Mangan (Mn)

Keuntungan :

- a. tahan temperature tinggi
- b. memperkecil kerusakan akibat Fe

Kerugian :

- a. daya serap panas berkurang
- b. menimbulkan hard spot

## 7. Nikel (Ni)

Keuntungan :

- a. tahan temperature tinggi
- b. menurunkan jumlah kerusakan Fe

Kerugian :

- a. melemahkan daya gigitan

## 8. Timah Putih ( Sn )

Keuntungan :

- a. mudah dipotong
- b. mudah dingin

Kerugian :

- a. tidak tahan panas

Alumunium HD2 G2 biasanya digunakan untuk pembuatan spare part dari komponen otomotif yang membutuhkan kekuatan dan tidak membutuhkan keuletan. Produk – produk yang terbuat dari HD2 G2 diantaranya :

- a. Cover Crank Case R/L
- b. Cover Comp Cylinder Head
- c. Bottom Metal

Flow proses dari pembuatan produk tersebut adalah:

- a. Penerimaan Material
- b. Penyimpanan Material
- c. Proses Melting (Peleburan)
- d. Pouring and Supply
- e. Casting Injection
- f. Proses Finishing
- g. Proses Machining

## h. Penyimpanan (Finish Good)

### i. Delivery

#### A. Penerimaan Material

Material yang diterima adalah aluminium ingot batangan. Dimana pada saat penerimaan akan diserahkan juga Mill Sheet (hasil pengecekan bahan yang dilakukan oleh subcont). Setelah diterima aluminium ingot batangan akan dipotong guna untuk dilakukan pengecekan bahan kembali. Pemotongan dilakukan secara acak pada setiap satu lot ingot.

Pengecekan menggunakan mesin spectrometer, yang akan diperoleh hasilnya dalam bentuk print out tentang kadar kandungan bahan tersebut diantaranya kadar kandungan aluminium, silicon, seng, besi, magnesium, mangan, tembaga, timah hitam dan timah putih.

#### B. Penyimpanan Material

Setelah aluminium ingot batangan dicek dan hasilnya sesuai dengan standar, maka aluminium ingot tersebut disimpan dalam gudang bahan baku dan ditempatkan menurut jenisnya dan diberi label.

#### C. Proses Melting (Peleburan)

Proses peleburan ini menggunakan dapur furnace dengan bahan baker gas. Pada saat peleburan tidak menggunakan aluminium ingot seluruhnya. Akan tetapi menggunakan perbandingan antara aluminium ingot dan scrap. Perbandingannya yaitu 60% untuk aluminium ingot dan 40% untuk scrap. Yang dimaksud dengan scrap adalah produk NG dan runner dari hasil proses die casting injection.

Aluminium ingot dilebur hingga suhu 720 0C, penunjukan skala temperature menggunakan thermocouple. Pada saat aluminium sudah mencair dan mencapai suhu 720 0C  $\pm$  10 0C dilakukan proses fluxing. Proses fluxing adalah proses pembersihan kotoran yang terdapat dalam aluminium cair, dan berguna juga untuk mengangkat udara/turbulence

yang terjebak didalamnya. Flux hanya digunakan sebanyak 0.2% – 0.4% dari berat aluminium cairnya. Kemudian didiamkan terlebih dahulu selama minimal 5 – 10 menit.

Pada saat proses peleburan yang terlalu panas/terlalu lama kadar magnesiumnya akan berkurang. Dikarenakan magnesium dapat terbakar pada suhu tinggi. Oleh karena itu sebelum aluminium cair dikirim ke mesin die casting dicek terlebih dahulu kadar kandungan bahannya kembali dalam bentuk test piece.

Jika kadar kandungan magnesium berkurang maka ditambahkan magnesium murni kedalam aluminium cair dan dilakukan pengecekan kembali.

#### D. Pouring and Supply

Aluminium cair didistribusikan ke mesin die casting menggunakan ladle transport. Ladle transport adalah sebuah crucible kecil dengan kapasitas 100kg, yang dapat diangkat dengan forklift pada saat pendistribusian. Untuk menjaga agar suhu aluminium cair tidak turun secara drastis saat distribusikan, maka ladle transport dipanaskan terlebih dahulu selama minimal 15 menit menggunakan burner.

Dari ladle transport aluminium cair dimasukkan kedalam holding furnace. Dalam holding furnace aluminium cair distabilkan panasnya pada suhu pencetakan, yaitu pada suhu  $680\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pada ini aluminium cair akan terlihat putih kemerahan. Sedangkan suhu pada proses melting  $720\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  dikarenakan pada saat pendistribusikan suhu aluminium cair akan mengalami penurunan.

#### E. Casting Injection

Proses pencetakan menggunakan mesin die casting dan menggunakan mould/dies yang terbuat dari baja carbon yang mengalami proses hardening dengan  $\text{HRC } 55 \pm 2$  dan selanjutnya mengalami proses nitriding jika dimensi part yang dihasilkan sudah sesuai dengan gambar

produk. Dalam pembuatan dimensi dies dibuat lebih besar dari gambar produknya, karena akan ada perubahan ukuran.

Bagian-bagian dari mould diantaranya adalah:

1. Central cooling, yang berguna untuk masuknya air pendingin dan tempat pencabangan pendingin dies
2. Mould Base, tempat dipasangnya cavity dies
3. Over Flow, dibuat untuk mencegah terjadinya keropos pada part dan tempat pembuangan kotoran alumunium
4. Cavity Move, tempat adanya profil part yang terbuka saat proses injection
5. Pin Ejector, pin pendorong part saat proses injection
6. Runner Gate, jalan masuknya alumunium saat proses injection menuju profil part
7. Sprue Bush, jalan masuknya alumunium saat proses injection menuju runner gate
8. Cavity Fix, tempat adanya profil part yang tidak bergerak saat proses injection

Dalam proses casting injection digunakan beberapa alat keselamatan kerja, diantaranya adalah masker, cooton gloves, helmt, safety shoes, baju safety, dll. Untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan permintaan customer ada beberapa parameter/setingan mesin yang harus diperhatikan diantaranya adalah low speed, hight speed, intensifier, fast start, die open, acc pressure, dan biscuit size. Low speed merupakan pengaturan kecepatan saat piston bergerak pada rongga plunger sleeve untuk mengumpulkan alumunium cair. Agar tidak terjadi turbulence/udara terjebak kecepatan gerak piston tidak boleh lebih dari 0.5 m/s. Hight speed merupakan pengaturan kecepatan piston pada saat

bergerak dengan cepat, agar aluminium cair dapat didistribusikan pada setiap rongga dies tanpa terjadi pembekuan sepanjang fast start yang telah ditentukan. High speed tidak boleh terlalu tinggi karena mempercepat timbulnya crack pada dies. Die open adalah parameter waktu untuk proses membukanya dies, tapi dies tidak boleh terlalu cepat dibuka karena produk akan rusak pada saat didorong oleh pin ejector dan dies tidak boleh dibuka terlalu lama karena produk akan mengecil dengan extreme. Mengecilnya dimensi produk dikarenakan turunnya suhu dan part akan susah didorong keluar oleh pin ejector dan bahkan part menempel pada dies.

Visual produk hasil casting injection tidak boleh over heating, cold shot, flow line, under cut, crack, kropos dll. Over heating adalah visual permukaan produk yang mengkilap pada beberapa sisi saja, yang ditimbulkan karena pendinginan dies yang kurang sempurna. Cold shot adalah visual permukaan produk yang profilnya belum terbentuk dengan sempurna, yang disebabkan karena suhu dies yang belum panas atau turunnya suhu aluminium cair pada holding furnace. Sedangkan crack adalah timbulnya retakan pada produk yang biasa disebabkan karena umur dies yang sudah habis atau karena ada kesalahan dalam proses casting injection. Keropos adalah rongga-rongga kecil pada dalam part, yang dapat dilihat menggunakan colour check.

Untuk dimensi produk casting yang dinyatakan OK dibagi dalam dua bagian, yaitu dimensi yang langsung terbentuk dari proses casting injection dan dimensi yang akan mengalami proses finishing atau machining.

#### E. Proses Finishing

Proses finishing menggunakan beberapa alat dan mesin pembantu diantaranya adalah kikir, mesin buffing, mesin belt sander. Proses finishing adalah proses menghilangkan burry dan perbaikan visual permukaan produk.

Proses finishing terdiri dari proses burrytory, belt sander, buffing, wire brush.

- Proses burrytory adalah pembersihan burry pada permukaan atau sekeliling part yang akan mengganggu pada proses selanjutnya.
- Proses belt sander adalah proses menghilangkan runner gate dan burry yang tidak bisa dihilangkan pada proses sebelumnya
- Proses wire brush adalah proses menghilangkan cacat proses injection yaitu flow line, cold shoot, under cut dll
- Proses buffing adalah proses menghilangkan cacat proses injection yang tidak dapat hilang dengan proses wire brush, dan hanya bisa untuk permukaan yang lebar saja
- Proses rotary adalah proses menghilangkan cacat proses injection yang tidak dapat hilang dengan proses wire brush, dan dilakuakn pada profil-profil yang tidak terjangkau oleh proses buffing

## F. Proses Machining

Produk yang telah selesai pada proses finishing dilanjutkan pada proses machining. Proses tersebut adalah proses pengeboran, pengetapan, pemotongan. Mesin yang dipakai mulai mesin manual hingga mesin auto yang menggunakan kode-kode masukan yang sudah komputerisasi. Sedangkan alat proses lainnya adalah bor, reamer, tap dll.

Produk yang dinyatakan OK adalah produk yang dimensinya sudah sesuai dengan gambar partnya. Untuk proses machining dapat dikatakan layak untuk produksi jika standar Cp Cpk telah tercapai. Pengecekan dimensi menggunakan vernier caliper, micrometer, hole test, coordinate measuring machine, counter result machine dll. Ada juga yang menggunakan inspection jig, agar operator dapat lebih mudah

melakukan proses pengecekan produk saat produksi. Untuk produk-produk yang termasuk dalam safety part akan dilakukan tes strength dengan menggunakan mesin strength. Tes strength adalah pengecekan part untuk tahan tarik ataupun tahan tekan. Pengetesan ada yang ditujukan untuk pengetesan kekuatan profil part atau pengetesan kekuatan hasil proses machining. Contoh pengetesan untuk kekuatan profil part adalah pada pengetesan handle lever part tidak boleh patah pada saat ditekan 65 kgf dan part tidak boleh mengalami perubahan bentuk/bengkok saat ditekan dengan kekuatan 26 Kgf. Dikarenakan untuk produk handle lever tidak boleh patah pada saat dipakai walaupun terjadi kecelakaan. Dan contoh pengetesan untuk hasil proses machining adalah pengetesan kekuatan ulir.

Untuk part-part yang langsung berhubungan dengan benda cair seperti halnya oli diadakan pengecekan kebocoran menggunakan leak tester.

Mesin leak tester menggunakan cosmo. Cosmo adalah sensor kebocoran yang menggunakan angin. Part terlebih dulu diclamp, yang selanjutnya angin ditembakkan masuk kedalam part. Setelah dibalancing beberapa saat, tekanan angin dan volume angin yang telah dimasukkan dicek ulang kembali. Jika pengurangan tekanan dan volume tidak sesuai standar maka part dinyatakan NG bocor.

#### G. Penyimpanan (Finish Good)

Part yang sudah dinyatakan OK oleh quality disimpan pada gudang finish good dengan ditempatkan pada box/carrier yang sudah ditentukan dan tertata rapi.

Agar part tidak lecet saat penyimpanan dalam box/carrier, box/carrier harus dibalut dengan dengan bahan yang lunak. Misalnya busa, selang karet, plastic dll.

Keluar masuk produk pada gudang penyimpanan menggunakan system FIFO, yang pertama masuk adalah yang pertama dikirim kecustomer.

Agar produk dapat tersimpan dengan baik jika perlu box yang sudah terisi penuh oleh produk dibungkus menggunakan plastic scrapping.

## H. Delivery

Produk dikirim kecustomer berdasarkan purchase order yang telah diterima.

Produk–produk yang dihasilkan biasanya dipakai untuk spare part otomotif, diantaranya :

1. Pemegang shock braker
2. Cover crank case R digunakan untuk sirkulasi oli dan penutup gear motor

yang tidak boleh ada kebocoran.

3. Cover crank case L digunakan untuk tempat dudukan kumparan motor.

[http://hapli.wordpress.com/non\\_ferro/aluminium-alloy/](http://hapli.wordpress.com/non_ferro/aluminium-alloy/)







# INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta  
 Website : [www.istn.ac.id](http://www.istn.ac.id) / e-Mail : [admin@istn.ac.id](mailto:admin@istn.ac.id) / Telepon : (021) 7270090

## ISI PRESENSI MAHASISWA TEKNIK MESIN 2024 GENAP

Mata kuliah : MS1921 - Metalurgi Non Ferrous (P)

Nama Kelas : K

No	NIM	NAMA	TATAP MUKA											
			24 Mar 2025	7 Apr 2025	14 Apr 2025	21 Apr 2025	28 Apr 2025	5 Mei 2025	19 Mei 2025	26 Mei 2025	2 Jun 2025	9 Jun 2025	16 Jun 2025	23 Jun 2025
Peserta Reguler														
1	23214707	MUHAMMAD AFRIZAL HAFIZ	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
2	24214707	Moch. Samsuel Arief	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
3	24214709	Fadhlan Adhi Putra		H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
4	24214714	Muhammad Bayu Rizky							H	H	H	H	H	H
Paraf Ketua Kelas														
Paraf Dosen														





## INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta  
 Website : [www.istn.ac.id](http://www.istn.ac.id) / e-Mail : [admin@istn.ac.id](mailto:admin@istn.ac.id) / Telepon : (021) 7270090

### LAPORAN NILAI PERKULIAHAN MAHASISWA

#### Program Studi S1 Teknik Mesin

#### Periode 2024 Genap

Mata kuliah : Metalurgi Non Ferrous (P)

Nama Kelas : K

Kelas / Kelompok :

Kode Mata kuliah : MS1921

SKS : 3

No	NIM	Nama Mahasiswa	TUGAS INDIVIDU (20,00%)	UTS (30,00%)	UAS (40,00%)	KEHADIRAN (10,00%)	Nilai	Grade	Lulus	Sunting KRS?	Info
1	23214707	MUHAMMAD AFRIZAL HAFIZ	75.00	80.00	80.00	81.25	79.13	A-	✓		
2	24214707	Moch. Samsuel Arief	75.00	80.00	80.00	81.25	79.13	A-	✓		
3	24214709	Fadhlan Adhi Putra	75.00	75.00	80.00	75.00	77.00	A-	✓		
4	24214714	Muhammad Bayu Rizky				0.00	0.00	E			
Rata-rata nilai kelas			<b>56.25</b>	<b>58.75</b>	<b>60.00</b>	<b>59.38</b>	<b>58.82</b>	<b>B-</b>			

Pengisian nilai untuk kelas ini ditutup pada **Senin, 4 Agustus 2025** oleh **199709-003**

Tanggal Cetak : Rabu, 20 Agustus 2025, 19:19:29

Paraf Dosen :

Ir. RUDI SAPUTRA, MT.

