

PENGETAHUAN BAHAN LOGAM

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DATE/IMA TGL	14-6-94
SUBJEK H R A	HD
KODING	KK1
NOI VE TARI S	443/HD/94-P1(2)
CALL NO	669.07 Ram P ①

Oleh:
Drs. Ramli

UPT. PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
TELAH TERDAFTAR

JUDUL	PENGETAHUAN BAHAN
PENGARANG	
JENIS	
No. DAFTAR	
TANGGAL	

KEPALA,

Drs. ZAINUDDIN HR. LENGGANG
NIP. 130 109 455

**Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan
PADANG
1991**

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis dapat menyelesaikan penulisan buku ini dengan baik.

Buku ini berisikan tentang dasar-dasar proses pembentukan logam, seperti struktur atom, model atom, ikatan kovalen dan ikatan logam, macam dan jenis baja, besi cor dan logam-logam bukan besi (non-ferro) yang banyak digunakan dalam industri permesinan. Dalam memproduksi suatu komponen permesinan, logam adalah merupakan bahan utama di samping bahan lainnya. Para perancang dan pengambil keputusan untuk memproduksi suatu komponen permesinan perlu menghayati dan menetapkan secara pasti tentang bahan yang akan dipakai untuk suatu produk dalam artian mempunyai nilai ekonomi yang lebih baik.

Dengan demikian buku ini dapat digunakan oleh para pembaca untuk menguasai lebih jauh tentang pengetahuan bahan logam dan pedoman bagi operator pada industri logam. Diharapkan dengan penerbitan buku ini dapat diterima secara luas dalam membantu mahasiswa untuk mempelajari pengetahuan bahan logam. Akhirnya penulis mengucapkan banyak ribuan terima kasih kepada Bapak Dekan dan Ketua Jurusan PT. Mesin FPTK IKIP Padang dan Bapak Drs. Nizwardi Jalinus, MEd. yang telah membaca dan mengeditnya, serta rekan yang ikut membantu dan memberikan dorongan dalam penulisannya.

Padang, Juni 1991.
P e n u l i s ,

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I. STRUKTUR ATOM	1
A. Model Atom	1
B. Bilangan Kuantum	4
C. Susunan Berkala dan Sistem Periodik Unsur-unsur	11
BAB II. IKATAN KIMIA	18
A. Ikatan Ion	18
B. Ikatan Kovalen	20
C. Ikatan Logam	24
D. Struktur Kristal	24
BAB III. LOGAM FERRO (BESI)	29
A. Baja dan Komposisinya	29
B. Efek dari Karbon Terhadap Sifat Mekanis Baja	30
C. Penggunaan dari Beberapa Baja Karbon ...	31
D. Baja Paduan (Alloy Steel)	37
E. Besi Cor dan Komposisinya	42
F. Penggunaan Besi Cor	49
BAB IV. LOGAM-LOGAM NON-FERRO (BUKAN BESI)	52
A. Tembaga dan Paduannya	52
B. Aluminium dan Paduannya	63
C. Magnesium dan Paduannya	77
D. Nikel dan Paduannya	80
E. Titanium dan Paduannya	82
DAFTAR PUSTAKA	87

DAFTAR TABEL

Halaman

TABEL

1. Konfigurasi Elektron dan Unsur pada Kedudukan Dasar	7
2. Elemen-elemen Tertentu	14
3. Sistem Kristal	26
4. Radius Ion	28
5. Persentase Unsur dalam Baja	30
6. Tipe Baja Karbon Berdasarkan Kandungan Karbon yang Dimilikinya	31
7. Komposisi Baja Tipe S 1006	32
8. Spesifikasi Baja Tipe XS 115	33
9. Spesifikasi Baja Tipe S 1224	33
10. Komposisi dari Mild Steel	34
11. Komposisi Baja Bangunan	34
12. Komposisi Baja Karbon Menengah	35
13. Komposisi Baja Karbon Tinggi	36
14. Komposisi Baja-baja Peralatan	38
15. Komposisi Kimia Baja dan Baja Paduan	38
16. Baja Paduan Menurut Komposisinya	39
17. Baja Paduan Tahan Panas dan Tahan Karat	40
18. Baja Paduan untuk Perkakas Potong	41
19. Komposisi Kimia dan Penggunaan Baja Perkakas Dingin	42
20. Komposisi Besi Cor	42
21. Jenis, Komposisi dan Penggunaan Besi Cor	43
22. Komposisi Kimia Tipikal dan Sifat-sifat Mekanik Besi Cor	44
23. Jenis-jenis Biji Tembaga	53
24. Komposisi Kimia dan Penggunaan Kimianya	55
25. Komposisi Logam Monel	61
26. Paduan dan Penggunaan Tembaga Nikel	63
27. Sifat-sifat Fisik Aluminium	68
28. Sifat-sifat Mekanik Aluminium	68
29. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan	70
30. Sifat-sifat Mekanik Paduan Al-Cu-Mg	73
31. Paduan Aluminium	76
32. Mineral yang Banyak Mengandung Magnesium	78
33. Paduan Magnesium dan Penggunaannya	79
34. Paduan Nikel-Chromium dan Penggunaannya	81
35. Penggunaan Titanium dan Paduannya	84
36. Paduan Coran Seng dan Penggunaannya	86

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Lintasan Elektron dalam Atom Rutherford	1
2. Model Atom Bohr	2
3. Kebolehjadian pada Beberapa Jarak dari Inti untuk Menemukan Elektron	4
4. Lintasan Elektron dalam Mengelilingi Inti Atom dalam Berbagai Tingkat Energi Utama	5
5. Distribusi Ruang dari Orbital Elektron	10
6. Spin Elektron	10
7. Orbital yang Berputar dengan Arah yang Berbeda	11
8. Struktur Atom Hidrogen dan Helium yang Mengandung 1 dan 2 Elektron	12
9. Struktur Atom Oksigen yang Mengandung Elektron	12
10. Jari-jari Atom Besi	13
11. Susunan Berkala Unsur-unsur	17
12. Pembentukan Molekul Hidrogen	21
13. Pembentukan Molekul-Molekul F ₂ , O ₂ , dan N ₂ ..	21
14. Pembentukan Molekul-Molekul HO ₁ , H ₂ O dan NH ₃ .	22
15. Konfigurasi Ikatan Berhubungan Dengan Orbital Hibrida Sederhana	23
16. Poli-poli Kristal	27
17. Bentuk Khusus dari Distribusi Grafit dalam Besi Cor Kelabu	46
18. Bentuk Distribusi Grafit Dalam Besi Cor Bergrafit Bulat	47
19. Struktur Besi Cor Kelabu Luar Biasa	48
20. Struktur Luar Biasa dari Besi Cor Bergrafit Bulat	49
21. Diagram Mauren	50
22. Diagram Fase Cu - Zn	56
23. Struktur Mikro dan Kuningan	57
24. Diagram Keseimbangan Perunggu-Timah Putih ...	58
25. Diagram Keseimbangan Tembaga Aluminium	60
26. Jumlah Logam dalam Perut Bumi	65
27. Tanur Elektrolisa	66
28. Diagram Keseimbangan Paduan Aluminium	71
29. Paduan Aluminium - Magnesium	75
30. Diagram Keseimbangan Seng - Aluminium	85

BAB I

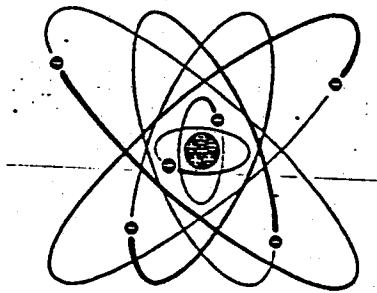
STRUKTUR ATOM

A. Model Atom

Tata Surdia dan Shinroku Saito (1985:289) menjelaskan atom terdiri dari inti dengan muatan positif dan elektron dengan muatan negatif, elektron inilah yang mengendalikan sifat-sifat kimia dari atom yang bersangkutan.

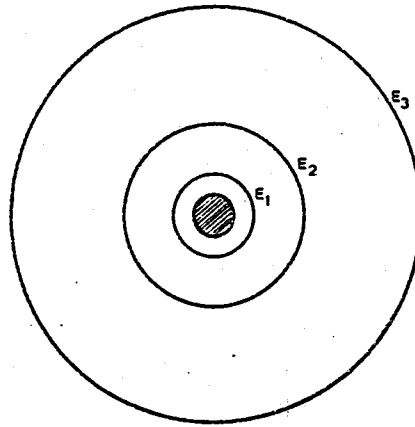
John Dalton dalam teori atomnya antara lain menyatakan, bahwa perubahan kimia terjadi karena penggabungan dan pemisahan kembali dari susunan atom unsur-unsurnya dari senyawa yang terlibat dalam perubahan tersebut. Atom adalah merupakan bagian yang terkecil dari suatu unsur dan memegang peranan yang sangat penting dalam setiap perubahan kimia.

Rutherford dalam teori atomnya menjelaskan bahwa atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan di sekelilingnya beredar elektron-elektron yang bermuatan negatif, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar.1. Lintasan elektron dalam atom Rutherford.
(P. Stewart dan J. Relly 1975: 83).

Niels Bohr menyatakan dalam teori atomnya, bahwa dalam atom elektron bergerak melalui suatu lintasan yang merupakan tingkat energi tertentu, dengan demikian elektron itu juga mempunyai energi tertentu, selama elektron ini beredar dalam lintasan tersebut ia tidak memancarkan dan menerima energi, elektron dapat berpindah tempat dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi jika menyerap energi dan sebaliknya jika elektron berpindah tempat dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah terjadi pemancaran energi. Jadi lintasan elektron dalam atom Bohr dapat digambarkan seperti ditampilkan pada gambar 2.



Gambar .2. Model atom Bohr.
(Yahya Ranu Wijaya 1982:3)

Jika lintasan pertama kedua dan seterusnya merupakan tingkat energi E_1 , E_2 , dan seterusnya, maka elektron yang pindah dari lintasan kedua ke lintasan pertama akan melepaskan energi sebesar $(E_2 - E_1)$ dan sinar yang

dihasilkan mempunyai frekwensi sebesar $N = \frac{E_2 - E_1}{h}$

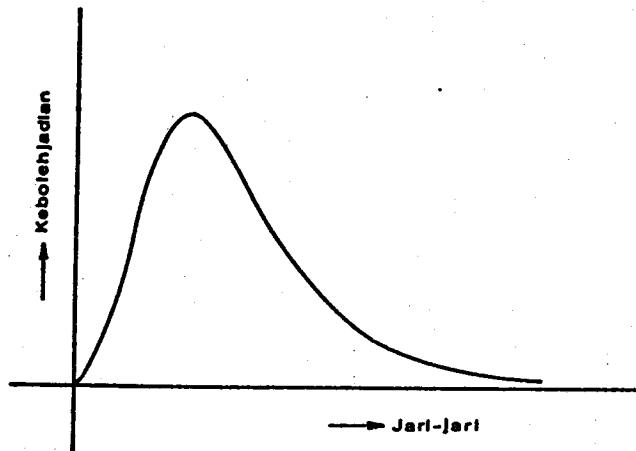
dan panjang gelombangnya adalah: $\lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}$ ber-

laku bagi perpindahan elektron dari lintasan kelintasan lainnya.

Lois de Broglie (1924) menjelaskan gerakan suatu materi termasuk elektron dapat dianggap sebagai suatu gerakan gelombang (Tjoa Koci Han 1980:10).

Karena elektron yang bergerak di sekeliling inti selalu disertai gelombang, maka dapat dijelaskan gerakan elektron dalam atom dengan menggunakan mekanika gelombang. Jika ditinjau bahwa elektron itu sebagai suatu gelombang, maka kedudukan elektron itu menjadi tidak jelas, sehingga tidak dapat ditentukan dengan pasti dimana kedudukan elektron pada waktu tertentu.

Berdasarkan teori ini dapat dikatakan bahwa elektron dalam atom sesungguhnya tidak mempunyai lintasan yang jelas. Dengan demikian yang dapat digambarkan hanya tentang kebolehjadian untuk menemukan suatu elektron pada jarak-jarak tertentu dari inti atom pada berbagai daerah. Hubungan kebolehjadian dengan jarak tersebut dapat dilukiskan secara sederhana dalam bentuk kurva kebolehjadian pada berbagai jarak dari inti, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gamar.3. Kebolehjadian pada berbagai jarak dari inti untuk menemukan elektron. (Yahya Ranuwijaya: 1985, 5).

B. Bilangan Kuantum

Untuk menentukan keadaan energi dari elektron dalam atom dinyatakan dengan empat bilangan kuantum atau empat bilangan indeks sebagai berikut:

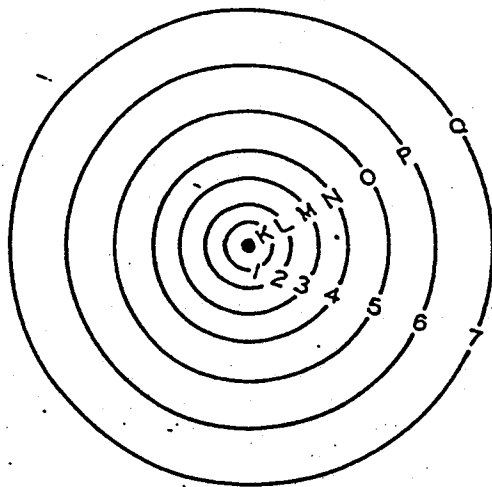
1. Bilangan kuantum utama (n)

Bilangan kuantum utama yang diberi simbol dengan konotasi n , dengan nilai $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots, n$, dan kulit $K, L, M, N, O, P, Q, \dots$ yang akan dijelaskan sebagai berikut.

Menurut Niels Bohr elektron-elektron bergerak mengitari inti atom dalam berbagai tingkat energi utama. Tingkat energi yang paling rendah yang dikenal dengan energi utama letaknya paling dekat dengan inti yang disebut tingkat energi utama ke 1 dengan kulit K . Tingkat energi utama kedua yang letaknya sebelah luar sesuai dengan kulit L disebut tingkat energi utama ke 2, tingkat energi utama ke 3 sesuai dengan kulit M , tingkat energi ke 4 sesuai dengan kulit N , dan selanjutnya.

Bagi setiap keadaan yang dinyatakan oleh empat bilangan kuantum tersebut hanya satu elektron dapat dimasukkan. Tiap tingkat energi atau tiap kulit ditempati oleh sejumlah elektron. Jumlah elektron maksimum untuk tiap tingkat energi utama berbeda-beda, sesuai dengan masing-masing tingkat dan kulit.

Tingkat energi utama ke 1 dengan kulit K dapat ditempati maksimum oleh 2 elektron sedangkan kulit L dapat menampung 8 elektron, kulit M menampung 18 elektron dan kulit N dapat menampung 32 elektron, lihat gambar 4.



Konotasi n	1	2	3	4	5	6	7
Kulit	K	L	M	N	O	P	Q
Maksimum elektron	2	8	18	32	32	18	8

Gambar 4. Lintasan elektron mengelilingi inti atom dalam berbagai tingkat energi utama. sumber (P. Stewart & J. Rilly 1975;83).

2. Bilangan kuantum azimuth (l)

Bilangan kuantum azimuth yang diberi simbol (l) dengan nilai $0, 1, 2, 3, \dots (n-1)$ dan subkulit diberi tanda dengan huruf s, p, d, f .

Banyaknya sub kulit yang terdapat dalam suatu sub kulit adalah sesuai dengan bilangan n . Misalnya untuk kulit K ($n=1$), hanya mempunyai satu sub kulit yang diberi tanda s , dengan maksud menjelaskan angka 1 sebagai tingkat energi utama ke 1 dengan kulit K dan subkulitnya s . Jadi untuk $n=1$, bilangan kuantum azimuth (l) hanya mempunyai harga 0 dengan sub kulit s . Untuk kulit L ($n=2$) bilangan azimuth (l) mempunyai harga 0 dan 1 dengan sub kulit s dan p dan mempunyai 2 subkulit yang diberi tanda $2s$ dan $2p$. Untuk kulit M ($n=3$) bilangan azimuth (l) mempunyai harga 0, 1 dan 2 dengan subkulit s, p dan d , dan mempunyai 3 subkulit yang diberi tanda $3s, 3p$ dan $3d$. Bilangan azimuth (l) untuk kulit N ($n=4$) mempunyai harga 0, 1, 2, dan 3 dengan sub kulit s, p, d , dan f dan mempunyai 4 sub kulit yang diberi tanda $4s, 4p, 4d$, dan $4f$, demikian seterusnya.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang susunan tingkat-tingkat tenaga, penamaannya (notasi), konfigurasi elektron dan unsur pada keadaan dasar dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi elektron dan unsur pada kedudukan dasar.

No. Atom unsur berkala	K			L			M			N				O				P			Q
	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s			
1 H	1																				
He	2																				
Li	3	2	1																		
Be	4	2	2																		
B	5	2	2	1																	
C	6	2	2	2																	
N	7	2	2	3																	
O	8	2	2	4																	
F	9	2	2	5																	
Ne	10	2	2	6																	
3 Na	11	2	2	6	1																
Mg	12	2	2	6	2																
Al	13	3	2	6	2	1															
Si	14	2	2	6	2	2															
P	15	2	2	6	2	3															
S	16	2	2	6	2	4															
Cl	17	2	2	6	2	5															
Ar	18	2	2	6	2	6															
4 K	19	2	2	6	2	6	1														
Ca	20	2	2	6	2	6	2														
Sc	21*	2	2	6	2	6	1	2													
Ti	22*	2	2	6	2	6	2	2													
V	23*	2	2	6	2	6	3	2													
Cr	24*	2	2	6	2	6	5	1													
Mn	25*	2	2	6	2	6	5	2													
Fe	26*	2	2	6	2	6	6	2													
Co	27*	2	2	6	2	6	7	2													
Ni	28*	2	2	6	2	6	8	2													
Cu	29*	2	2	6	2	6	10	1													
Zn	30*	2	2	6	2	6	10	2													
Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1												
Ge	32	2	2	6	2	6	10	2	2												
As	33	2	2	6	2	6	10	2	3												
Se	34	2	2	6	2	6	10	2	4												
Br	35	2	2	6	2	6	10	2	5												
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6												
5 Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6	1											
Sr	38	2	2	6	2	6	10	2	6	2											
Y	39*	2	2	6	2	6	10	2	6	1											
Zr	40*	2	2	6	2	6	10	2	6	2											
Nb	41*	2	2	6	2	6	10	2	6	4											
Mo	42*	2	2	6	2	6	10	2	6	5											
Tc	43*	2	2	6	2	6	10	2	6	(5)	(2)										
Ru	44*	2	2	6	2	6	10	2	6	7											
Rh	45*	2	2	6	2	6	10	2	6	8											
Pd	46*	2	2	6	2	6	10	2	6	10											
Ag	47*	2	2	6	2	6	10	2	6	10											
Cd	48*	2	2	6	2	6	10	2	6	10											
In	49	2	2	6	2	6	10	2	6	10	1										
Sn	50	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2										
Sb	51	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3										
Te	52	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4										
I	53	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5										
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6										

MILIK UPTI PERPUSTAKAAN
PADANG

No. Atom unsur berkala	K			L			M			N				O				P			Q
	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s			
6 Cs 55	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1						
Ba 56	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2						
La 57*	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2						
Ce 58*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(2)	2	6			(2)						
Pr 59*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(3)	2	6			(2)						
Nd 60*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(4)	2	6			(2)						
Pm 61*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(5)	2	6			(2)						
Sm 62*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2						
Eu 63*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2						
Gd 64*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(7)	2	6	(1)		2						
Tb 65*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(8)	2	6	(1)		2						
Dy 66*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(10)	2	6			(2)						
Ho 67*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(11)	2	6			(2)						
Er 68*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	(12)	2	6			(2)						
Tm 69*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2						
Yb 70*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2						
Lu 71*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2						
Hf 72*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2						
Ta 73*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2						
W 74*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2						
Re 75*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2						
Os 76*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2						
Ir 77*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2						
Pt 78*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1						
Au 79*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1						
Hg 80*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2						
Tl 81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1					
Pb 82	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2					
Bi 83	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3					
Po 84	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4					
At 85	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5					
Rn 86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6					
7 Fr 87	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1			
Ra 88	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2			
Ac 89*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	(1)	(2)			
Th 90*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	(2)	(2)			
Pa 91*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	(1)	(2)			
U 92*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	(1)	(2)			
Np 93*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(5)	2	6					
Pu 94*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(6)	2	6					
Am 95*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6					
Cm 96*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	(1)	(2)			
Bk 97*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(7)	2	6	(2)	(2)			
Cf 98*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(9)	2	6	(1)	(2)			
Es 99*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(10)	2	6	(1)	(2)			
Fm 100*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(11)	2	6	(1)	(2)			
Md 101*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(12)	2	6	(1)	(2)			
No 102*	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(13)	2	6	(1)	(2)			

*Unsur transisi

†Lantalid dan aktinid

Beberapa dari unsur ini tidak menentu konfigurasi elektronnya.

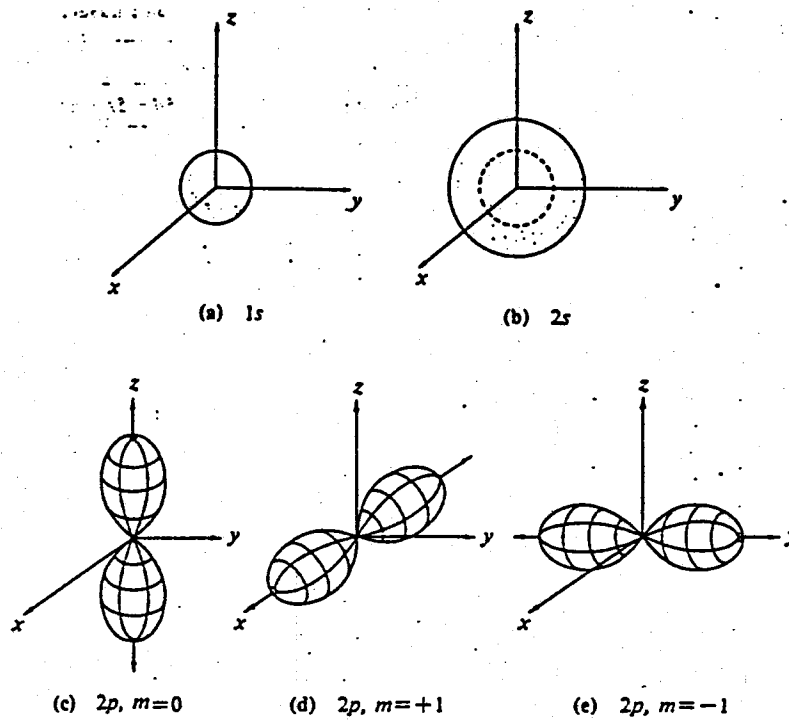
Sumber: (Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:290-291).

3. Bilangan kuantum magnetik (m)

Bilangan kuantum magnetik yang diberi simbol m , dengan nilai $l, (l-1), \dots, 1, 0, -1, -2, \dots, (-l)$. Bilangan kuantum magnetik (m) menunjukkan adanya satu atau beberapa tingkat-tingkat energi yang setingkat dan merupakan penyusunan suatu sub kulit. Jumlah tingkat energi setingkat untuk setiap subkulit sama dengan jumlah harga m untuk sub kulit tersebut. Misalnya untuk subkulit $d, l = 2$, m dapat mempunyai harga $-2, -1, 0, +1, +2$ dan mempunyai lima harga m , sub kulit d mempunyai lima tingkat energi setingkat.

Penyebaran elektron yang terjadi dalam beberapa tingkat energi utama atau kulit dan tiap-tiap kulit yang terdiri atas satu atom beberapa sub kulit.

Menurut teori mekanika gelombang kulit dan sub kulit adalah daerah dalam ruang yang dapat ditempati oleh sejumlah elektron tertentu, daerah dalam ruang ini disebut orbital. Elektron-elektron dalam orbital mempunyai distribusi ruang simetri dan berbentuk bola, lihat gambar 5.

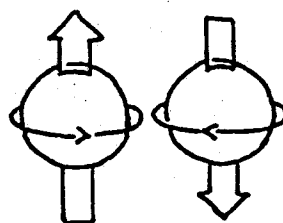


Gambar 5. Distribusi ruang dari orbital elektron.
(Sumber: Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:292).

4. Bilangan kuantum spin (s)

Bilangan kuantum spin yang diberi simbol s dengan nilai $+1/2, -1/2$, yang memberikan gambaran tentang arah perputaran elektron pada sumbunya sendiri.

Dalam suatu orbital dapat beredar dua elektron dengan arah yang berlawanan, karena hanya ada dua arah perputaran yang mungkin, maka hanya ada dua harga s , yaitu $+1/2$ dan $-1/2$. Dua elektron yang mempunyai arah perputaran yang berlawanan dapat membentuk pasangan elektron, lihat gambar 6.



Gambar 6. Spin elektron.

Untuk mempermudah suatu orbital digambarkan dalam suatu segiempat dan kedua elektron yang terdapat dalam orbital yang berputar dengan arah yang berlawanan digambarkan dengan dua panah yang berbeda (berlawanan), lihat gambar 7.



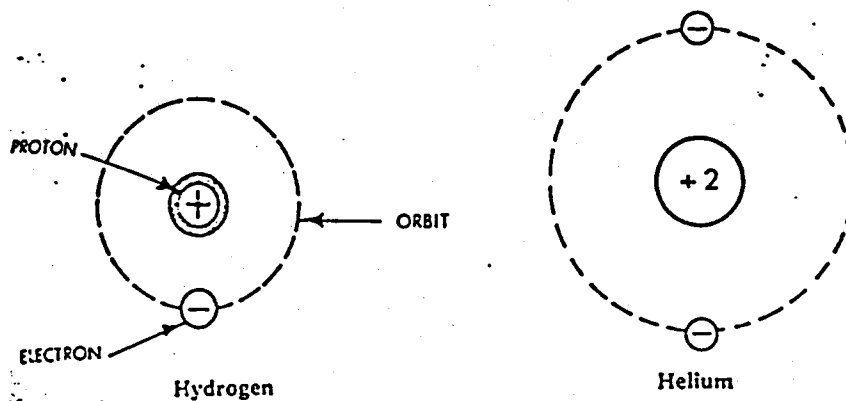
Gambar 7. Orbital yang berputar dengan arah yang berbeda.

C. Susunan Berkala dan Sistim Periodik Unsur-Unsur

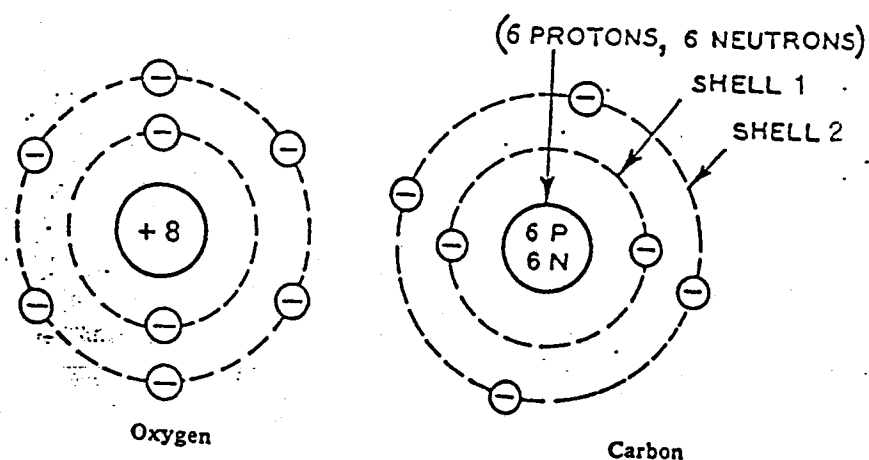
1. Sistim periodik dan konfigurasi elektron.

Periode pertama dalam sistim periodik terdiri atas dua unsur H dan He yang sesuai dengan konfigurasi elektron dalam atom-atomnya yaitu $1s^1$ adalah unsur H dan $1s^2$ adalah unsur He. Orbital $1s$ yang juga berarti kulit K mengandung 1 sub kulit $1s$ akan terisi penuh jika ia ditempati oleh 2 elektron, lihat gambar 8.

Periode kedua setelah sub kulit $1s$ dari kulit K terisi penuh, pengisian selanjutnya akan terjadi pada subkulit $2s$ dan $2p$ dari kulit L. Subkulit $2s$ menampung 2 elektron dan sub kulit menampung 6 elektron, berarti bahwa kulit L dapat mengandung 8 elektron, lihat gambar 9.



Gambar 8. Struktur atom Hydrogen dan Helium yang mengandung 1 dan 2 elektron.



Gambar 9. Struktur atom oksigen yang mengandung 8 elektron.

Sumber : P. Stewart & J.Rilly 1975:84.

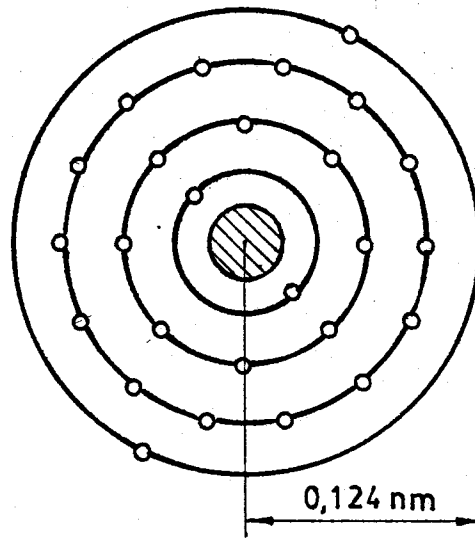
Periode ketiga setelah sub kulit 2s dan 2p dari kulit L terisi penuh, maka elektron mulai mengisi kulit M, pengisian akan terjadi pada sub kulit 3s dan 3p, karena sub kulit 3d belum terisi, sebelum 4s terisi penuh. Subkulit 3s dapat menampung 2 elektron dan sub kulit 3p dapat menampung 6 elektron, jadi periode ketiga hanya dapat diisi oleh 8 unsur, dengan kulit M dapat menampung 18 elektron.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

2. Jari-Jari Atom.

Atom-atom dalam satu periode mempunyai kulit yang sama, sedang nomor atom makin besar. Makin besar nomor atom makin banyak proton dalam inti, sehingga gaya tarik inti terhadap elektron dalam tiap kulit menjadi lebih kuat, akibatnya jarak inti terhadap elektron terluar makin kekanan makin kecil atau jari-jari atomnya makin kecil, dalam satu golongan dari atas ke bawah jumlah kulitpun makin banyak sehingga dari atas ke bawah jari-jari atom makin besar.

Jarak keseimbangan antara pusat dua atom yang berdekatan dapat dianggap sama dengan jumlah jari-jarinya. Dalam besi jarak rata-rata pusat atom adalah 0,2482 nm (atau 2,482 Å) pada suhu ruang, karena kedua atom sama, jari-jari atom besi adalah 0,1241 nm, lihat gambar 10.



Gambar 10. Jari-jari atom besi (Fe)
(Sriati Djapril 1983:57)

<u>2s 2p</u>										
Litium	Li	3	6.94	He + 1	180	0.534	kpr	0.1519	1 +	0.068
Berelium	Be	4	9.01	He + 2	1289	1.85	ktp	0.114	2 +	0.035
Boron	B	5	10.81	He + 2 1	2103	2.34	-	0.046	3 +	~0.025
Karbon	C	6	12.011	He + 2 2	>3500	2.25	hek	0.077	-	-
Nitrogen	N	7	14.007	He + 2 3	-210	-	-	0.071	3-	-
Oksigen	O	8	15.999	He + 2 4	-218.4	-	-	0.060	2-	0.140
Fluorin	F	9	19.00	He + 2 5	-220	-	-	0.06	1-	0.133
Neon	Ne	10	20.18	He + 2 6	-248.7	-	kps	0.160	Inert	-

<u>3s 3p</u>										
Natrium	Na	11	22.99	Ne + 1	97.8	0.97	kpr	0.1857	1 +	0.097
Magnesium	Mg	12	24.31	Ne + 2	649	1.74	ktp	0.161	2 +	0.066
Aluminium	Al	13	26.98	Ne + 2 1	660.4	2.70	kps	0.14315	3 +	0.051
Silikon	Si	14	28.09	Ne + 2 2	1414	2.33	*	0.1176	4 +	0.042
Fosfor	P	15	30.97	Ne + 2 3	44	1.8	-	0.11	5 +	~0.035
Belerang	S	16	32.06	Ne + 2 4	112.8	2.07	-	0.106	2-	0.184
Khlor	Cl	17	35.45	Ne + 2 5	-101	-	-	0.0905	1-	0.181
Argon	Ar	18	39.95	Ne + 2 6	-189.2	-	kps	0.192	Inert	-

<u>3d 4s 4p</u>										
Kalium	K	19	39.10	Ar + 1	63	0.86	kpr	0.2312	1 +	0.133
Kalsium	Ca	20	40.08	Ar + 2	840	1.54	kps	0.1969	2 +	0.099
Titanium	Ti	22	47.90	Ar + 2 2	1672	4.51	htp	0.146	4 +	0.068
Khronium	Cr	24	52.00	Ar + 5 1	1863	7.20	kpr	0.1249	3 +	0.063
Mangan	Mn	25	54.94	Ar + 5 2	1246	7.2	-	0.112	2 +	0.080
Besi	Fe	26	55.85	Ar + 6 2	1538	7.88	kpr	0.1241	2 +	0.074
							kps	0.1269	3 +	0.064
Kobalt	Co	27	58.93	Ar + 7 2	1494	8.9	htp	0.125	2 +	0.072
Nikkel	Ni	28	58.71	Ar + 8 2	1455	8.90	kps	0.1278	2 +	0.069
Tembaga	Cu	29	63.54	Ar + 10 1	1084.5	8.92	kps	0.1278	1 +	0.096
Seng	Zn	30	65.37	Ar + 10 2	419.6	7.14	htp	0.139	2 +	0.074
Germanium	Ge	32	72.59	Ar + 10 2 2	937	5.35	*	0.1224	4 +	-
Arsen	As	33	74.92	Ar + 10 -2 3	~809	5.73	-	0.125	3 +	-
Krypton	Kr	36	83.80	Ar + 10 2 6	-157	-	kps	0.201	Inert	-

<u>4d 5s 5p</u>										
Perak	Ag	47	107.87	Kr + 10 1	961.9	10.5	kps	0.1444	1 +	0.126
Timah	Sn	50	118.69	Kr + 10 2 2	232	7.3	tpr	0.1509	4 +	0.071
Antimon	Sb	51	121.75	Kr + 10 2 3	630.7	6.7	-	0.1452	5 +	-
Jodium	I	53	126.9	Kr + 10 2 5	114	4.93	ortho	0.135	1 -	0.220
Xenon	Xe	54	131.3	Kr + 10 2 6	-112	2.7	kps	0.221	Inert	-

<u>4f 5d 6s</u>										
Cesium	Cs	55	132.9	Xe + 10 1	28.4	1.9	kps	0.262	1 +	0.167
Tungsten	W	74	183.9	Xe + 14 4 2	3387	19.4	kps	0.1367	4 +	0.070
Emas	Au	79	197.0	Xe + 14 10 1	1064.4	19.32	kpr	0.1441	1 +	0.137
Merkuri	Hg	80	200.6	Xe + 14 10 2	-38.86	-	-	0.155	2 +	0.110
Timbel	Pb	82	207.2	Hg + 6p ²	327.5	11.34	kps	0.1750	2 +	0.120
Uranium	U	92	238.0	Rn + 5f ³ 6d 7s ²	1133	19	-	0.138	4 +	0.097

* Kubik intan

† Setengah harga terdekat dari dua atom dalam keadaan padat. Untuk struktur bukan kubik, jarak antar atom rata-rata diberikan; dalam ktp atomnya agak menyerupai ellips.

‡ Jari-jari untuk B.K = 6; bila tidak $0.97 RBK = 8 \approx RBK = 6 \approx 1.1 RBK = 4$. Mengikuti pola Ahrens.

Sumber: Sriati Djapril 1983. 552 s/d 553

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

3. Susunan Periodik (berkala)

Dalam sistim periodik atom tersusun dalam urutan meningkat sehingga dalam kolom vertikal yang disebut kelompok terdapat atom-atom dengan karakteristik kimia dan listrik yang serupa dan deret horizontal disebut perioda. Elemen (unsur-unsur) disudut kiri tabel periodik mudah terionisir sehingga menghasilkan ion positif atom kation, elemen-elemen disudut kanan atas mudah menerima atau membagi elektron, elemen ini bersifat elektronegatif.

Unsur-unsur yang termasuk satu golongan terletak dalam satu kolom vertikal mempunyai sifat-sifat yang mendekati satu sama lain. Dari sistim periodik tersebut terlihat bahwa periodik pertama terdiri dari dua unsur. Periode kedua dan ketiga masing-masing terdiri atas 8 unsur. Periode keempat dan kelima masing-masing terdiri dari 18 unsur. Periode keenam terdiri atas 32 unsur, sedangkan perioda terakhir atau ketujuh terdiri atas 18 unsur. Untuk lebih jelasnya sistim periodik dari susunan berkala dari unsur dapat dilihat pada gambar 11.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

IA																		VIIA		0
1 H 1.00797	IIA																1 H 1.00797	2 He 4.0026		
3 Li 6.939	4 Be 9.012											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.9994	9 F 18.998	10 Ne 20.183			
11 Na 22.990	12 Mg 24.312	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII					IB	II B	13 Al 26.98	14 Si 28.086	15 P 30.97	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.95	
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.91	36 Kr 83.80			
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 99	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30			
55 Cs 132.90	56 Ba 137.34	57 La ^a 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.98	84 Po 210	85 At 210	86 Rn 222			
87 Fr 223	88 Ra 226	89- Ac ^b 227																		
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm 147	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97							
90 Th 232.04	91 Pa 231	92 U 238.03	93 Np 237	94 Pu 239	95 Am 241	96 Cm 242	97 Bk 249	98 Cf 252	99 Es 254	100 Fm 253	101 Md 256	102 No 253	103 Lr 257							

Gambar 11. Susunan Berkala Unsur-unsur
Sumber: (Sriati Djapril 1983:34)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
LIP PADANG

BAB II

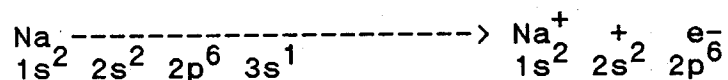
IKATAN KIMIA

A. Ikatan Ion

Tata Surdia (1983:292) menyatakan bahwa ikatan ion disebabkan oleh gaya tarik menarik elektrostatis yang terjadi antara ion positif dan ion negatif sebagai akibat dari kehilangan atau bertambahnya elektron pada atom.

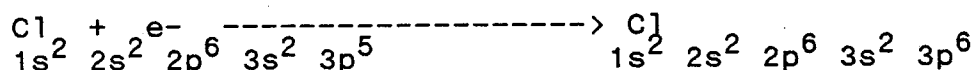
Agar terjadi ikatan ion antara dua atom, satu atom harus melepaskan elektron dan atom lain menerima elektron itu. Hal ini dapat terjadi jika atom yang satu mudah melepaskan elektron dan atom lain mudah menerima elektron itu. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa ikatan ion hanya dapat terjadi antara unsur-unsur yang mempunyai potensial ionisasi rendah dengan unsur-unsur yang mempunyai afinitas elektron tinggi. Atom ikatan ion dapat juga terjadi antara unsur-unsur yang mempunyai elektrostatis rendah dengan unsur-unsur yang mempunyai elektrostatis tinggi. Jadi bila perbedaan elektrostatis antara kedua unsur tersebut besar akan terjadi ikatan ion. Sebagai contoh dapat dikemukakan di sini bahwa senyawa yang terjadi atom Na dengan atom Cl yang membentuk senyawa NaCl. Bila sebuah atom Na mendekati atom Cl maka Na ini akan menyerap energi sehingga atom Na ini mampu melepaskan sebuah elektron dan berubah menjadi ion Na^+ .

Energi yang diperlukan adalah sebesar potensial energi atom Na dan konfigurasi elektron dalam ion Na^+ yang terjadi sesuai dengan konfigurasi elektron gas neon:



Elektron yang dihasilkan oleh atom Na akan diterima oleh atom Cl ini akan berubah menjadi Cl^- , (Tjoa Koei Ham:1980,33).

Pada keadaan ini diperlukan energi sebesar potensial atom Na. Pengikatan elektron oleh atom Cl sehingga ia berubah menjadi ion Cl^- dihasilkan energi sebesar afinitas elektron atom Cl dan konfigurasi elektron ion Cl^- harus sebagai berikut:



Ion-ion Na^+ dan Cl^- akan terjadi gaya tarik menarik elektrostatik, sehingga membentuk senyawa ion $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$.

Tarik menarik elektrostatik tidak mempunyai arah tertentu, jika tarik menarik elektrostatiknya kuat maka kristal ion umumnya menjadi keras, getas dan memiliki titik cair serta titik didih yang tinggi.

Konduktivitas listrik dari kristal ion sangat rendah, karena ion serta kristal tidak dapat bergerak bebas bila berfungsi sehingga belum menjadi konduktor

listrik.

Kation dan anion cenderung untuk dikelilingi sebanyak mungkin ion dari muatan yang berlawanan. Konfigurasi ion dalam kristal ion ditentukan oleh perbandingan radius ionnya.

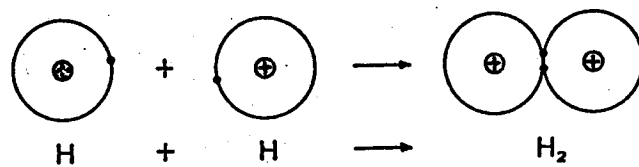
B. Ikatan Kovalen

Ikatan atom yang memakai dua atom sejenis atau yang mempunyai perbedaan elektro negativitas rendah membentuk ikatan yang memakai bersama elektron tersebut dinamakan ikatan kovalen. Penggunaan bersama pasangan elektron itu menjadikan yang bersangkutan lebih stabil. Pasangan elektron dapat terbentuk dari elektron-elektron yang berasal dari kedua atom atau satu atom saja.

Pada H_2 atom molekul dari pasangan terikat masing-masing memakai bersama dua elektron dan membentuk konfigurasi elektron gas mulia seperti pada He dan Ar.

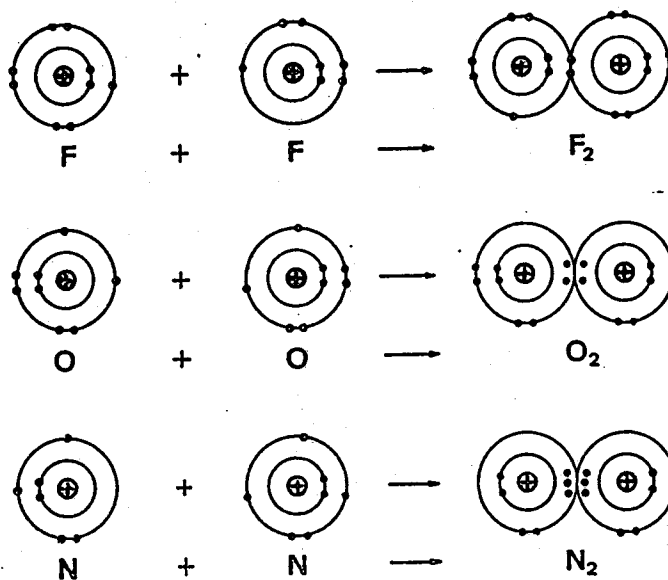
Ikatan antara kedua atom hidrogen itu terjadi karena elektron-elektron dari kedua atom itu membentuk pasangan yang digunakan bersama oleh keduanya. Masing-masing atom seakan-akan dikelilingi oleh kedua elektron.

Atom hidrogen dalam molekul H_2 mempunyai konfigurasi elektron atom helium, atom helium mempunyai dua elektron. Pembentukan molekul H_2 dapat digambarkan sebagai berikut, lihat gambar 12.



Gambar 12. Pembentukan molekul Hidrogen.

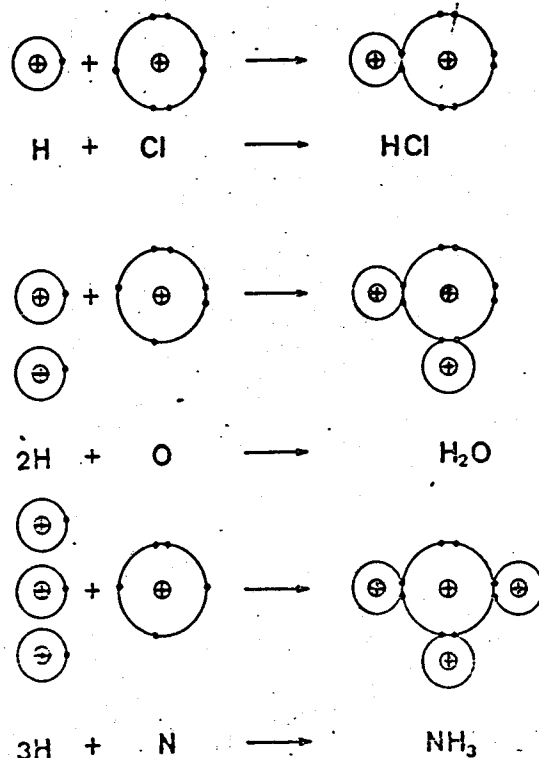
Ikatan kovalen semacam ini selalu terjadi jika kedua atom sejenis membentuk ikatan seperti yang terjadi pada pembentukan molekul-molekul F_2 , O_2 , N_2 dan sebagainya, lihat gambar 13.



Gambar 13. Pembentukan molekul-molekul F_2 , O_2 , dan N_2 .
(Sumber: Yahya Ranu Widjaja 1982:52)

Jumlah pasangan elektron yang bertanggung jawab atas terjadinya ikatan antara kedua atom itu dapat bermacam-macam jumlahnya, sehingga ikatan yang dihasilkan oleh satu pasangan elektron disebut ikatan tunggal dan yang dihasilkan oleh dua atau tiga pasangan elektron disebut ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga.

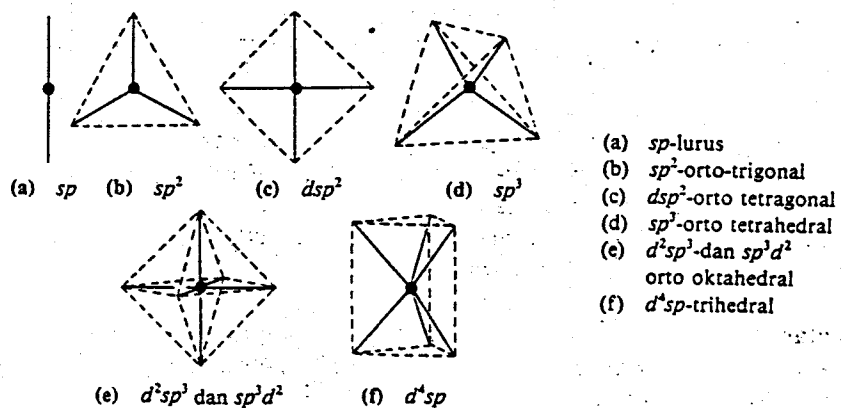
Ikatan kovalen dapat juga terjadi antara dua unsur yang perbedaan elektronegatifitasnya tidak terlalu besar seperti, hidrogen dengan chlor, hidrogen dengan oksigen, hidrogen dengan nitrogen dan lain sebagainya. Lihat gambar 14.



Gambar 14. Pembentukan molekul-molekul HCl, H₂O dan NH₃ (Sumber: Yahya Ranuwidjaja 1982:53).

Ikatan kovalen ditentukan oleh pengarahannya yang kuat karena terbentuk oleh saling tumpangannya orbital elektron, yang dibentuk oleh orbital s. Sebagai contoh karbon mempunyai empat ikatan kovalen yang sama kuat ($1s^2$, $2s^2$, $2p$). Mereka terbentuk oleh orbital setengah penuh dari satu 2s dan tiga 2p, kalau satu elektron 2s memasuki 2p orbital yang dibentuk dengan jalan ini dinamakan orbital hibrida.

Orbital hibrida yang terbentuk oleh satu orbital s dan tiga orbital p ini disebut orbital hibrida sp^3 dan terbentuk tetrahidrogen (bidang empat). Inti atom karbon dipusatnya dan kebolehjadian menemukan elektron kearah sudut-sudutnya. Orbital hibrida sp^3 terdiri atas satu orbital s dan satu orbital p, untuk lebih jelasnya gambar 15 menjelaskan beberapa contoh mengenai orbital hibrida.



Gambar 15. Konfigurasi ikatan berhubungan dengan orbital hibrida sederhana.
 (Sumber : Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:293)

Ikatan kovalen memberikan sifat yang mengarah pada kekuatan kristal dan struktur kristalnya tidak sederhana, seperti halnya pada kristal ikatan logam atau ikatan ion dimana struktur kristalnya dapat digambarkan sebagai bola-bola dengan susunan rapat. Ikatan kovalen sangat kuat sehingga kristal bersifat sangat keras dan mempunyai titik cair serta titik didih yang tinggi, di samping itu kristal tersebut mempunyai sifat isolasi listrik.

C. Ikatan Logam

Logam umumnya berwujud padat dan atom-atomnya tersusun sangat rapat. Dari konfigurasinya dapat diketahui bahwa atom logam mempunyai sedikit elektron pada kulit luar yang bergerak secara bebas keluar masuk kulit dalam terluar atom ke atom yang lainnya seolah-olah terjadi aliran elektron yang mengelilingi ion-ion tersebut.

Logam dalam bentuk padat mempunyai sifat khusus seperti sifat fisika yang berhubungan dengan pengaruh panas dan listrik, sifat kimia yang berhubungan dengan kelarutan basa atau garam dan pengoksidannya yang terpenting adalah sifat logam yang berhubungan dengan sifat mekanis logam misalnya kekuatan, ketahanan, ketangguhan, kekerasan, keuletan, ketahanan aus dan sebagainya. Dalam kehidupan sehari-hari logam itu dapat ditempa, dituang, dileleh dijadikan profil, batangan dan sebagainya. Sifat-sifat logam yang dijelaskan di atas terutama disebabkan oleh adanya elektron-elektron yang bebas bergerak.

D. Struktur Kristal

Zat padat yang letak partikel-partikelnya teratur dan tertib menurut pola geometrik disebut kristal atau hablur.

Kristal terbentuk karena perubahan fase yaitu dari fase cair ke fase padat disebut kristalisasi, dari fase gas ke fase padat disebut sublimasi, dan dari fase

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
KIP PADANG

padat ke fase yang lainnya disebut alotropi. Secara sederhana proses itu berlangsung dengan menguapnya larutan menjadi jenuh lalu mendinginkannya.

Susunan atom dalam benda padat diperkirakan apakah ikatan antar atomnya memiliki sifat keterarahan atau tidak. Atom-atom terikat dalam ikatan mengarah dalam satu aturan tertentu untuk memenuhi sudut valensi. Jika ikatannya bukan ikatan mengarah maka atom-atomnya membentuk suatu susunan mengikuti bentuk geometri tertentu yang ditentukan oleh perbandingan dimensi relatifnya. Dalam bentuk padat atom-atom tersusun sedapat mungkin dalam membentuk suatu zat tunggal yang dapat berupa logam.

Struktur kristal yang terbentuk merupakan suatu bentuk geometri dalam ruang dimana atom dianggap sebagai bola baku yang mempunyai ukuran sama. Struktur kristal ditentukan oleh perbandingan jari-jari ion positif (kation) dan ion negatif (anion), yang menyusun dan membentuk kristal itu. Perbandingan ini menentukan banyaknya ion yang besar yang dapat menempati kedudukan di sekeliling ion yang kecil.

Sriati Djaprie (1983:77) menjelaskan ada tujuh sistim kristal, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3. Sistem Kristal.

Sistem Kristal	Sumbu	Sudut Sumbu
Kubik	$a_1 = a_2 = a_3$	Sudut-sudut 90
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq c$	Sudut-sudut 90
Ortogonal	$a \neq b \neq c$	Sudut-sudut 90
Monoklinik	$a \neq b \neq c$	Dua sudut 90
Triklinik	$a = b \neq c$	Satu sudut 90
Heksagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	Semua sudut berbeda tidak ada yang 90
Rombohidrat	$a_1 = a_2 = a_3$	Semua sudut 90 & 120
		Semua sudut sama, tetapi tidak ada yang 90

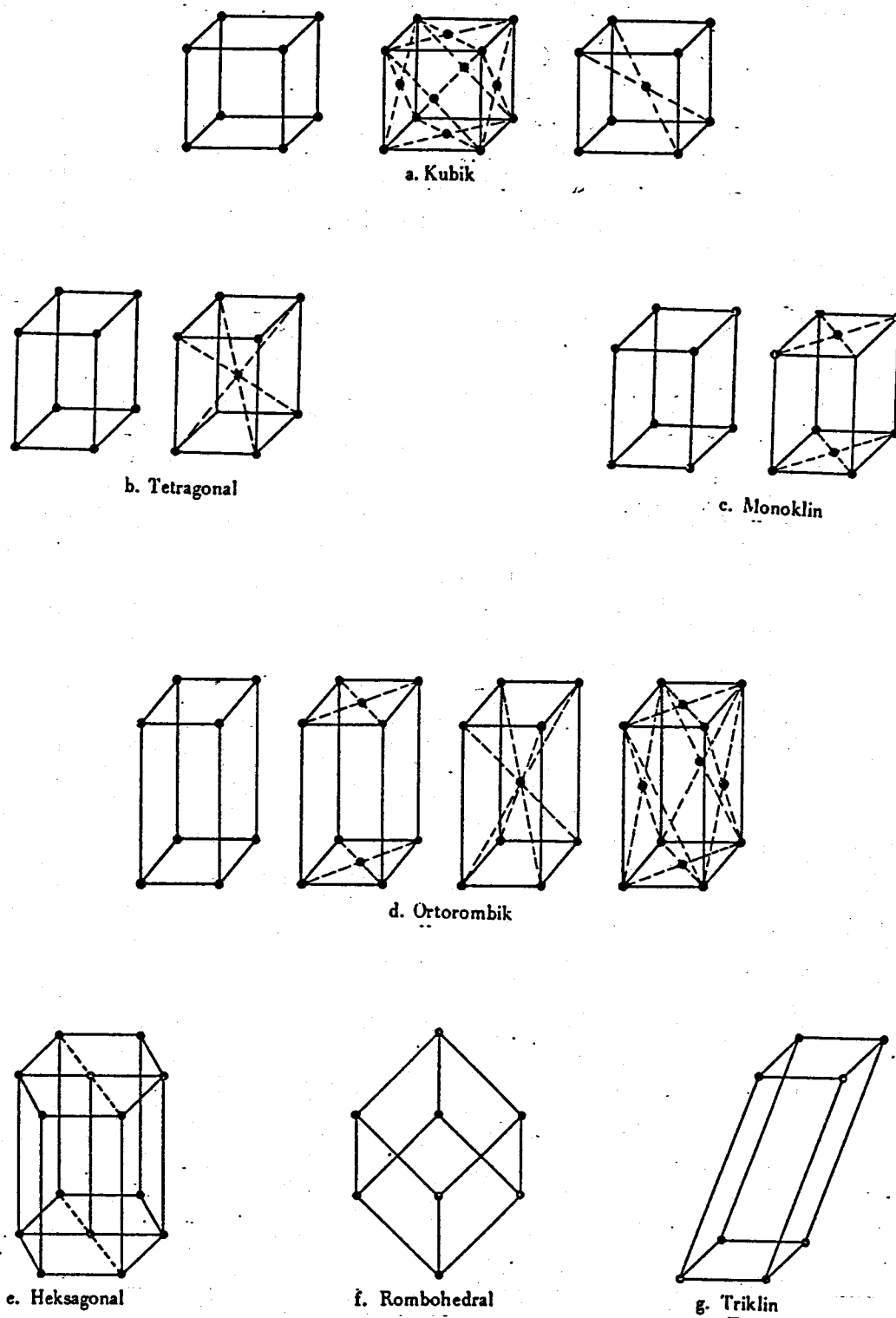
(Sriati Djapri 1983:77)

Pada tabel 3 dijelaskan bahwa untuk setiap sistem dapat dibedakan berapa pola kristal. Misalnya dalam sistem kubus terdapat pola kubus sederhana, kubus pusat ruang, kubus pusat sisi.

Pola-pola kristal tersebut di atas, dapat dijelaskan dengan gambar 16 (a sampai g).

Susunan kristal yang terbentuk merupakan suatu bentuk geometri dalam ruang dimana atom dianggap sebagai bola baku yang mempunyai ukuran sama.

Kalau ukuran atom berbeda, atom yang memiliki ikatan tak mengarah tidak dapat dijelaskan struktur kristalnya dengan cara yang dikemukakan di atas. Ukuran ion dari kation dan anion biasanya berbeda dan bentuk susunan ditentukan juga oleh ukuran relatifnya. Ukuran berbagai ion (radius ion) dalam struktur ion ditentukan secara empirik dari panjang ikatan antar atom yang



Gambar 16. Pola-pola kristal
(Yahya Ranuwijaya:1982, 87)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
WIP PADANG

diamati dari kristal sebenarnya, lihat tabel 4.

Tabel 4. Radius Ion

(1) Bilangan koordinasi=6, dalam Å Unsur khas, dan unsur transisi

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0	
1							H ⁻ 1,54		He -	
2	Li ⁺ 0,60	Be ²⁺ 0,31	B -	C -	N -	O ²⁻ 1,40	F ⁻ 1,36		Ne -	
3	Na ⁺ 0,95	Mg ²⁺ 0,55	Al ³⁺ 0,50	Si ⁴⁺ 0,41	P -	S ²⁻ 1,84	Cl ⁻ 1,81		Ar -	
4	K ⁺ 1,33	Ca ²⁺ 0,99	Sc ³⁺ 0,81	Ti ³⁺ 0,76 Ti ⁴⁺ 0,68	V ²⁺ 0,88 V ³⁺ 0,74 V ⁵⁺ 0,60	Cr ²⁺ 0,84 Cr ³⁺ 0,63 Cr ⁴⁺ 0,56	Mn ²⁺ 0,80 Mn ³⁺ 0,66 Mn ⁴⁺ 0,54	Fe ²⁺ 0,80 Fe ³⁺ 0,64	Co ²⁺ 0,72 Co ³⁺ 0,63	Ni ²⁺ 0,69 Ni ³⁺ 0,62
	Cu ⁺ 0,96	Zn ²⁺ 0,74	Ga ³⁺ 0,62	Ge ⁴⁺ 0,53	As -	Se ²⁻ 1,98	Br ⁻ 1,95		Kr -	
5	Rb ⁺ 1,48	Sr ²⁺ 1,13	Y ³⁺ 0,93	Zr ⁴⁺ 0,80	Nb -	Mo -	Tc -	Ru ⁴⁺ 0,63 Rh ³⁺ 0,68 Pd ²⁺ 0,80 Pd ⁴⁺ 0,65		
	Ag ⁺ 1,26	Cd ²⁺ 0,97	In ³⁺ 0,81	Sn ⁴⁺ 0,71	Sb -	Te ²⁻ 2,21	I ⁻ 2,16		Xe -	
6	Cs ⁺ 1,69	Ba ²⁺ 1,35	La ³⁺ 1,15	Hf ⁴⁺ 0,78	Ta -	W ⁴⁺ 0,66	Re ⁴⁺ 0,72	Os ⁴⁺ 0,65 Ir ⁴⁺ 0,64 Pt ⁴⁺ 0,65		
	Au ⁺ 1,37	Hg ²⁺ 1,10	Tl ⁺ 1,44 Tl ³⁺ 0,95	Pb ²⁺ 1,21 Pb ⁴⁺ 0,84	Bi -	Po -	At -		Ra -	
7	Fr ⁺ 1,76	Ra ²⁺ 1,43	Ac ³⁺ 1,11							

Lantanid
 Ce³⁺ 1,02 P³⁻ 1,00 Nd³⁺ 0,99 Pm³⁺ 0,98 Sm³⁺ 0,97 Eu³⁺ 0,97 Gd³⁺ 0,97
 Tb³⁺ 1,00 Dy³⁺ 0,99 Ho³⁺ 0,97 Er³⁺ 0,96 Tm³⁺ 0,95 Yb³⁺ 0,94 Lu³⁺ 0,93
 Actinides
 Th³⁺ 1,08 Pa³⁺ 1,06 U³⁺ 1,04 Np³⁺ 1,02 Pu³⁺ 1,01 Am³⁺ 1,00 NH₄⁺ 1,48 OH⁻ 1,53
 Th⁴⁺ 0,95 Pa⁴⁺ 0,91 U⁴⁺ 0,89 Np⁴⁺ 0,88 Pu⁴⁺ 0,86 Am⁴⁺ 0,85

(2) Bilangan koordinasi=4, dalam Å

Ag ⁺	Al ³⁺	As ³⁺	B ³⁺	Be ²⁺	C ⁴⁺
1,02	0,39	0,34	0,12	0,27	0,15
Cd ²⁺	Cr ⁴⁺	Cu ²⁺	F ⁻	Fe ²⁺	Fe ³⁺
0,84	0,44	0,63	1,31	0,63	0,49
Ga ³⁺	Ge ⁴⁺	Hg ²⁺	Li ⁺	Mg ²⁺	N ³⁺
0,47	0,40	0,96	0,59	0,49	0,13
Na ⁺	Nb ⁵⁺	O ²⁻	P ³⁺	Pb ²⁺	S ⁴⁺
0,99	0,32	1,38	0,33	0,94	0,12
Se ⁴⁺	Si ⁴⁺	V ⁵⁺	W ⁶⁺	Zn ²⁺	
0,29	0,26	0,36	0,41	0,60	

(Tata Surdia & Shinroku Saito 1983:298)

BAB III

LOGAM FERRO (BESI)

A. Baja dan Komposisinya

Baja karbon adalah paduan daripada besi dan karbon serta unsur-unsur lainnya seperti mangan (Mn), silikon (Si), Sulfur (S) dan phosphor (P). Dalam hal ini dimana unsur karbon sangat mempengaruhi akan sifat-sifat mekanisnya.

Adapun komposisi dari baja karbon adalah sebagai berikut:

1. Besi (Iron)

Besi adalah merupakan unsur dasar daripada baja dan terkandung dalam jumlah (prosentase) yang paling banyak.

2. Karbon (Carbon)

Karbon adalah merupakan paduan utama dari baja dan sangat mempengaruhi akan sifat mekanisnya seperti sifat kekerasan, kekutan, kegetasan, kerapuhan, elastisitas dan plastisitasnya, dimana unsur karbon yang terdapat dalam baja adalah 0,05% sampai 1.4%.

3. Sulfur dan Phospor

Sulfur dan phospor tidak diharapkan dalam jumlah yang banyak karena mengurangi sifat mekaniknya, dan menyebabkan baja menjadi rapuh (brittle).

4. Mangan dan Silikon

Mangan dan silikon dalam baja mempunyai jumlah yang relatif lebih besar, bila dibandingkan dengan unsur sulfur dan fosfor, yang mana penambahan mangan dan silikon ini dapat memperbaiki sifat mekanisnya seperti kekerasan, kekuatan, dan elastisitasnya.

P. Stewart & J. Rilly (1975:15) mengatakan bahwa di dalam baja karbon selain daripada besi sebagai unsur dasar terdapat unsur-unsur lain sebagaimana dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Persentase Unsur Dalam Baja

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,05 - 1,4
Mangan (Mn)	0,03 - 0,7
Silicon (Si)	0,15 - 0,3
Sulphur (S)	0,06 max
Phospor (P)	0,06

B. Efek Dari Karbon Terhadap Sifat Mekanis Baja

Penambahan unsur karbon dalam baja dapat meningkatkan sifat kekerasan dan tegangan tarik tetapi mengurangi sifat-sifat kenyal (ductility) dan perpanjangan (elongation) sampai 0,9% carbon.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Penambahan unsur karbon dalam baja san juga menyebabkan baja menjadi lebih rapuh (t dan mengurangi kemampuannya untuk menerima beban kejut (shock) dan mengurangi nilai keuletan.

Contoh: Baja yang mengandung 0,14% karbon pada pengujian Impart test 130 am nilainya 134 joule sedangkan baja yang mengandung 1,2% carbon hanya nilai kejutan 7,5 joule.

P. Stewart dan J. Reley (1975:15) menyatakan berdasarkan persentase yang terdapat dalam baja, maka baja karbon dapat dibedakan atas beberapa tipe sebagaimana dijelaskan oleh tabel 6.

Tabel 6. Tipe Baja Carbon Berdasarkan Kandungan Carbon yang Dimilikinya.

Tipe Dari Baja Carbon	Kandungan Carbon (%)
Baja Carbon rendah (Mild)	0,0 sampai 0,3
Baja Bangunan (Struktural)	0,23 sampai 0,35
Baja Carbon Menengah (Medium Carbon)	0,35 sampai 0,5
Baja Carbon Tinggi (High Carbon)	0,5 sampai 0,8
Baja Alat Potong (Cool)	0,7 sampai 1,4

C. Penggunaan Dari Beberapa Baja Carbon

1. Baja-baja carbon rendah sampai 0,25% carbon :

a. Baja carbon yang mengandung 0,06 sampai 0,14% carbon.

Baja ini mempunyai sifat kekerasan dan tegangan yang rendah dan sangat ductile (mudah di-

bentuk), dibengkokkan, diregang dan ditarik, oleh karena itu baja ini banyak digunakan pada pengerjaan penarikan dalam (deep drawing) yaitu logam-logam yang berbentuk plat ditarik dan diregang ke dalam suatu mangkok/sungkup dengan menggunakan alat penekan dan cetakan, penekanan (Pressing) seperti pada pembuatan bodi motor, penempaan dingin (cold forging), penempaan panas (hot forging) dan pengelasan (welding) komposisi dari baja ini adalah sebagaimana ditunjukkan pada tabel 7, yang dikenal dengan tipe S. 1006.

Tabel 7. Komposisi Baja Tipe S. 1006

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,08 max
Mangan (Mn)	0,4 max
Sulphur (S)	0,05 max
Phosphor (P)	0,05 max

(P.Stewart dan J.Relly 1975:15)

b. Baja-baja potong biasa (Freecutting Steels)

Baja-baja ini banyak digunakan dalam perusahaan pada industri bubut yang tidak dikehendaki sifat kekuatan yang tinggi, seperti pada pembuatan-pembuatan ulir, pin dan sebagainya, baja-baja ini terdiri atas 2 tipe, seperti ditunjukkan pada tabel 8 dan 9 (XS 115, S 1214).

Tabel 8. Spesifikasi Baja Tipe XS 115

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,1 sampai 0,17
Mangan (Mn)	1,1 sampai 1,4
Sulphur (S)	0,2 sampai 0,3
Phospor (P)	0,06 max

(P. Stewart dan J. Relly 1975:16)

Tabel 9. Spesifikasi Baja Tipe S. 1214

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,15 max
Mangan (Mn)	0,80 sampai 1,2
Sulphur (S)	0,25 sampai 0,35
Phospor (P)	0,14 sampai 0,09

(P. Stewart dan J. Relly 1975:17)

c. Baja lunak (Mild Steel) yang mengandung Carbon 0,14 sampai 0,25 %.

Baja ini bila dibandingkan dengan baja yang mengandung carbon di bawah 0,14 % mempunyai sifat ductile yang lebih rendah, tetapi sifat kuatnya lebih baik, tetapi kalau dikeraskan melalui treatment (perlakuan panas) tidak dapat menghasilkan kekerasan yang baik.

Baja ini dapat digunakan untuk pada pekerjaan pengelasan (welding) dan penempaan (forging),

poros, plat, lembaran (sheet) dan pemanasan, komposisi dari baja ini dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Komposisi dari Mild Steels

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,15 sampai 0,25
Mangan (Mn)	0,4 sampai 0,8
Silicon (Si)	0,15 max
Sulphur (S)	0,06 max
Phospor (P)	0,06 max

(P. Stewart dan J. Relly 1975:17)

2. Baja Bangunan (Structure Steel), mengandung carbon 0,23 sampai 0,35.

Baja ini mempunyai sifat lebih keras dan lebih kuat, tetapi sifat ductilnya lebih rendah bila dibandingkan dengan baja lunak (mild steel).

Baja ini dapat digunakan untuk pembuatan balok, plat, besi bulat, untuk pembuatan bangunan, jembatan, kapal, dan sebagainya. Komposisinya dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Komposisi Baja Bangunan

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,3
Mangan (Mn)	0,7
Silicon (Si)	0,2
Sulphur (S)	0,05 max
Phospor (P)	0,05 max

(P. Stewart dan J. Relly 1975:17)

3. Baja Menengah (Medium Carbon Steels)

Baja ini mengandung carbon 0,35 sampai 0,5 %.

Baja ini dapat digunakan untuk pembuatan tiang (Shafts), Spindel mesin, cran shafts, poros (axle), dan peralatan lainnya, karena adanya kombinasi dari sifat tegangan dan ductile yang baik, komposisi dari baja ini dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Komposisi Baja Carbon Menengah

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,43 sampai 0,5
Mangan (Mn)	0,6 sampai 0,9
Silicon (Si)	0,15 sampai 0,3
Sulphur (S)	0,05 max
Phospor (P)	0,05 max

(P. Stewart dan J. Relly 1975:18)

4. Baja Carbon Tinggi (High Carbon Steels)

Baja ini mengandung carbon 0,5 sampai 0,8% mempunyai kekerasan dan tegangan tarik yang tinggi tetapi sifat ductile sangat rendah (tak mudah dibentuk).

Baja ini dapat digunakan untuk pembuatan pegas daun (Spring leaf), Coil spring, plat roda, kawat, kabel dan lain sebagainya. Komposisinya dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Komposisi Baja Carbon Tinggi.

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	0,6
Mangan (Mn)	0,7
Silicon (Si)	0,2
Sulphur (S)	0,05 max
Phospor (P)	0,05 max

(P. Stewart dan J. Relly 1975:20)

5. Baja-Baja Peralatan (Tool Steels)

Baja ini mengandung carbon 0,7 - 1,4%, mempunyai sifat kekerasan yang sangat tinggi, dapat dilakukan proses perlakuan panas yang baik (heat treatment) pada temperatur 760 - 820°C dan pendinginan dengan air dan ditempering pada temperatur 150 - 300°C

Baja ini dapat digunakan untuk alat-alat potong (pahat bubut, mata bor, pisau fres), tap, kikir, pegas-pegas dan lain sebagainya. Komposisinya dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Komposisi Baja-Basja Peralatan

U n s u r	Persentase (%)
Carbon (C)	1,0
Mangan (Mn)	0,3
Silicon (Si)	0,25
Sulphur (S)	0,04
Phospor (P)	0,04

(P. Stewart dan J. Relly 1975:20)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

D. Baja Paduan (Alloy Steel)

Baja paduan (Campuran) adalah baja yang mengandung unsur-unsur lain yang melebihi dari kandungan yang biasanya terdapat dalam baja carbon. Syamsul Arifin (1980:40) menyatakan baja campuran adalah dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur-unsur campuran dimana penambahan itu untuk memperoleh sifat-sifat baja yang diperlukan.

Adapun sifat-sifat dari baja campuran tergantung kepada jumlah dan jenis unsur lain yang dicampurkan dan perlakuan panas yang diberikan.

Unsur-unsur lain yang biasanya ditambahkan ke dalam baja untuk mendapatkan baja campuran adalah Mangan (Mn), Cromium (Cr), Nikel (Ni) , Uranium (U), Molidium (Mo), Cobalt (Co), Silisium (Si) dan Wolfram (W).

Penambahan unsur-unsur lain ini dapat memperbaiki sifat mekanisnya dan sifat-sifat yang lain seperti ketahanan korosi, tahan aus , tahan suhu tinggi, serta dapat memperbaiki sifat-sifat listrik dan magnetnya.

Dalam pembuatan baja campuran ini dapat dilakukan penambahannya untuk satu jenis unsur tertentu atau menggunakan beberapa macam unsur lain dengan kandungan yang berbeda sesuai dengan yang diinginkan, dengan demikian akan terdapat bermacam-macam baja campuran. Untuk lebih jelasnya bermacam-macam baja dan baja campuran menurut komposisinya dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Komposisi Kimiawi Baja Dan Baja Paduan

Nama Bahan	Sistem A.I.S.I	% Karbon	% Nikel	% Kromium	% Molibdenium	% Mangan	H.Br
Baja	C 1008	Maks. 0,10				0,3 -0,5	100
Baja	C 1015	0,13-0,18				0,3 -0,6	110
Baja	C 1025	0,22-0,28				0,3 -0,6	115
Baja	C 1035	0,32-0,38				0,6 -0,9	170
Baja	C 1045	0,43-0,50				0,6 -0,9	180
Baja	C 1060	0,55-0,65				0,6 -0,9	230
Baja Krom Nikel	A 3140	0,38-0,43	1,1 -1,4	0,55-0,75		0,7 -0,9	210
Baja Mangan	A 1350	0,28-0,33				1,6 -1,9	220
Baja Nikel	A 2317	0,15-0,20	3,25-3,75			0,4 -0,6	170
Baja Krom Molib.	A 4119	0,17-0,22		0,4 -0,6	0,2 -0,3	0,7 -0,9	180
Baja Krom Molib.	A 4140	0,36-0,43		0,8 -1,1	0,15-0,25	0,75-1,0	190
Baja Nikel Molib.	A 4515	0,13-0,18	1,65-2,0		0,20-0,30	0,45-0,65	170
Baja Nikel Molib.	A 4640	0,38-0,43	1,65-2,0			0,38-0,43	200
Baja Kromium	A 5140	0,38-0,43		0,7 -0,9		0,38-0,43	
Baja Nik.Krom.Molib	A 8620	0,18-0,23	0,40-0,70	0,4 -0,6	0,15-0,25	0,7 -0,9	185
Baja Nik.Krom.Molib.	A 8640	0,38-0,43	0,40-0,70	0,4 -0,6	0,15-0,25	0,75-1,0	250

(Suarpraja Teja dan Moh. Rafli 1980:10).

Baja paduan menurut komposisi kimia dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel 16.

Jenis dan penggunaan baja campuran yang tahan panas dan tahan korosi, lihat tabel 17, dan tabel 18 menjelaskan baja-baja paduan untuk alat-alat potong dan cetakan.

Tabel 16. Baja paduan menurut komposisinya

Jenis Baja	Komposisi %					Gambaran Penggunaan
	C	Mn	N	Cr	Mo	
1,5% Mn	0,3	1,6	-	-	-	Poros engkol, batang penghubung, baut pengikat untuk tegangan dan daya tinggi.
1,5% Mn & Mo	0,35	1,6	-	-	0,25	Poros, poros engkol, batang penghubung dan baut pengikat untuk tegangan & daya yang lebih tinggi.
1% Cr-Mo	0,4	0,8	-	0,9	0,2	Poros, poros engkol, baut untuk tegangan dan daya yang lebih tinggi.
3,4% Ni Cr Mo	0,3	0,5	3,2	0,75	0,25	Mempunyai batas elastis yang tinggi, digunakan untuk poros-poros engkol, poros penghubung (roda gigi) pada kendaraan bermotor.
2,5% Ni Cr Mo	0,3	0,6	2,5	0,6	0,6	Digunakan untuk alat-alat mekanik yang tahan tekanan dan kegetaran, seperti poros, poros engkol, transmisi pada truk dan traktor.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:23)

PLIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Tabel 17. Baja paduan tahan panas dan tahan karat

Jenis Baja	Komposisi %					Gambaran Penggunaan
	C	M n	N	Cr	Mo	
18/8. Baja tahan karat dengan kestabilan austenit.	0,07	10,0	18,0	-	0,5	Untuk peralatan las listrik tanpa perlakuan panas dan peralatan rumah sakit yang terbuat dari baja tahan karat (Stainless steel)
18/18. Baja tahan karat austenit yg mengandung Cu dan Mo.	0,07	18,0	18,0	3,5	0,6 Ti 20 Cu	Dengan adanya tambahan Cu dan Mo mempertinggi daya tahan terhadap garam asam sulfat dll, digunakan untuk alat-alat kimia, dll.
25/20. Baja tahan panas austenit yg mengandung Cr dan Ni.	0,12	20,0	25,0	-	-	Tahan terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi, digunakan untuk dapur-dapur pemanas, dan lain-lain.
Baja tahan karat (Stainless steel) 12% Cr.	0,3	-	12,0	-	-	Tahan karat yang sangat baik, digunakan untuk industri, pabrik, dan alat-alat yang tajam.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:24)

Tabel 18. Baja paduan untuk perkakas potong

Jenis Baja	Komposisi %					Gambaran Penggunaan
	C	Cr	W	V	Lain ²	
Baja cetak panas yang mengandung Tungsten 9%.	0,3	2,5	9,0	-	-	Digunakan untuk tempa dan cetak panas, paku rivets (sumbat) baut-baut, plat ekstrusi, cetakan tuangan untuk Aluminium dan tembaga campur.
Baja cetak Carbon tinggi yang mengandung Chromium 12%.	2,00	12,0	-	-	-	Mempunyai daya tahan korosi dan tekanan, digunakan untuk cetakan plastik, cetakan tempa dingin, Rol-rol giling.
Baja tekan susut yang mengandung Mangan ½%	0,9	-	-	-	1,5 Mn	Mempunyai susunan struktur dan kekerasan tinggi digunakan untuk tap logam-logam non ferro, baut sekrup, alat ukur, & alat penekan (press)
Baja tahan kejut	0,55	1,0	2,0	-	0,60 Si	Digunakan untuk pahat potong, kunci-kunci, snai, stempel dan gunting, dll.
Baja kecepatan tinggi (HSS) mengandung Tungsten 18%.	0,75	4,50	18,0	1½	-	Digunakan untuk mata bor, reamer, pahat bubut, pahat strip, dan frais (milling), dan cetakan.
Baja kecepatan tinggi (HSS) mengandung Cobalt 12%.	0,8	4,50	21,0	1½	12 Co	Digunakan untuk alat potong mesin dengan kecepatan dan tekanan tinggi, rel-rel kereta api, cetakan untuk produksi besi tuang.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:25)

Selanjutnya Tata Surdia & Shinroku Saito (1985:89) menjelaskan komposisi kimia dan penggunaan baja perkakas dingin, lihat tabel 19.

Tabel 19. Contoh Komposisi Kimia dan Penggunaan Baja Perkakas Dingin

Baja perkakas	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Penggunaan
Baja karbon	1 1,10	<0,35	<0,50	<0,030	<0,030	<0,20				Tap, cetakan, pisau cukur, pahat kayu.
"	2 0,65	"	"	"	"	"				Penggores, cetakan pres, pisau, dsb.
Baja paduan rendah	1 1,35	"	"	"	"	0,75	4,5			Perkakas potong, cetakan penarikan dingin.
"	2 1,25	"	"	"	"	0,35	3,5	0,2		-sama dengan di atas-
"	3 1,05	"	"	"	"	0,75	1,25			Tap, gurdi, pemotong, gergaji, cetakan penarikan.
"	4 0,5	"	"	"	"	"	0,75			Pahat kayu, pons, pemegang.
"	5 0,8	"	"	"	"	0,40	2,0	0,25		Pahat kayu, pons, mata pisau, pemotong kikir.
"	6 1,0	<0,25	<0,30	"	"	"		0,18		Gurdi batu, torak.
Baja paduan	1 1,0	<0,40	0,75	"	"	5,0	1,0		0,35	Pengukur, cetakan penarikan, rol derat.
"	2 1,0		2,0			1,0	1,0			Cetakan pengetrim, cetakan penarikan.
"	3 0,5					5,0	1,4	1,5Ni	1,0	Mata gunting untuk pelat tebal.
Baja paduan tinggi	1 2,1	<0,40	<0,60	"	"	13,0				Cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim.
"	2 1,5	"	<0,50	"	"	12,0	1,0		0,35	Pengukur, cetakan pengetrim, rol derat.
"	3 2,0	"	<0,60	"	"	13,0	3,0			Cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim.

(Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:89)

E. Besi Cor dan Komposisinya

MHA Kempster (1975:122) mendefinisikan besi cor sebagai campuran dari besi dengan carbon di atas 1,7 %, biasanya mengandung carbon antara 2,4 - 4,0 % . Syamsul Arifin (1980:15) menyatakan komposisi dari besi cor adalah terdiri dari unsur-unsur carbon, fosfor, sulfur, silisium dan Mangan di samping unsur-unsur pokoknya besi seperti ditunjukkan pada tabel 20.

Tabel 20. Komposisi Besi Cor

U n s u r	Prosentase (%)
B e s i	93 - 96
Carbon	1,8 - 4,00
Fosfor	0,05 - 1,00
Sulfur	0,05 - 0,12
Silisium	1,00 - 2,50
Mangan	0,4 - 1,20

(MHA Kempster 1975:122)

Besi cor termasuk bahan yang mempunyai sifat mampu cor dan mampu unsur yang baik. Oleh karena itu besi cor merupakan logam yang penting untuk keperluan teknik, untuk pembuatan rangka mesin,udukan mesin perkakas, blok silinder, roda-roda gigi, cincin torak dan lain-lain.

P Stewart dan J. Relly (1975:13) menjelaskan jenis (type) dari besi cor menurut komposisi dan penggunaannya seperti ditunjukkan pada tabel 21.

Tabel 21. Jenis, Komposisi dan Penggunaan Besi Cor

Jenis Baja	Komposisi %						Penggunaan
	C	Si	S	P	Mn	Lain ²	
1	2	3	4	5	6	7	8
Besi Cor Kelabu	3,6	2,5	0,08	0,15	0,8	-	Dudukan mesin, Blok-blok mesin, katrol, Roda-roda gigi, benda-benda cor permesinan.
Besi Cor Putih	3,0	0,5	0,1	0,1	0,8	-	Peralatan mesin gerinda, mesin giling, pisau-pisau ketam, peralatan pertanian.
Besi Cor Meehanite (meehan)	2,6	1,5	0,1	0,2	0,8	-	Poros cam, roda gigi, roda gaya, dan peralatan yg membutuhkan kekuatan tinggi.
Besi Cor Grafit bentuk Elips (Spheroidal).	3,5	2,4	0,02	0,02	0,8	1,9Ni 0,06 Mg.	Poros-poros engkol, peralatan mesin giling, dan peralatan yang membutuhkan kekuatan tinggi.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:13)

1	2	3	4	5	6	7	8
Besi Cor Maleable inti putih.	3,0	0,5	0,1	0,08	0,4	-	Poros-poros transmisi, leher poros rangka sepeda motor, rantai kendaraan, alat pertanian, dll.
Besi Cor Maleable inti hitam.	2,6	1,1	0,15	0,1	0,4	-	Konveyor, rantai, Kran-kran air, alat-alat perkakas permesinan.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:13)

Tata Surdia & Shinroku Saito (1985:113) menjelaskan komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik dari besi cor seperti dijelaskan pada tabel 22.

Tabel 22. Contoh Komposisi Kimia Tipikal dan Sifat-sifat Mekanik Besi Cor

Jenis	Komposisi kimia (%)				(a) Karbon ekuivalen rata-rata	Ketebalan logam (mm)	Kekerasan Brinell	(b) Beban lentur. (kg)	Defleksi (mm)	Kekuatan tarik. (kg/mm ²)	Keterangan
	Karbon total	Si	P	Lainnya							
Besi cor kelabu: AISI Kelas 20 AISI Kelas 40 AISI Kelas 60	3,1-3,8 2,75-3,0 2,5-2,8	2,2-2,4 1,5-1,9 1,2-1,5	0,20-0,40 0,07-0,15 0,07-0,15	0,80-0,13 S 0,5-0,7 Mn	3,98 3,42 3,09	≥ 25 ≥ 25 ≥ 25	130-180 180-217 212-248	2000-3000 3800-4500 5200-6200	2,5-3,8 7,7-9,7 8,9-12,7	12,7-18,3 28,8-31,6 42,2-45,0	Kira-kira ada enam kelas di setiap standar suatu negara.
Besi cor kekuatan tinggi. (A. F. Meehan)	2,9-3,3	1,1-1,7	< 0,12	0,8-1,0 Mn	-	≥ 22	≥ 217	1400-1600	7-8,5	≥ 35,0	
Besi cor maleabel inti kelabu " " (perlit)	2,30-2,50 " " " "	0,90-1,20 " " " "	< 0,1 " " " "	0,20-0,35 Mn " " " "	- - -	- - -	114-140 201-269	- - -	- - -	≥ 35,0 ≥ 60,0	JIS Kelas 3 JIS Kelas 3
Besi cor nodular 1 " 4	3,4-4,1 -	2,1-2,7 -	- -	0,04 ≤ Mg	- -	- -	120-190 230-350	- -	- -	≥ 40,0 ≥ 70,0	Jis Kelas 1 dinormalkan dicelup dingin dan ditemper.

(a): Karbon ekuivalen = %C + 0,3 (%Si + %P)

(b): Pengujian lentur: Diameter 30,0 dan bentangan 450 mm, defleksi, diukur di tengah bentangan.

(Tata Surdia dan Shinroku Saito 1985:113)

Menurut strukturnya besi cor dapat dibedakan atas:

1. Besi cor putih (White Cast Iron)

Besi cor putih adalah mempunyai struktur dasar yang terdiri dari perlit dan ledeburit. Besi cor ini mempunyai kekerasan 400 sampai 600 kekerasan Brinell

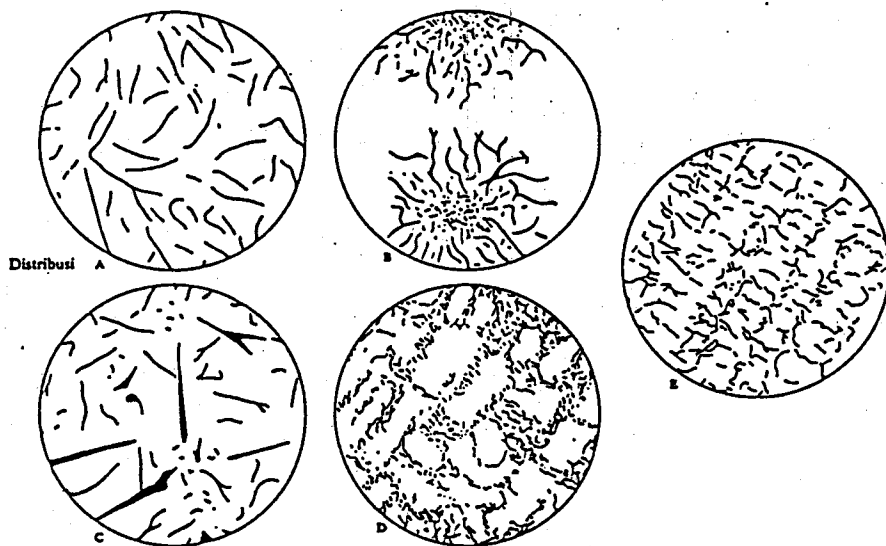
MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

(HB) dan tegangan tariknya mencapai 27 kg/mm² dan dapat dinaikkan sampai 45 kg/mm² dengan kandungan karbonnya berkisar antara 2,76% sampai 2,96%. Besi tuang putih dapat digunakan untuk peralatan mesin gerinda, mesin giling (rolling), mesin cor, rangka mesin, alat-alat pertanian dan sebagainya.

2. Besi cor kelabu (Grey Cast Iron)

Besi cor kelabu mempunyai struktur dasar yang terdiri dari grafit, ferit, sementit dan perlit. Besi cor kelabu ini banyak mengandung karbon bebas alam grafit menurut bentuk grafitnya besi cor kelabu ini ada dua macam yaitu besi cor laminar dan besi cor modular. Grafit ialah suatu bentuk kristal karbon yang lunak dan rapuh dan mempunyai kekerasan sekitar 1 HB, kekuatan tarik sekitar 2 kg/mm² dalam struktur besi cor biasanya 85% dari kandungan karbon berbentuk grafit. Bentuk dari grafit dalam besi cor akan mempengaruhi sifat mekanisnya seperti kekuatan tarik, kekerasan dan sebagainya. Dalam kandungan karbon yang sama, sebagai contoh seperti dikemukakan oleh Tata Surdia dan Kenji Chijiwa (1982:20) menyatakan besi cor kelabu yang mengandung 3,6% karbon dan 2,1% silisium, serfih-serfih grafit dan kekuatan tariknya 18 kg/mm², sedangkan besi cor bergrafit bulat mempunyai kandungan karbon dan silisium yang sama mempunyai kekuatan tarik 55 sampai 10 kg/mm².

Perubahan bentuk grafit, menyebabkan terjadinya perbedaan kekerasan seperti dikemukakan di atas, hal ini disebabkan serpih-serpih grafit mengalami panas atau tegangan pada ujung-ujungnya, kalau suatu gaya bekerja tegak lurus pada arah serpih, sedangkan grafit bulat tidak mengalami hal tersebut. Besi cor kelabu mempunyai kekerasan 155 sampai 320 kekerasan Brinell. Pada gambar 17 dijelaskan bentuk khusus dari potongan grafit dalam besi cor kelabu.



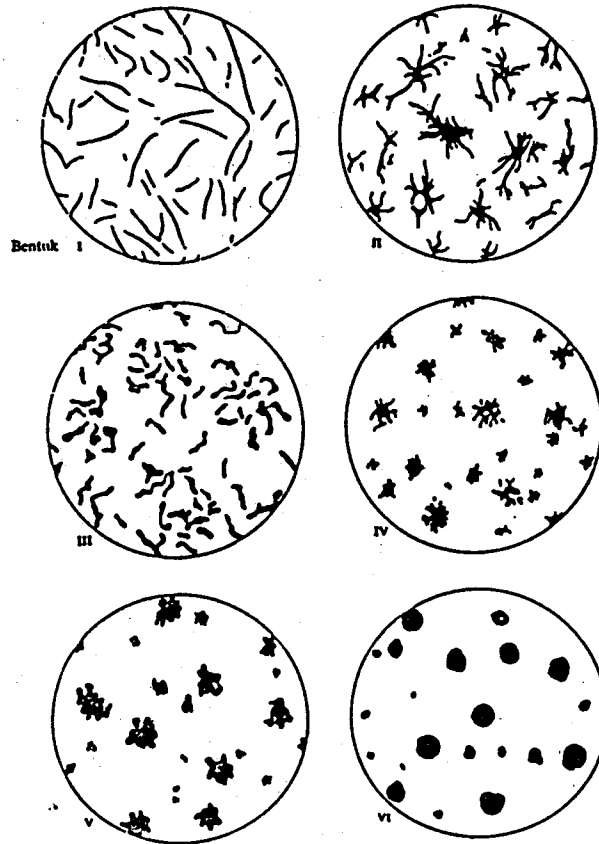
Gambar 17. Bentuk khusus dari distribusi grafit dalam besi cor kelabu. (Tata Surdia 1982:21)

Keterangan gambar.

Distribusi:

- a. Serpih-serpih grafit terbagi rata
- b. Grafit pengelompokan rosit
- c. Serpih-serpih saling menumpuk
- d. Penyisihan antar dendrit, orientasi sembarang
- e. Penyisihan antar dendrit, orientasi tertentu.

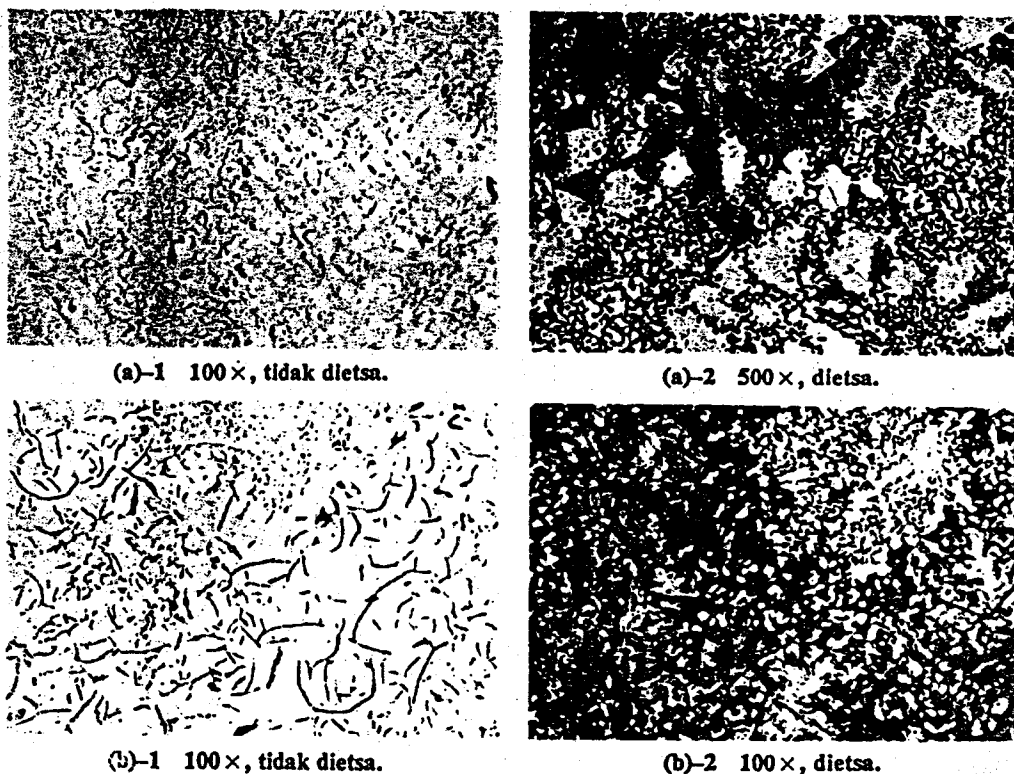
Pada gambar 18 menjelaskan bentuk distribusi grafit dalam besi cor bergrafit bulat, sesuai dengan keadaan pengkristalannya.



Gambar 18. Bentuk Distribusi Grafit dalam Besi Cor Bergrafit Bulat (Tata Surdia 1982:23)

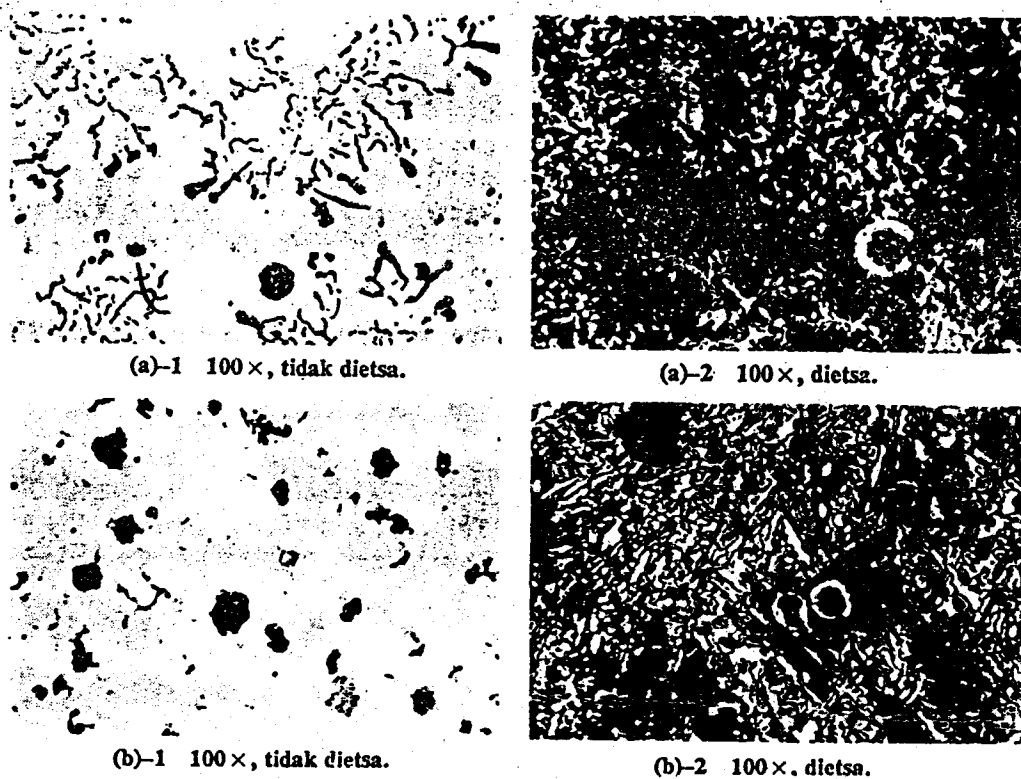
Pada gambar 19 dijelaskan struktur luar biasa dari besi cor kelabu, dimana gambar 18 a-1 dan a-2 menunjukkan struktur dengan potongan-potongan grafit dengan penyisihan antar dendrit, orientasi sebarang,

yaitu struktur luar biasa dari hasil mana diinginkan kepita dekat kulit coran dan gambar 19b 1 dan 2 menunjukkan struktur grafit dengan mengelompokkan rosite yang muncul dalam bagian coran, dimana ferit diendapkan pada bagian tengah dari grafit entektik.



Gambar 19. Struktur besi cor kelabu luar biasa (Tata Surdia 1982:25).

Pada gambar 20 dijelaskan struktur luar biasa dari besi cor kelabu bergrafis bulat, dimana gambar 19a1 dan a2 menunjukkan struktur luar biasa dengan serfih-serfih mengendap, sedangkan gambar 19.b1 dan b2 menunjukkan struktur luar biasa dimana bulatan berobah bentuk dan semestinya tidak kelihatan (diendapkan).



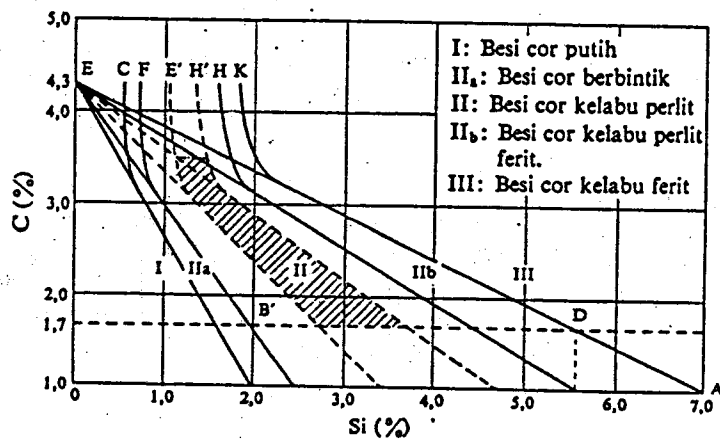
Gambar 20. Struktur luar biasa dari besi cor bergrafit bulat (Tata Surdia 1982:26)

F. Penggunaan besi cor

Dengan adanya perbedaan jumlah karbon bebas pada besi cor, akan memberikan pengaruh terhadap kegunaan dan pemakaian dari pada besi cor tersebut sebagaimana telah dikemukakan di atas, dimana sifat besi cor tergantung pada struktur dasar logamnya dan bentuk grafitnya.

Struktur dasar dan bentuk grafit dari besi cor tersebut dipengaruhi oleh unsur unsur yang terdapat dalam besi cor, misalnya kandungan karbon dan silisium

akan memberikan pengaruh yang besar terhadap pembentukan struktur dari pada besi cor. Tata Surdia dan Kenji Chijiwa (1982:27) mengatakan untuk mendapat struktur yang terbaik, kandungan karbon harus ada pada daerah yang cocok, yang berubah menurut kandungan silisium silisium menggalakkan penggrafikan dan silisium yang banyak cenderung untuk membuat besi cor kelabu. lihat gambar 21.



Gambar 21. Diagram Maurer (Tata Surdia 1982:28)

Pada umumnya yang banyak digunakan dalam industri permesinan adalah besi cor kelabu yang banyak mengandung perlit dan ferit yang disebut dengan besi cor perlitik dan feritik dengan kandungan 2 - 3,5% karbon. Dalam penggunaannya besi cor kelabu dibagi dalam tiga kelompok yaitu besi cor kekuatan rendah, menengah, dan tinggi. Kekuatan tarik dari besi cor dipengaruhi oleh

kandungan karbon, kandungan karbon yang rendah meningkatkan kekuatannya, di samping itu kandungan silisium ikut mempengaruhi kekuatan tarik, tetapi lebih rendah dari karbon.

Besi cor kekuatan rendah digunakan untuk bagian-bagian komponen yang mendapat beban rendah, besi cor kekuatan menengah digunakan untuk rangka mesin blok silinder, torak, besi cor ini adalah besi cor feritik, dan untuk keperluan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, silinder mesin uap, blok rem dan sebagainya yang pada waktu pembuatannya ditambahkan ferro silisium. Sedangkan besi cor kekuatan tinggi mempunyai struktur mikro perlit, ferrit dan grafit bulat (nodular). Untuk memperoleh besi cor jenis ini ke dalam besi cair ditambahkan magnetium 0,3% - 1,2% dan berat besi cor yang dipadu, penambahan unsur paduan ini bertujuan untuk menaikkan kekuatan, tahan aus, tahan panas, tahan koro-si, dan meningkatkan sifat magnet.

BAB IV

LOGAM-LOGAM NON FERRO (BUKAN 'BESI)

A. Tembaga dan Paduannya

1. Tembaga

Tembaga adalah salah satu logam non ferro (bahan besi) yang sangat luas digunakan dalam teknik industri, baik dalam keadaan murni maupun dalam kondisi paduannya, karena sifat sifat mekaniknya yang baik.

Tembaga mempunyai sifat lunak, liat dan ulet, sehingga mudah dibentuk, baik pekerjaan dingin maupun pekerjaan panas, kekuatan tarik 150 N/mm² yang dapat dimuatkan sampai 390 N/mm² kekerasan kr HB (kekerasan Brinell) dapat dinaikkan sampai 90 HB pada pekerjaan dingin, titik cair 1083C berat jenis 8.9 dan mempunyai daya hantar yang panas dan listrik yang baik. dengan demikian tembaga adalah merupakan logam yang sangat baik digunakan untuk peralatan instalasi listrik.

Pada dasarnya tembaga diperoleh melalui proses penambangan, biji biji tembaga yang dihasilkan dari tambang terlebih dahulu digilingkan dihancurkan menjadi bubuk tembaga yang halus, selanjutnya dipisahkan dari unsur unsur yang tidak mengandung tembaga, seperti pasir belerang zat asam dan sebagainya.

Biji-biji tembaga yang banyak digunakan sebagai bahan baku tembaga adalah jenis sulfat tembaga atau CuFeS_2 yang mengandung tembaga lebih kurang 34%.

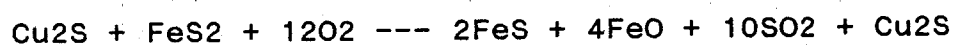
Syamsul Arifin (1984:27) menjelaskan beberapa macam jenis biji-biji tembaga seperti ditunjukkan pada tabel 23.

Tabel 23. Jenis-jenis biji tembaga

Jenis Biji Tembaga	Rumus Kimia	% Tembaga
Chalco pyrite	CuFeS_2	34,6
Barnite	$5\text{Cu}_2\text{SFe}_2\text{S}_3$	55,6
Chalcocite	Cu_2S	79,9
Canollite	CuS	68,5
Malachite	$\text{CuCo}_3.\text{Cu}(\text{OH})_2$	57,4
Azurite	$2\text{CuCo}_3.\text{Cu}(\text{OH})_2$	55,1
Cuprite	Cu_2O	88,8
Melaconite	CuO	79,9
Chrysocolla	$\text{CuSiO}_3.2\text{H}_2\text{O}$	36,2
Native Copper	Cu	99,9
Corrotite	CuCo_2S_4	21,0

Proses pemurnian tembaga dapat dilakukan dengan dua cara yaitu proses kering dan basah. Jika dikehendaki tembaga yang murni dikerjakan dengan cara elektrolisa proses kering sebagai berikut:

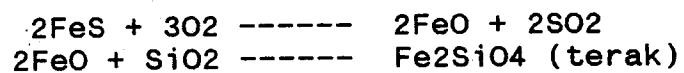
- a. Pada tahap pertama oksigen mengoksidasi besi cair yang bercampur dengan tembaga yang mengandung belerang yang menghasilkan reaksi sebagai berikut:



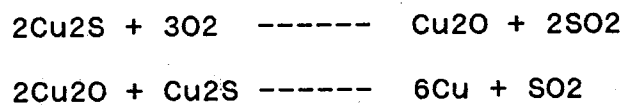
- b. Pada tahap kedua ditambahkan kwarsa asam (SiO_2) yang menghasilkan reaksi sebagai berikut :



c. Pada tahap ketiga dilakukan reaksi sebagai berikut:



Selanjutnya terak dikeluarkan, sisanya Cu_2S dioksidasi dengan oksigen yang menghasilkan reaksi sebagai berikut :



Reaksi di atas menghasilkan logam tembaga cair yang berwarna hitam. Untuk pembersihannya diperlukan proses elektrolisa yang dilakukan sebagai berikut:

Tembaga yang berwarna hitam dijadikan katup positif (anoda) dan plat timbal dijadikan kutup negatif (katoda), sebagai cairannya diberikan larutan asam belerang. Hasil dari pada proses elektrolisa adalah tembaga akan melekat pada katoda, sedangkan kotoran dan unsur-unsur yang tidak mengandung tembaga akan mengendap pada bagian bawah.

2. Paduan Tembaga

a. Kuningan (Brass)

Kuningan adalah paduan tembaga (Cu) dan seng (Zn). Disamping itu dapat juga ditambahkan unsur-unsur lain dalam jumlah yang kecil untuk memperbaiki ketahanan aus, mampu mesin, ketahanan koro-

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

si dan sebagainya. Unsur-unsur yang ditambahkan tersebut adalah mangan (Mn), timah putih (Sn), aluminium (Al), timah hitam (Pb), Nikel (Ni) dan sebagainya.

Untuk mendapatkan kuningan yang berkekuatan tinggi dapat ditambahkan 5% Mn, 2% Fe, 2% Al, dan 3-5% Ni dengan 60% Cu dan 40% Zu.

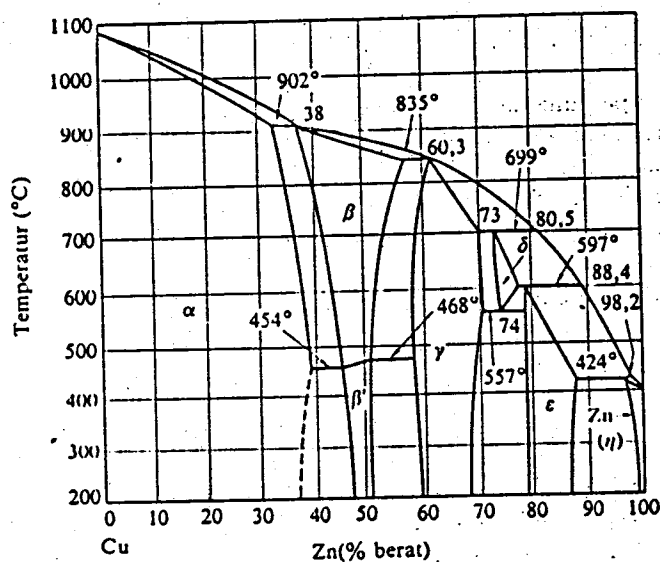
Aluminium adalah efektif untuk memperhalus butir kristal, Sn dapat memperbaiki ketahanan korosi dan Pb larut padat dalam kuningan hanya sampai 0,04% dan kelebihananya mengendap dalam bekas butir dan terdispersikan secara halus dan memperbaiki sifat mampu mesin, oleh karena itu dapat digunakan untuk roda gigi. Untuk lebih jelasnya penggunaan dari kuningan sebagaimana yang dikemukakan oleh Tata Surdia dan Shinroku Saito (1985:124) dapat dilihat pada tabel 24.

Tabel 24. Komposisi kimia dan penggunaan kuningan

Paduan	Komposisi kimia utama (%)	Sifat-sifat mekanik setelah pengaliran			Penggunaan
		Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	
Kuningan 70-30	70Cu-30Zn	32,6	11,5	60	Emas tiruan, penarikan dalam Pemrosesan logam tipis Sekrup, boud
Kuningan 60-40	60Cu-40Zn	37,8	12,0	45	
Kuningan pemotongan bebas:	61,5Cu-35,5Zn-3,0Pb	34,3	12,6	53	
Kuningan admiralty	71,0Cu-28,0Zn-1,0Sn	32,5	9,4	65	Kondensor, kuningan kapal dengan seng tinggi untuk komponen kapal.
Bronz fosfor	94,8Cu-5,0Sn-0,25P	35,0	14,0	58	
Bronz Mangan	58,5Cu-39,2Zn-1,0Sn-1,0Fe-0,3Mn	45,5	21,0	35	Poros baling-baling kapal
Bronz Aluminium	95,0Cu-5,0Al	38,6	15,4	65	Untuk industri kimia, bahan tahan korosi.
Perak German	65,0Cu-17,0Zn-18,0Ni	40,7	17,5	40	Untuk penarikan dalam, perhiasan, pengukur
Cupronickel	70,0Cu-30,0Ni	40,0	17,5	45	Tembaga putih, pipa tahan korosi
Bronz Berilium	98,0Cu-2,0Be	48,5	24,6	35	Paduan penuaan, pegas

(Tata Surdia dan Shinroku Saito 1985:124)

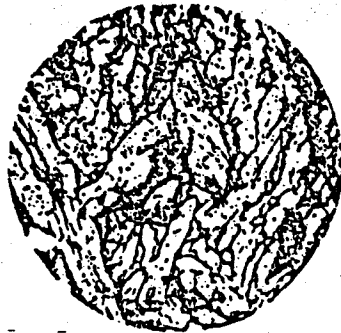
Gambar 22 menunjukkan diagram fase Cu-Zn. Paduan Zn sampai 37% ke dalam Cu akan membentuk larutan dengan fase L, yang mempunyai struktur fcc, fase L ini merupakan fase yang lunak dan mudah dikerjakan. Kuningan dengan 40% Zn akan membentuk fase ($\alpha + \beta$). Fase B mempunyai struktur bcc. Di samping itu masih ada lagi fase B dengan kisi super, fase γ , fase δ , fase ϵ dan fase η untuk kandungan Zn yang tinggi. Kuningan 60% Cu-40%Zn mempunyai kekuatan tarik paling tinggi, hanya digunakan untuk paduan coran. Gambar 22 menjelaskan bentuk struktur dari kuningan berdasarkan jumlah paduan antara Cu dan Zn.



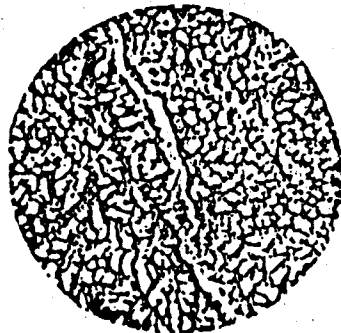
Gambar 22. Diagram fase Cu - Zn
(Sumber Tata Surdia dan
Shinroku Saito 1985:124)



Kuningan 70/30
Pembesaran 20x



Kuningan 60/40
Pembesaran 50x



Kuningan 50/50
Pembesaran 50x
Putih (α)
Hitam (β).

Gambar 23. Struktur Mikro dari Kuningan
(Sumber: MHA.Kempster 1975:159)

b. Perunggu (brons)

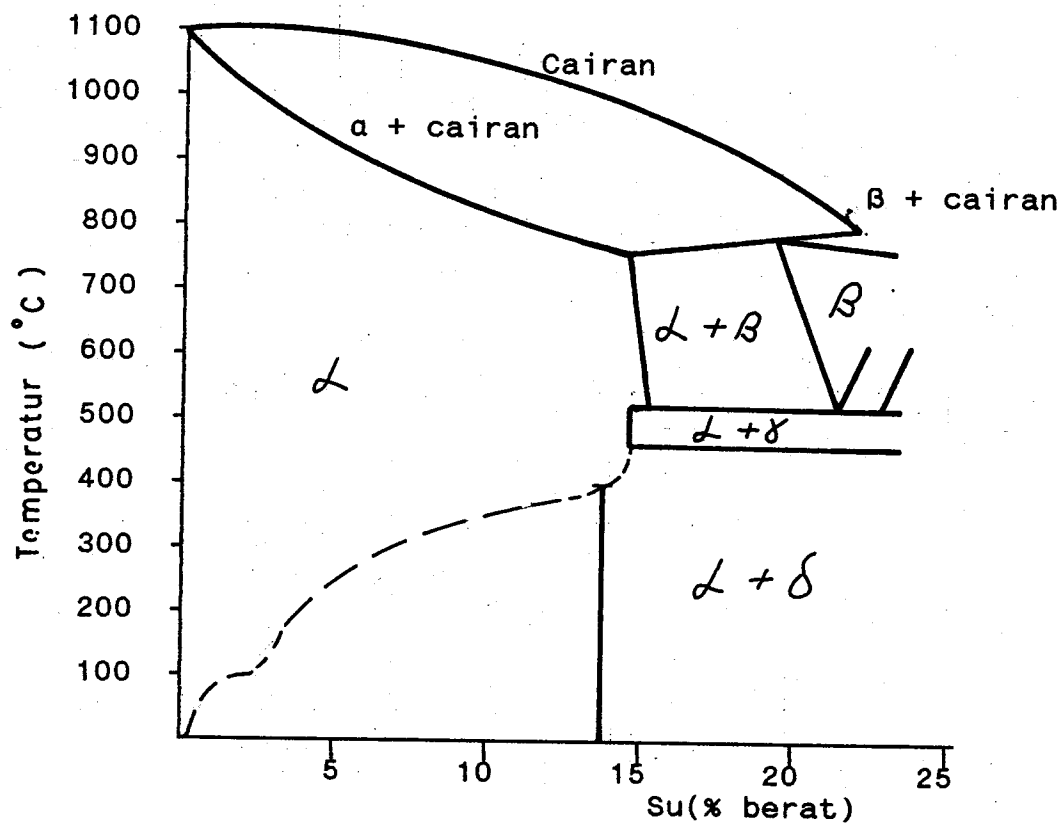
1) Perunggu timah putih

Perunggu adalah paduan tembaga (Cu) dan timah putih (Sn). Disamping itu masih terdapat paduan unsur-unsur lain dalam sejumlah kecil, seperti seng (Zn), timah hitam (Pb), nikel (Ni) mangan (Mn), besi (Fe), dan sebagainya.

Perunggu merupakan logam yang mudah di cor, mempunyai kekuatan yang tinggi, tahan aus, tahan korosi, oleh karena itu banyak digunakan untuk komponen mesin, seperti bantalan, pegas dan sebagainya.

Gambar 24 menjelaskan diagram keseimbangan Cu-Sn, paduan Sn sampai 14% akan menghasilkan fase L dengan struktur fee. Apabila paduan mengandung 14%-32% Sn, akan menghasilkan fase α + β .

Komposisi paduan yang praktis adalah 4-12%Sn, paduan 8-12% Sn dinamakan gun metal, paduan 10-23% Sn dinamakan admiralty gun metal, paduan 18-23% dinamakan brons bee dan paduan 30-32% brons kaca.



Gambar 24. Diagram fase Cu-Sn
(Sumber MHA. Kempster 1975:151)

2) Perunggu posfor

Perunggu posfor mempunyai sifat yang lebih baik dalam kekuatan dan ketahanan ausnya. Penambahan posfor 0,5% pada paduan tembaga dapat menghilangkan oksida. Perunggu posfor amat baik untuk bahan bantalan karena mempunyai sifat gabungan antara kekuatan dan ketahanan aus, dan mengandung 0,3-1,5% posfor yang ditambahkan kepada brons yang mengandung lebih dari 10% Sn. Di samping untuk bantalan, perunggu posfor dapat juga digunakan untuk pegas dengan kadar 0,05-1,5% posfor yang ditambahkan kepada perunggu yang mengandung Sn kurang dari 10%.

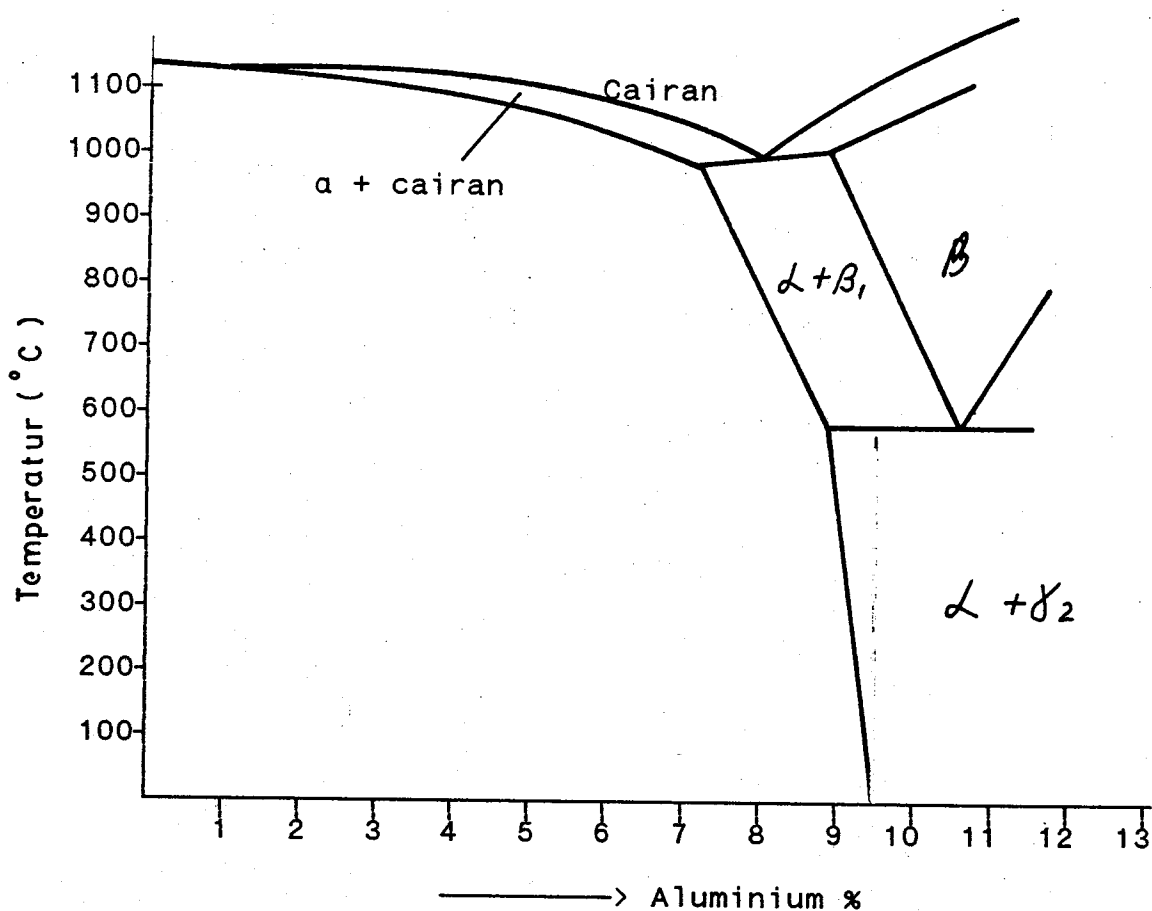
3) Perunggu aluminium.

Gambar 25 menunjukkan diagram keseimbangan tembaga-aluminium, dimana aluminium sampai 9,4 akan masuk ke dalam larutan tembaga pada temperatur kamar dengan fase L.

Jika kandungan aluminium lebih dari 7,5% pada temperatur 565°C akan terbentuk fase kedua (fase B), bila kandungan aluminium melebihi 9,4%, pada pendinginan perlahan-lahan akan menghasilkan struktur dengan fase $\delta + \beta_1$, dengan larutan padatnya membentuk fase $\delta + \beta_2$.

Paduan yang menggunakan 6-7% Al, digunakan untuk pabrikan dan dapat dilakukan proses

pelunakan yang membuatnya menjadi lunak dan kenyal, dan dapat dikuatkan ataupun dikeraskan dengan pekerjaan dingin. Paduan 9-10% Al, digunakan untuk coran. Paduan ini mempunyai kekuatan, mampu bentuk dan ketahanan korosi yang baik dari pada perunggu timah putih, sehingga penggunaannya lebih banyak seperti rumah-rumah pompa, katup, roda-roda gigi dan sebagainya, tetapi mampu coranya kurang baik dan memerlukan teknik yang khusus untuk pengecoran.



Gambar 25. Diagram fase paduan tembaga-aluminium
(Sumber: MHA. Kempster 1975:153).

4) Paduan tembaga nikel

Ada dua jenis logam paduan tembaga nikel yang sering digunakan untuk pembuatan komponen, yaitu:

a) Cupro nikel

Paduan tembaga nikel biasanya masih ditambah sedikit unsur besi mangan, dengan demikian paduan ini tahan karat yang disebabkan air garam, karena itu banyak dipakai pada peralatan kapal laut.

Kandungan nikel biasanya sekitar 15-18%, dapat menaikkan tarik dan kekerasannya. Paduan tembaga nikel yang terpenting adalah paduan yang dikenal sebagai logam monel, dengan kandungan nikel sekitar 66-68%.

P. Stewart dan J. Relly (1975:33) menjelaskan komposisi logam monel yang lazim digunakan adalah seperti yang ditampilkan pada tabel 25.

Tabel 25. Komposisi Logam Monel

U n s u r	Persentase (%)
Nikel	66
Tembaga	31,5
Besi	1,35
Mangan	0,9
Karbon	0,12

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
DIPADANG

Logam monel ini banyak digunakan untuk komponen testing equipment dalam laboratorium kimia dan bagian dari kapal selam.

Nikel merupakan komponen pokok ditambah dengan logam lainnya. Logam monel mempunyai sifat yang baik untuk kekuatan tarik yang tinggi dan mudah dibentuk serta tahan karat dalam air garam dan zat kimia lainnya.

b) Nikel-perak

Paduan ini sebetulnya tidak mengandung perak, tetapi warnanya menyerupai perak, oleh karena itu disebut nikel perak. Logam ini terdiri dari tembaga, seng, nikel, besi, mangan dan sebagainya. Nikel-perak digunakan untuk komponen-komponen yang tahan karat, alat-alat komunikasi, bagian-bagian mesin, pegas dan peralatan listrik. P. Stewart dan J. Relly (1975:31) menjelaskan jenis, komposisi dan penggunaan dari nikel-perak seperti ditunjukkan pada tabel 26.

Tabel 26. Paduan dan penggunaan tembaga-nikel

J E N I S	Komposisi			Penggunaan
	Cu	Ni	Unsur lain	
90/10 cupro-nikel	88	10	0,5 Mn 1,5 Fe	Tahan karat, untuk pipa-pipa pendingin minyak dan air.
70/30 cupro-nikel	68	30	1 Mn 1 Fe	Tahan karat, tahan tarik untuk kawat listrik, pipa pendingin air.
10% Nikel perak	62	10	28 Zn	Untuk pelapian logam kawat dan pisau.
18% Nikel perak	55	18	27 Zn	Untuk pegas, alat-alat telekomunikasi.
Nikel perak (mampu mesin yang baik).	46,5	9,5	41,25 Zn 2,75 Pb	Mempunyai kemampuan mesin yang baik.

(P. Stewart dan J. Relly 1975:31)

B. Aluminium dan Paduannya

1. Aluminium murni

Aluminium adalah merupakan logam non ferro yang banyak digunakan dalam teknik industri, karena mempunyai sifat ringan, tahan korosi dan listrik yang baik dan mempunyai sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam.

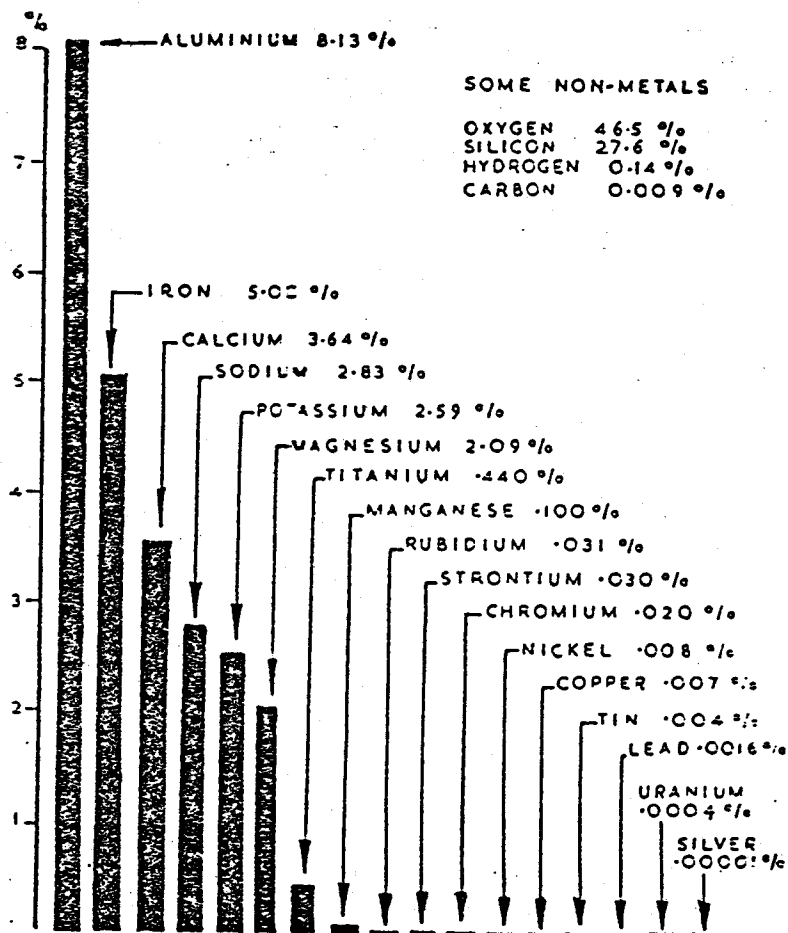
Aluminium banyak terdapat dalam perut bumi yaitu sekitar 8,13%, biasanya masih bersenyawa dengan oksigen dan unsur-unsur lainnya. Mineral-mineral aluminium ditemukan dengan jalan ditambang dalam bentuk batu-batuan dengan kadar aluminium yang tinggi.

Syamsul Arifin (484:12) menjelaskan lima macam jenis biji aluminium yaitu sebagai berikut:

- a. Bauksit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) mengandung 30%-50% Al_2O_3 , 3%-13% SiO_2 , 2%-4% TiO_2 dan 10%-18% H_2O . Apabila mineral bauksit mengandung unsur silika, maka mineral aluminium mempunyai kualitas yang tinggi.
- b. Kaolin, yaitu merupakan mineral-mineral aluminium yang mempunyai komposisi $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dimana yang bermutu tinggi mengandung oksid aluminium sekitar 36-39% Al_2O_3 . Mineral-mineral kaolin adalah bercampur dengan unsur-unsur silisium, oksid silisium, magnesium dan besi. Kaolin murni biasanya bercampur dengan tanah liat yang banyak mengandung silisium sehingga sangat sukar terjadi.
- c. Nefelin, yaitu berupa oksid aluminium dengan susunan kimia $(\text{NaK})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7$. Nefelin yang pekat mengandung 30% Al_2O_3 , 20% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, Fe_2O_3 dan CaO masing-masing mengandung sekitar 3%.
- d. Alunit, yaitu merupakan mineral aluminium yang mengandung hidro sulfat dan potisium dan adakalanya bercampur dengan unsur-unsur natrium (sodium) dan susunan kimianya seperti $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$. Alunit mengandung sekitar 20%-21% Al_2O_3 , 41%-42% SiO_2 , 4%-5% Fe_2O_3 , 4,5%-5% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 22%-23% SO_3 , 6%-7% H_2O .

e. Sianida, yaitu termasuk mineral aluminium dengan susunan kimia $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Mineral ini tidak dapat digunakan untuk memproduksi oksid aluminium, hanya sangat baik digunakan sebagai bahan campuran untuk logam campuran silikon aluminium cair.

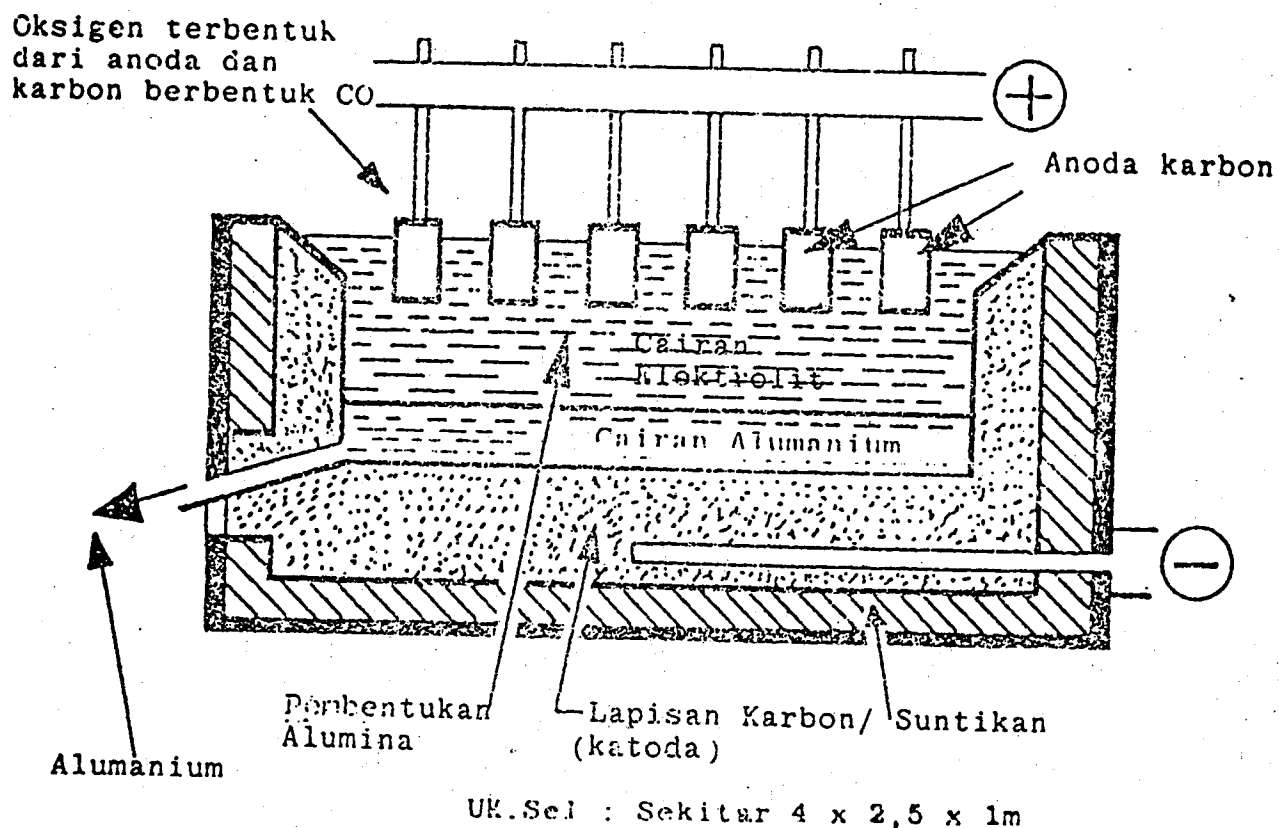
MHA. Kempster (1975:5) menjelaskan jumlah aluminium dalam perut bumi, seperti ditunjukkan pada gambar 26.



Gambar 26. Jumlah logam dalam perut bumi.
(MHA. Kempster 1975:5)

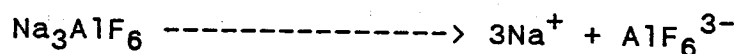
Aluminium dimurnikan secara elektrolisa, terlebih dahulu bauksit dicairkan untuk memisah-

kan Fe dan Si sehingga didapat Al_2O_3 , selanjutnya dicampur dengan kreolit. Bila cairan kreolit mencapai tebal 200-250 mm di atas permukaan dasar bak, maka dimasukkan alumina kedalam dapur, sehingga terjadi pencairan alumina dan bercampur dengan kreolit kering, lihat gambar 27.



Gambar 27. Tanur Elektrolisa
(Sumber MHA. Kempster 1975:13)

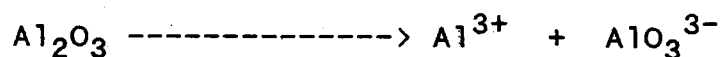
Di dalam tanur sebagian kriolit cair akan melarut ke dalam ion-ion dengan reaksi sebagai berikut:



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Ion-ion dari sodium yang bermuatan positif (Na^+) dan ion-ion yang bermuatan negatif (AlF_6^{3-}) berfungsi sebagai penghantar arus listrik.

Selanjutnya alumina yang larut di dalam kriolit akan terpisah sesuai dengan reaksi sebagai berikut:



Hasil dari reaksi diatas adalah diperoleh ion-ion yang bermuatan positif (Al^{3+}) yang seterusnya dibawa oleh arus listrik ke dasar bak yang dilapisi karbon (sel katode) sehingga terjadi proses katoda yang membawa ion aluminium dengan reaksi sebagai berikut:



Aluminium yang dihasilkan dari tanur elektrolisa dibersihkan dari kotoran untuk memperbaiki kemurnian Aluminium.

Aluminium yang didapat dalam keadaan cair lain dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,5 % - 99,85 % berat dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian 99,99 %.

Aluminium yang berwarna putih keperakan mempunyai kekuatan tarik sekitar 6 kg/mm², titik cair 658 C , berat jenis 2,7 mempunyai daya listrik dan panas yang tinggi.

Tata Surdia dan Shinroku Saito (1985:134) menjelaskan sifat-sifat fisik dan mekanik aluminium seperti ditunjukkan pada tabel 27 dan 28.

Tabel 27. Sifat-sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian	
	99,996	> 99.0
Masa jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (Cal/g °C) (100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59(dianil)
Tahanan listrik	0,00429	0,0115
Koefisien temperatur (/°C)		
Koefisien pemuaian (20-100 °C)	23,86+10 ⁻⁶	23,5+10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	fec,a=4,013kx	fee,a=....

Tabel 28. Sifat-sifat Mekanik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian			
	99,996		> 99,0	
	Dianil	75% dirol- dingin	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan puntir (0,2%)(kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brine11	17	27	23	44

Ketahanan korosi bertambah menurut kemurniannya, pada umumnya untuk kemurnian 99,0 % atau di atasnya dapat digunakan di udara dan tahan dalam waktu bertahun-tahun.

2. Paduan Aluminium.

Paduan Aluminium oleh berbagai negara di dunia diklasifikasikan dalam berbagai standar tertentu, dewasa ini klasifikasi yang sangat terkenal adalah standar Aluminium Association di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of America).

Paduan aluminium dapat dibedakan atas paduan tempaan dan paduan coran, paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka S, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga angka standar AA menggunakan tanda empat angka, yaitu angka pertama menyatakan sistim paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan sebagai berikut: 1. Aluminium murni, 2. Al-Cu, 3. Al-Mu, 4. Al-Si, 5. Al-Mg, 6. Al-Mg-Si, dan 7. Al-Zn. Untuk lebih jelasnya berikut ini akan dibicarakan beberapa contoh paduan aluminium.

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

Paduan AL-Cu dinyatakan dengan angka 2000, angka pada tempat kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dalam Al murni, sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksudkan

Alcoa terdahulu kecuali S, misalnya 3S berarti 3003 dan 63S berarti 6063. Aluminium dengan kemurnian 99% atau di atasnya dengan ketakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100.

Tata Surdia dan Shinroku Saito (1985:135) menjelaskan paduan aluminium tempaan seperti ditunjukkan pada tabel 29.

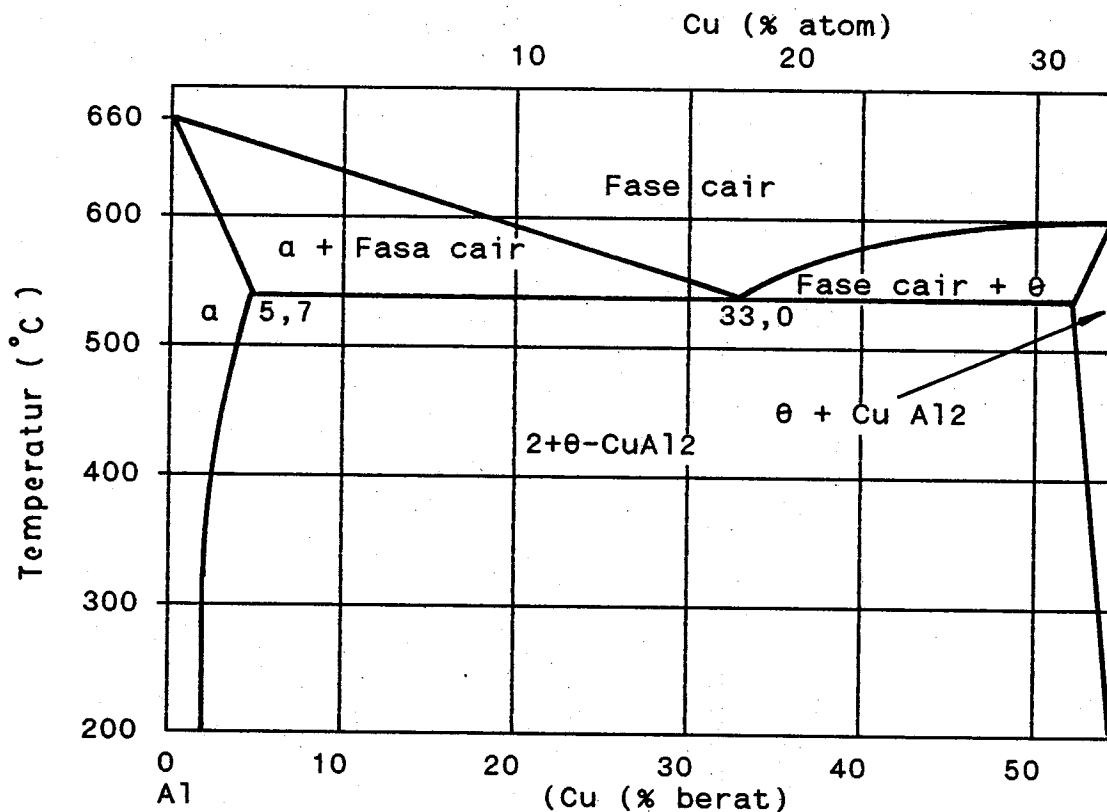
Tabel.29 Klasifikasi paduan aluminium tempaan

Standar AA	Standar Alecoa terdahulu	Keterangan
1001	1 s	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2 s	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10 s - 29 s	Cu unsur paduan
3003-3009	3 s - 9 s	Mn - " -
4030-4039	30 s - 39 s	Si - " -
5050-5086	50 s - 69 s	Mg - " -
6061-6069		Mg ₂ Si - " -
7070-7079	70 s - 79 s	Zn - " -

Dalam paduan aluminium perubahan yang berarti disebabkan oleh perlakuan panas dari material. Perlakuan panas dan pengerasan pada paduan aluminium dapat dilakukan kalau sistim di antara Al dan Cu Al₂, dimana larutan alfa (L) di daerah sisi Al pada temperatur tinggi merupakan larutan padat dari berbagai komponen kedua, yang larutan-

nya menurun pada temperatur rendah.

Dalam diagram fasa aluminium tembaga (Al-Cu) ditunjukkan bahwa tembaga bereaksi sewaktu dipadukan dengan aluminium sekitar 0,2% tembaga, sewaktu terjadi larutan padat pada temperatur kamar dan sejumlah tembaga lainnya akan membentuk persenyawaan dengan beberapa aluminium yang berupa paduan CuAl_2 . Larutan padat tembaga dalam aluminium akan naik dengan naiknya temperatur dimana campuran tembaga akan mencapai maksimum sekitar 5,7% Cu, maka seluruh campuran tembaga akan masuk ke dalam larutan sewaktu temperatur tinggi, lihat gambar 29.



Gambar 29. Diagram fasa Al-Cu (Sumber Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:124).

Apabila paduan mencapai kondisi yang seimbang pada temperatur kamar dengan pendinginan yang perlahan-lahan setelah dituangkan, kelebihan tembaga secara berangsur-angsur akan membentuk lapisan endapan dengan persenyawaan CuAl_2 . Paduan pada komposisi tertentu, misalnya 4% CuAl, didinginkan dari larutan padat yang homogen dengan konsentrasinya mencapai jenuh.

Dengan pendinginan yang lebih jauh pada keadaan mendekati keseimbangan, fasa kedua akan terpresipitasi, kondisi dari konsentrasi larutan dapat berubah tergantung pada kurva kelarutan dan pada temperatur biasa merupakan suatu campuran antara larutan pada yang jenuh dengan fase kedua: Presipitasi tersebut memerlukan keadaan transisi dari atom yaitu difinisi yang memerlukan waktu yang cukup lama. Difusi atom dibutuhkan oleh macam atom, pada umumnya sangat lambat pada temperatur biasa, tetapi dengan pendinginan cepat, misalnya dicelupkan dingin difusi atom akan sangat cepat yang dapat mengakibatkan perubahan sifat sifatnya, baik sifat fisik maupun sifat kimianya, untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan biasanya dipakai pada Cu dan paduan Mg. Paduan Si-Cu-Mg paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg dapat mengeras dengan sangat cepat dalam beberapa hari

pada temperatur biasa setelah pelarutan. Paduan ini ditemukan oleh A. Wilm dalam usahanya mengembangkan paduan Aluminium yang kuat yang dinamakan Daraluminium dengan komposisi standarnya adalah Al-4% Cu-0,5% Mg-0,5% Mu yang disebut paduan 20 17 dan paduan dengan menambah Mg pada komposisi standar dinamakan paduan 2024 dengan komposisi Al-4,5% Cu 1,5% Mg-0,5 Mu. yang disebut daralumin super.

Tata Surdia dan Sinroku Saito (1985:137) menjelaskan perlakuan panas dan sifat-sifat mekanik dari paduan Al-Cu-Mg seperti ditunjukkan pada tabel 30.

Tabel 30. Sifat-sifat mekanik paduan Al-Cu-Mg

Paduan	Keadaan	Kekuatan tarik kg f/mm ²	Kekuatan mutar kg f/mm ²	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser kg f/mm ²	Keke- rasan Brinell	Batas lelah kg f/mm ²
17 s (2017)	0	18,3	7,0	-	12,7	45	7,7
	T4	43,6	28,1	-	26,7	105	12,7
A 17 s (A 2017)	T4	30,2	16,9	27	19,7	70	9,5
R 317	setelah dianil	42,9	24,6	22	-	100	-
24 s (2024)	0	18,9	7,7	22	12,7	42	-
	T4	47,8	32,3	22	28,8	120	-
	T36	51,3	40,1	-	29,5	130	-
14 s (2014)	0	19,0	9,8	18	12,2	45	-
	T4	39,4	28,0	25	23,9	100	-
	T4	49,0	42,0	13	29,5	135	-

b. Paduan Al-Mn, Al-Si, Al-Mg-Si, Al-Mg-Zn.

1). Paduan Al-Mn

Mn adalah unsur yang dapat meningkatkan sifat kuat tanpa mengurangi sifat tahan karatnya dan dipakai unsur paduan tahan korosi. Paduan Al-1,2% Mn dan Al-1,2% Mn 1,0% Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang digunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

2). Paduan Al-Si

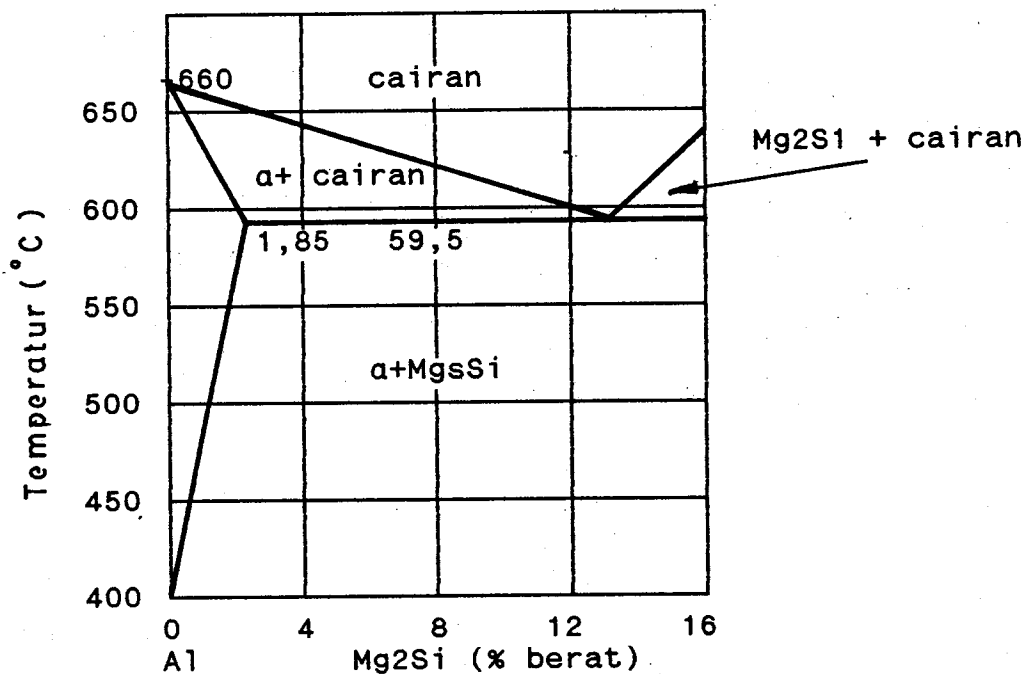
Si adalah unsur yang dapat meningkatkan sifat cair, mempunyai permukaan yang bagus tanpa permukaan yang bagus, baik untuk paduan coran, mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan penghantar panas dan listrik yang baik. Paduan Al dengan 12% Si sangat banyak dipakai untuk paduan coran cetak.

3). Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang baik, dikenal sebagai paduan yang tahan korosi.

Paduan dengan 2-3% Mg mudah ditempa di rol dan diekstrusi yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan, jika dibutuhkan yang mempunyai kekenyalan dan ketahanan karat yang tinggi, maka digunakan aluminium murni dengan penambahan sejumlah kecil magnesium

dan silisium dan untuk paduan yang amat murah mencair ditambahkan unsur silisium di atas 5%. Paduan Aluminium dengan dicampur magnesium dan silisium dengan total campuran 2% membuat kesenyawaan Mg_2Si dengan kekerasan menengah. Kalau Mg dalam jumlah kecil ditambahkan pada aluminium, penguatan sangat jarang terjadi, jika secara simultan mengandung silisium, maka dapat dikeraskan dengan penguatan panas setelah pelaksanaan pelarutan. Hal ini disebutkan oleh senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dengan sistem bauran dengan Aluminium seperti ditunjukkan pada gambar 30.



Gambar 30. Diagram fase biner semu dari paduan Al-Mg₂Si (Sumber: Tata Surdia & Shinroku Saito 1985:139).

Paduan Aluminium dapat dikerjakan dengan unsur perkakas dengan kecepatan potong yang tinggi, dapat disambung dengan las dan bisa dihaluskan permukaannya dengan dipoles dan dilapisi dengan proses galvanis, secara umum gambaran penggunaan paduan Aluminium berdasarkan komposisi kimianya dikemukakan oleh P. Stewart dan J. Reley (1975:37) seperti ditunjukkan pada tabel 31.

Tabel 31 Paduan Aluminium.

Paduan	Komposisi %				Penggunaan
	Al	Cu	Mg	Unsur lain	
1	2	3	4	5	6
1100	90	-	-	--	Tahan korosi, mudah ditempa, dirol dan ekstrusi digunakan untuk kabel lembaran tipis, kondensator dan peralatan rumah tangga.
3001	97,8	-	1,0	1,2 Mn	Tahan korosi, mudah ditempa, dirol dan ekstrusi digunakan sebagai bahan pelapis, dan tangki gas.
2011	93,5	5,5	-	0,5 Pb 0,5 Br	Dapat dijadikan batang ekstrusi, mudah dikerjakan untuk komponen dengan produksi yang banyak.
2024	93,4	4,5	1,5	0,6 Mn	Kekuatan tarik tinggi, mudah dibentuk, digunakan untuk komponen pesawat terbang, alat pemBERSIH dan komponen kendaraan.

1	2	3	4	5	6
F132	86,5	3,0	1,0	4,5 Si	Mudah dituang, digunakan untuk piston mobil dan mesin-mesin umum.
319	90,2	3,5	-	6,3 Si	Mudah dituang, digunakan untuk komponen mesin, kepala silinder mobil.
380	90,5	3,5	-	9,0 Si	Untuk komponen yang memerlukan proses penuangan.

C. Magnesium dan paduannya

Magnesium adalah merupakan bahan industri yang teringan dan mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan Alumunium. Magnesium mempunyai masa jenis sekitar 1,74 dan titik cair 650°C yang digunakan untuk industri pesawat terbang dan kendaraan bermotor. Paduan magnesium mempunyai mampu mesin yang baik, tahan terhadap korosi di udara, tetapi tidak tahan terhadap air laut dan mudah terbias pada suhu rendah, untuk itu dalam pembuatannya memerlukan perhatian khusus, oleh sebab itu penggunaannya secara praktis tidak terlalu maju, namun karena berkembangnya industri logam telah dapat memperbaiki sifat-sifat jelek dari magnesium dan paduannya sehingga penggunaannya menjadi lebih maju dan berkembang. Paduan yang banyak digunakan untuk magnesium adalah Alumunium, Seng, Mangan, dan lain lain Magnesium tidak diketemukan dalam keadaan murni, biasa bercampur dengan unsur-unsur lain dalam bentuk mineral.

Aryono Suarno (1979:129) menjelaskan jenis-jenis mineral yang banyak mengandung magnesium, seperti ditunjukkan pada tabel 32.

Tabel 32. Mineral-mineral yang mengandung Magnesium

Nama Mineral	Senyawa Kimia	Prosen Mg
Dolomit	Ca Mg(CO ₃) ₂	21,7
Magnesit	Mg CO ₃	47,6
Epsomit	MgSO ₄ · 7H ₂ O	16,3
Brulit	Mg (OH) ₂	69

Secara industri magnesium tidak dibuat sejak tahun 1930-an dengan proses elektrolisa ataupun secara reduksi. Jika menggunakan cara reduksi, maka bubuk magnesium dan oksida karbon yang dihasilkan harus didinginkan dengan cepat untuk mencegah pengabungan oksigen dengan magnesium selama proses pendinginan. Pada sistem elektrolisa adalah didasarkan atas mereduksi oksida magnesium dengan arus listrik yang dialihkan pada sel-selnya yang terdiri dari elektrolisa-elektrolisa karbon dan diapragma yang dipasang antara anoda dan katoda.

Magnesium dengan kemurnian biasa yang dihasilkan dengan cara elektrolisa, rusak dalam waktu yang cepat bila dicelupkan kedalam air laut dan air garam, sedangkan magnesium dengan kemurnian yang tinggi direduksi dalam furnace pada temperatur tinggi (Proses Pidgeon) atau paduannya, sukar untuk terkorosi. Ketahanan korosi

mendekati ketahanan korosi paduan Alumunium dan lebih baik dari ketahanan korosi baja lemah, ketahanan korosi magnesium tergantung pada unsur paduan paduannya. Magnesium mempunyai kristal heksagonal susunan rapat (cph) dan mempunyai kekuatan tarik 19 kgf/mm² setelah peng-anilan, kekuatan mulur 9,8 kgf/mm² dan perpanjangannya 16 %.

Unsur-unsur paduan memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat mekaniknya, sebagai contoh aluminium membe-rikan pengaruh efektif untuk menghaluskan struktur cor-an, yang memungkinkan untuk diberikan perlakuan panas (heat treatment), seng (Zn) memperbaiki kekuatan dan menghaluskan kristal. Mangan memperbaiki ketahanan ko-rosi dan zirkonium memperbaiki kekuatan dan menghalus-kan kristal.

P.Stewart dan J.Relly (1975:39) menjelaskan kompo-sisi paduan magnesium dan penggunaannya, seperti ditun-jukkan pada tabel 33.

Tabel 33. Paduan magnesium dan penggunaannya

Jenis Paduan	Komposisi %					Penggunaan
	Mg	Al	Zn	Mn	dll.	
1	2	3	4	5	6	7
Az.31	96	2,5-3,5	0,7-1,3	0,2	0,3 Si	Untuk lembaran ti pis, komponen pe-sawat terbang dan kendaraan.

1	2	3	4	5	6	7
Az.61A	92	5,8-7,2	0,4-1,5	0,15	0,3 Si	Untuk batang standar, tabung, ekstrusi dan temperatur.
Az	90	5,3-6,7	2,3-3,5	0,5	0,3 Si 0,1 Cu	Untuk komponen pesawat terbang, dan bagian mesin industri tekstil.
Az1	89	8,3-9,7	0,4- 1	0,13	0,5 Si 0,1 Cu	Untuk bahan yang dibebani dengan tekanan tinggi.

D. Nikel dan Paduannya

Nikel ditemukan dalam keadaan bercampur dengan unsur-unsur lainnya, seperti besi, belerang, tembaga, aluminium, magnesium, dan sebagainya. Proses pembuatannya dilakukan secara elektrolisis. Nikel berwarna perak keabu-abuan dengan titik cair sekitar 1458°C ; perpanjangan 40-50%, kekerasan 80-90 Brinell dan masa jenisnya sekitar 8,9.

Nikel mempunyai ketahanan panas dan korrosi yang baik, tetapi bisa rusak oleh asam nitrat. Nikel digunakan sebagai unsur paduan untuk baja, paduan tembaga, paduan chromium, paduan nikel tahan panas, dan juga dipakai untuk paduan khusus yang dinamakan kupro nikel untuk pembuatan logam uang. Nikel dibuat dalam bentuk batangan, pelat pipa dan kawat yang digunakan untuk bahan pelapis, industri makanan dan sebagainya.

MILIK DPT PERPUSTAKAAN
KIP PADANG

1. Paduan nikel-chronium

Paduan nikel-chronium sangat baik digunakan untuk kawat pemanas listrik, pembuatan sudu-sudu turbin pesawat jet, dapur-dapur listrik dan sebagainya. Paduan 80% Ni-20% Cr disebut nikhrom, dan satu seri dari paduan tahan panas adalah nikonel, nimonik dan sebagainya dapat dilihat pada tabel 34, yang dikemukakan oleh P.Stewart dan J.Relly (1975:34).

Tabel 34. Paduan Nikel-chronium dan penggunaannya

Seri	Komposisi %				Penggunaan
	Ni	Cr	Unsur	Lain	
Inkone1 (600)	76	15,8	7,2 Fe	0,04 C 0,1 Cu	Untuk mesin yang mengalami temperatur tinggi, tahan pukulan, kejutan, dan tahan korosi.
Inkoloy (800)	32	20	46 0,3 Cu	0,04 C	Untuk komponen yang tahan oksidasi dan karburasi, tahan temperatur tinggi dan beban guncangan dan tahan karat.
Nimonik (90)	58	32	17 Co 2,5 Ti	1,5 Al 0,13 C	Untuk sudu-sudu dan piringan pada turbin gas, alat ² tekan panas sampai 920°C.
Nimokast (75)	76	19	0,1 C 0,3 Mn 0,3 Cu	0,4 Ti 0,3 Az 1,5 Co	Paduan tuangan, tahan oksidasi dan tahan temperatur 1100°C untuk bahan yang mengalami tahanan listrik dan panas yang tinggi 110°C.
Ferro Khronin (15/60)	60	15	25 Fe		Untuk bahan yang mengalami tahanan listrik dan panas yang tinggi 800°C.

2. Paduan nikel-tembaga

Paduan tembaga yang mengandung 10-30% nikel disebut kupro nikel dan paduan tembaga yang mengandung 67% nikel disebut logam monel. Kedua paduan tersebut mempunyai kekuatan dan ketahanan korosi yang baik dan digunakan untuk komponen-komponen pompa, kompresor, motor dan sebagainya. Paduan tembaga yang mengandung 45% nikel mempunyai tahanan listrik yang tinggi dan koefisien pemuaian yang rendah, digunakan sebagai kabel tahanan dan termokopel.

E. Tetanium dan Paduannya

Tetanium ditemukan dalam bentuk bijih yang masih bersenyawa dengan unsur lain. Bijih yang mengandung tetanium seperti ilminit (Fe_2TiO_3) dan gas Cl_2 dipanaskan pada temperatur tinggi dan menghasilkan tetrachlorid titanium (TiCl_4). Selanjutnya direduksi oleh Mg, sehingga dihasilkan titanium spon, kemudian dicairkan pada tanur listrik dalam vakum atau lingkungan gas mulia untuk mendapatkan titanium ingot. Selanjutnya ingot ditempa pada temperatur $800-1000^\circ\text{C}$ dan dirol pada temperatur $700-800^\circ\text{C}$ untuk dijadikan bahan yang akan dikerjakan berikutnya.

Titanium mempunyai titik cair sekitar 1660°C , berat jenis sekitar 4,5 dengan kekuatan tarik listrik sekitar 470 N/mm^2 . Titanium mempunyai ketahanan korosi yang baik, membentuk lapisan pelindung yang halus pada

permukaannya yang mencegah berlanjutnya korosi kedalam.

Untuk mendapatkan sifat-sifat titanium yang lebih baik sesuai dengan keperluan industri, maka titanium dipadu dengan unsur-unsur lain seperti aluminium, tembaga, mangan, molibdium, vanadium, dan sebagainya. Paduan titanium yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

1. Paduan titanium yang mengandung 5% aluminium dan 2,5% timah putih adalah paduan yang mempunyai keuletan cukup dan mampu las yang baik dan kekuatan tarik yang sekitar 770 N/mm², banyak dipakai untuk komponen mesin dan mempunyai kekuatan melar sampai temperatur 500 °C.
2. Paduan titanium 8% aluminium, 1% molibdium, 1% vanadium dapat digunakan untuk temperatur tinggi yang dapat bertahan secara baik.
3. Paduan titanium 6% aluminium, 4% vanadium mempunyai kekuatan tarik sekitar 950N/mm² dan dapat dinaikkan dengan jalan pendinginan secara tiba-tiba dalam air dari temperatur sekitar 925 °C yang diikuti dengan perendaman selama 2 jam pada temperatur 480 °C.
4. Paduan titanium yang mengandung 13% vanadium 11% chromium, 3% aluminium, mempunyai kekuatan tarik tinggi dan perbandingan batas mulurnya bertahan sampai kira-kira 400 °C, banyak digunakan untuk komponen pesawat terbang.

P.Stewart dan J.Relly (1975:42) menjelaskan penggunaan titanium dan paduannya seperti ditunjukkan pada tabel 35.

Tabel 35. Penggunaan Titanium dan Paduannya

Tipe Perencanaan	Komposisi %					Penggunaan
	Ni	Al	Mo	Sn	dll.	
IMI Ti 115 (ASTM B - 265 SBT Grade 3)	99	-	-		-	Untuk lembaran tipis, komponen pesawat terbang dan industri kimia.
IMI Ti 260 (ASTM B - 332-65 Grade 8)	99	-	-	-	Palkadium (Pd)	Tahan oksidasi asam untuk industri kimia.
IMI Ti 318 (ASTM B - 265-587 Grade 5)	90	6	-	-	4% Natrium	Untuk lembaran tipis, komponen turbin gas.
IMI Ti 317 (ASTM B - 265-587 Grade 6)	(91-94)	4-6	-	2-3	-	Untuk komponen pesawat terbang, turbin gas dan komponen yang dioperasikan di atas 500°C.
IMI 51	87,5	4	4	4	0,5 Si	Paduan kekuatan tinggi, untuk komponen-mesin-mesin dan pesawat terbang

F. Seng (Zn) dan Paduannya.

Secara industri seng diproduksi dalam jumlah yang besar sebagai logam non ferro setelah tembaga. Seng mempunyai kekuatan tarik yang rendah. Titik cair 419°C, berat jenis 7,1 hampir tidak rusak di udara biasa dan

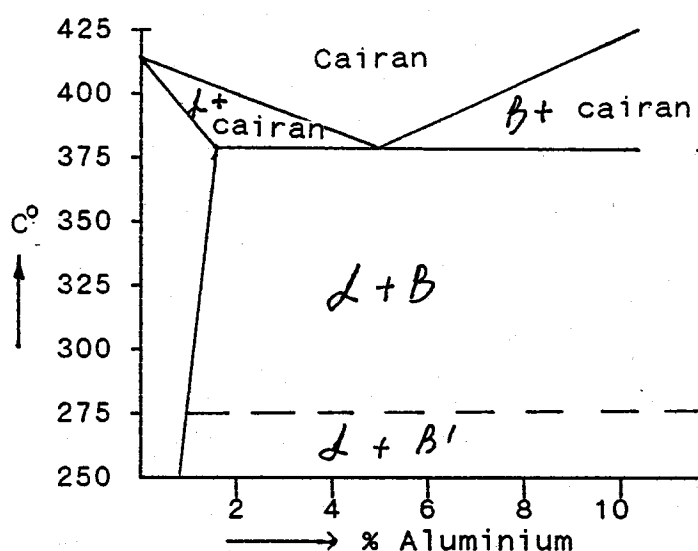
untuk mengatasinya agar tidak mudah berkarat, maka dilapisi dengan jalan galvanisasi atau disemprot dengan bahan pelapis lainnya.

Seng digunakan dalam bentuk lembaran tipis untuk atap, bahan pelat baterai kering, pelapisan pada besi dan keperluan percetakan.

Untuk mendapatkan kemurnian yang tinggi dari pembuatan seng dilakukan secara elektrolisa.

Paduan seng untuk pengecoran cetak mengandung sejumlah kecil aluminium, mempunyai titik cair yang rendah dan lebih kuat.

MHA. Kempster (1975:179) menjelaskan diagram keseimbangan dari paduan seng-aluminium seperti ditunjukkan pada gambar 31.



Gambar 31. Diagram keseimbangan seng-aluminium.
(MHA. Kempster 1975:179)

Diagram keseimbangan seng-aluminium menunjukkan bahwa sejumlah kecil dari pada aluminium akan masuk ke dalam larutan padat seng yang menghasilkan entektik pada kandungan aluminium sekitar 5% dan paduan menjadi kurang baik dengan pembekuan yang cepat yang berhubungan dengan pengecoran letak tekan. Lamanya pembekuan akan menurunkan kekerasan, kekuatan tarik dan kekuatan ketjutnya, tetapi dapat meningkatkan sifat kekenyalannya.

Paduan dengan kandungan 4% Al-1% Cu-Mg-Zn terutama digunakan untuk pengecoran cetak, yang dapat menghasilkan paduan coran yang berbentuk rumit dan sulit dan umumnya dipakai untuk penggunaan yang praktis dan komponen kendaraan bermotor, perkakas listrik dan mesin-mesin kantor.

P. Stewart dan J. Relly (1975:43) menjelaskan komposisi paduan seng dan penggunaannya, seperti ditunjukkan pada tabel 36.

Tabel 36. Paduan coran seng dan penggunaannya.

Merek Dagang	Komposisi %					Penggunaan
	Zn	Al	Mg	Cu	dll.	
EZ DA 3	95,8	4,11	0,048	-	-	Secara umum digunakan untuk coran cetak, komponen otomotif, rumah tangga.
EZ DA 5	94,8	4,06	0,047	0,99	-	Untuk keperluan khusus dimana dikehendaki kekerasan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- ✓ Arifin Syamsul. (1982). Ilmu Logam I. FPTK IKIP Padang
- Beumer BJM. (1978). Ilmu Bahan Logam I. Bharda Karya Aksara. Jakarta
- Djapri Sriatil. (1983). Ilmu dan Teknologi Bahan. Erlangga. Jakarta.
- Kempster MHA. (1975). Material for Engineers the English Universiteas. Ltd Aylisbury England.
- Rafei Moh. dan Suarpraja Teja. (1980). Bagian-bagian Mesin I. Depdikbud.
- Ranuwijaya Yahya (1982). Ilmu Kimia. PN Balai Pustaka. Jakarta.
- ✓ Stewart P. dan J.Relly (1975). Material and Proseses, third Edition. Victoria.
- Tjoa Kuci Ham. (1980). Penuntun Belajar Kimia. Wijaya Jakarta.
- Suarno Aryono. (1979). Pengetahuan Bahan Galian. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Surdia Tata dan Chijiwa Kenji. (1975). Teknik Pengecoran Logam. PT Pradnya Paramita.
- Surdia Tata dan Saito Shinroku. (1985). Pengetahuan Bahan Teknik. PT Pradnya Paramita.