

DIKTAT BAHAN KULIAH MATERIAL TEKNIK



Disusun Oleh :

Achmad Kusairi Samlawi
Rudi Siswanto

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2016

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Material Teknik.....	1
1.2. Logam Ferro dan Logam Non Ferro.....	2
1.3. Non Logam	6
1.4. Sejarah Besi dan Baja.....	9
1.5. Baja di Indonesia.....	10
1.6. Baja di Masa Depan.....	11
BAB II PROSES PEMBUATAN BESI DAN BAJA	13
2.1. Bijih-Bijih Besi (Iron Ores).....	13
2.2. Bahan Bakar (Kokas).....	14
2.3. Batu Kapur (Limestone).....	15
2.4. Udara Panas	15
2.5. Dapur Tinggi.....	16
2.6. Hasil Dapur Tinggi.....	21
2.7. Pembuatan Baja.....	23
2.8. Dapur/Tungku Pengolah Baja.....	26
BAB III LOGAM BESI DAN PADUANNYA	41
3.1. Besi Tuang.....	41
3.2. Baja Paduan.....	42
3.3. Paduan Potong.....	47
3.4. Baja Karbon (Carbon Steel).....	48
3.5. Stainless Steel.....	49
BAB IV LOGAM BUKAN BESI DAN PADUANNYA	51
4.1. Logam Bukan Besi (Non Ferrous Metal).....	51
4.1.1. Tembaga.....	51
4.1.2. Aluminium.....	55
4.1.3. Nikel.....	57
4.1.4. Magnesium.....	61
4.1.5. Seng.....	63
4.1.6. Timbel (Timah Hitam).....	66
4.1.7. Timah.....	68
4.2. Paduan Non Ferro.....	71
4.2.1. Paduan Aluminium (Aluminium Alloy).....	71
4.2.2. Paduan Magnesium.....	72
4.2.3. Paduan Tembaga.....	73
4.2.4. Paduan Tahan Aus.....	74
4.2.5. Paduan Titanium (Titanium Alloy).....	74
BAB V NON LOGAM	76
5.1. Bahan Alam.....	76
5.1.1. Oksigen.....	76
5.1.2. Nitrogen.....	77

5.1.3. Senyawa Karbon.....	78
5.1.4. Senyawa Fosforus.....	83
5.1.5. Kayu.....	85
5.2. Bahan-Bahan Tiruan (Syntetic Materials).....	85
5.2.1. Plastik.....	87
5.2.2. Karet Sintetis (Syntetic Rubbs).....	91
5.2.3. Pemakaian Secara Umum Bahan-Bahan Plastik.....	92
5.3. Bahan Isolasi.....	94
BAB VI LOGAM SINTER (POWDER METALLURGY).....	98
6.1. Pendahuluan.....	98
6.2. Produk Serbuk.....	99
6.3. Cara Mencampur Serbuk.....	99
6.4. Proses.....	100
6.4.1. Pengepresan.....	100
6.4.2. Sintering.....	101
6.4.3. Pengepresan Panas dan Pengepresan Dingin.....	103
6.4.4. Sizing.....	103
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

Bab 1.

Pendahuluan

1.1. Material Teknik

Material teknik dapat digolongkan dalam kelompok logam dan bukan logam. Selain dua kelompok tersebut ada kelompok lain yang dikenal dengan nama *metalloid* (menyerupai logam) yang sebenarnya termasuk bahan bukan logam. Logam dapat digolongkan pula dalam kelompok logam *ferro* yaitu logam yang mengandung unsur besi, dan logam *non ferro* yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi.

Dalam penggunaan dan pemakaian pada umumnya, logam tidak merupakan logam murni melainkan logam paduan. Logam murni dalam pengertian ini adalah logam yang tidak dicampur dengan unsur lainnya atau pengertian lain yaitu yang diperoleh dari alam (hasil tambang) dalam keadaan murni dengan kadar kemurnian mencapai 99,99 %.

Dengan memadukan dua logam atau lebih dapat diperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari pada logam aslinya. Memadukan dua logam yang lemah dapat diperoleh logam paduan yang kuat dan keras. Misalnya tembaga dan timah, keduanya adalah logam yang lunak, bila dipadukan menjadi logam yang keras dan kuat dengan nama perunggu.

Besi murni adalah bahan yang lunak sedangkan zat arang/karbon (bukan logam) adalah bahan yang rapuh, paduan besi dengan zat arang menjadi baja yang keras dan liat. Logam pada umumnya terdapat di alam (tambang) dalam bentuk bijih-bijih berupa batuan atau mineral. Bijih logam tersebut masih terikat dengan unsur-unsur lain sebagai oksida, sulfida atau karbonat.

Logam didefinisikan sebagai unsur kimia yang mempunyai sifat-sifat : liat, kuat, keras, penghantar listrik dan penghantar panas, mengkilap dan pada umumnya mempunyai titik cair yang tinggi.

Logam ferro atau logam besi adalah logam yang mengandung unsur besi (Fe). Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu lunak dan rapuh sebagai bahan kerja, konstruksi atau pesawat. Sebutan besi dapat berarti :

1. Besi murni dengan simbol kimia Fe yang hanya dapat diperoleh dengan jalanreaksi kimia.
2. Besi teknik adalah yang sudah atau selalu bercampur dengan unsur lain.

Logam ferro juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C) , tetapi sebenarnya juga mengandung unsur lain seperti : silisium, mangan, fosfor, belerang dan sebagainya yang kadarnya relatif rendah. Unsur-unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya, tetapi unsur zat arang (karbon) yang paling besar pengaruhnya terhadap besi atau baja terutama kekerasannya.

Pembuatan besi atau baja dilakukan dengan mengolah bijih besi di dalam dapur tinggi yang akan menghasilkan besi kasar atau besi mentah. Besi kasar belum dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi, oleh karena itu, besi kasar itu masih harus diolah kembali di dalam dapurdapur baja. Logam yang dihasilkan oleh dapur baja itulah yang dikatakan sebagai besi atau baja karbon, yaitu bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi.

Logam *non ferro* atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam *non ferro* murni kebanyakan tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan.

Kecuali logam *non ferro* murni, platina, emas dan perak tidak dipadukan karena sudah memiliki sifat yang baik, misalnya ketahanan kimia dan daya hantar listrik yang baik serta cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni. Tetapi karena harganya mahal, ketiga jenis logam ini hanya digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya dalam teknik proses dan laboratorium di samping keperluan tertentu seperti perhiasan dan sejenisnya.

Logam non ferro juga digunakan untuk campuran besi atau baja dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat baja. Dari jenis logam non ferro berat yang sering digunakan untuk paduan baja antara lain, nikel, kromium, molibdenum, wolfram dan sebagainya. Sedangkan dari logam non ferro ringan antara lain : magnesium, titanium, kalsium dan sebagainya. Logam *non ferro* dikelompokkan menjadi 5 bagian, yaitu :

- (a). **Logam berat** adalah apabila berat jenisnya lebih besar dari 5 kg/dm^3 , misalnya : nikel, kromium, tembaga, timah hitam, Timah putih, seng dan sebagainya.
- (b). **Logam ringan** adalah apabila berat jenisnya lebih kecil dari 5 kg/dm^3 , misalnya : aluminium, magnesium, titanium, kalsium, kalium, natrium, barium dan sebagainya.
- (c). **Logam mulia** adalah logam yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, digunakan untuk keperluan khusus, misalnya untuk alat tukar (uang), perhiasan dan asesoris lainnya, misalnya : emas, perak, dan platina.
- (d). **Logam refraktori** atau logam tahan api, logam tersebut biasanya digunakan sebagai unsur paduan untuk alat-alat listrik, silinder line pada motor bakar torak dan alat-alat lainnya yang memerlukan ketahanan panas, Misalnya : wolfram, molibdenum, titanium, dan zirkonium.
- (e). **Logam radioaktif** yaitu logam yang dapat memancarkan sinar radioaktif yaitu sinar alpha, sinar Betha dan sinar Gama, misalnya : uranium, plutonium dan radium.

Sifat mekanik logam *non ferro* pada umumnya kurang baik, akan tetapi dapat diperbaiki dengan memadukannya. Kebanyakan dari logam *non ferro* adalah tahan korosi karena adanya lapisan oksida yang kuat. Sedangkan beberapa logam non ferro mempunyai daya penghantar listrik dan daya penghantar panas yang baik.

Dari semua jenis logam dapat digolongkan menjadi logam murni dan logam paduan. Logam murni artinya logam yang tidak dicampur dengan logam lain atau unsur lainnya. Sifat-sifat logam murni yaitu :

- 1). Kadar kemurnian 99,9 %.

- 2). Kekuatan tarik rendah
- 3). Titik lebur tinggi
- 4). Daya hantar listrik baik
- 5). Daya tahan terhadap karat baik

Logam paduan artinya logam yang dicampur dari dua macam logam atau lebih dalam keadaan cair. Logam paduan dikelompokkan menjadi 2, yaitu paduan logam berat dan paduan logam ringan. Diantara paduan logam berat yang kita kenal antara lain ; kuningan (loyang), perunggu, paduan nikel, paduan seng dan sebagainya. Sedangkan paduan logam ringan antara lain ; paduan aluminium, paduan magnesium dan paduan titanium. Sifat-sifat logam paduan yaitu :

- 1). Kekerasan dapat ditingkatkan dari kekerasan logam asalnya.
- 2). Kekuatan tarik dapat diperbesar
- 3). Daya pemuaian dapat dikurangkan
- 4). Titik lebur dapat diturunkan atau dinaikkan dibanding logam-logam asalnya.

Tabel 1.1 : Tabel Komoditi Logam

Kode	Nama Komoditi	Nama Komoditi (English)	keterangan
Hg	Air Raksa	Mercury	Logam Dasar
Al	Alumunium	Alumunium	Logam Ringan & Langka
Sb	Antimon	Antimony	Logam Dasar
Ba	Bauksit	Bauxite	Logam Ringan & Langka
Be	Berilium	Berilium	Logam Ringan & Langka
Fe	Besi	Iron	Logam Besi & Paduan Besi
Fe Lat	Besi laterit	Iron Laterit	Logam Besi & Paduan Besi
Bi	Bismut	Bismuth	Logam Dasar

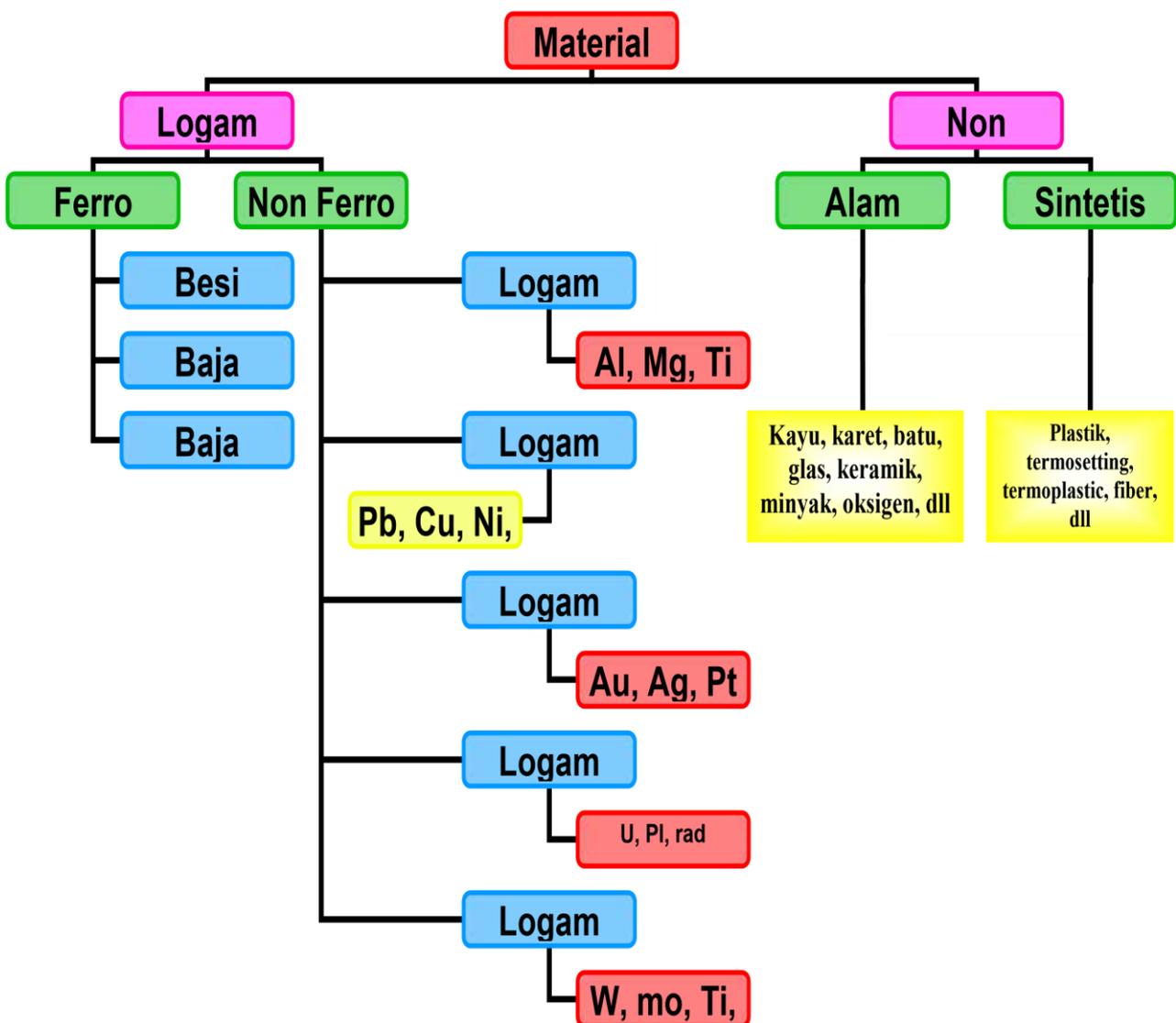
Cd	Kadmium	Kadmium	Logam Ringan & Langka
Pt	Kelompok Platina	Platinum Group	Logam Mulia
Co	Kobal	Cobalt	Logam Besi & Paduan Besi
Cr	Krom	Chromium	Logam Besi & Paduan Besi
Li	Litium	Litium	Logam Ringan & Langka
Re	Logam Tanah Jarang	Nare Earth Element	Logam Ringan & Langka
Ln	Ludium	Ludium	Logam Ringan & Langka
Mg	Magnesium	Magnesium	Logam Ringan & Langka
Mn	Mangan	Manganese	Logam Besi & Paduan Besi
Mo	Molibden	Molybdenum	Logam Besi & Paduan Besi
Ce	Monasit	Monazite	Logam Ringan & Langka
Ni	Nikel	Nickel	Logam Besi & Paduan Besi
Fe Pla	PasirBesi	Ironstone	Logam Besi & Paduan Besi
Ag	Perak	Silver	Logam Mulia
Pt	Platina	Platinum	Logam Mulia
Zn	Seng	Zink	Logam Dasar
Ta-Nb	Tantalum – Niobium	Tantalum – Niobium	Logam Ringan & Langka
Cu	Tembaga	Copper	Logam Dasar
Th	Thorium	Thorium	Logam Ringan & Langka
Sn	Timah Putih	Tin	Logam Dasar
Pb	Timbal	Lead	Logam Dasar
Ti	Titanium	Titanium	Logam Ringan & Langka
Ti La	TitanLaterit	Lateritic Titan	Logam Ringan & Langka
Ti Pla	TitanPlaser	Placer Titan	Logam Ringan & Langka
U	Uranium	Uranium	Logam Ringan & Langka
V	Vanadium	Vanadium	Logam Besi & Paduan Besi
W	Wolfram	Tungsten	Logam Besi & Paduan Besi
Y	Ytrium	Ytrium	Logam Ringan & Langka
Zr	Zirkonium	Zirkonium	Logam Ringan & Langka

1.3. Non Logam

Bahan bukan logam ternyata selalu dibutuhkan, baik dalam teknik bangunan dan mesin, bangunan umum, teknik proses, maupun keperluan lainnya. Bukan logam selain digunakan sebagai bahan pengganti logam untuk beberapa keperluan juga sangat dibutuhkan sebagai bahan utama sesuai dengan kemampuan yang dimiliki dan sifat-sifatnya yang khas untuk berbagai keperluan.

Berbagai bahan bukan logam yang penting untuk bahan teknik antara lain sebagai berikut :

- a. Bahan pelumas : minyak dan gemuk.
- b. Bahan bakar : padat, cair, dan gas.
- c. Bahan paking : perapat cairan dan perapat gas.
- d. Bahan isolasi : isolasi panas, isolasi listrik, dan isolasi getar.
- e. Karet, plastik, termoplastik, termosetting
- f. Keramik dan sebagainya.



Gambar 1.1. Diagram Material Teknik



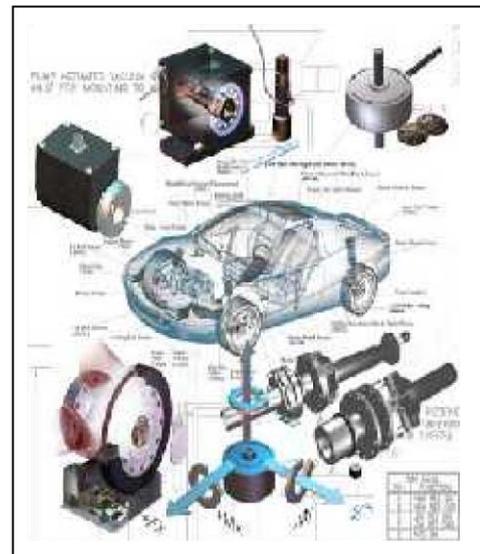
Gambar 1.2 : Material logam



Gambar 1.3 : Material



Gambar 1.4 : Material polimer



Gambar 1.5 : Material komposit

Baja dan Besi sampai saat ini menduduki peringkat pertama logam yang paling banyak penggunaannya, besi dan baja mempunyai kandungan unsur utama yang sama yaitu **Fe**, hanya kadar karbonlah yang membedakan besi dan baja, penggunaan besi dan baja dewasa ini sangat luas mulai dari peralatan yang sepele seperti jarum, peralatan rumah tangga, peralatan kantor, peralatan transportasi sampai dengan alat – alat dan mesin berat.

Besi adalah **logam** yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari dari yang bermanfaat sampai dengan yang merusakkan. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol **Fe** dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Besi ditemukan digunakan pertama kali pada sekitar 1500 SM. Tahun 1100 SM, Bangsa Hittites yang merahasiakan pembuatan tersebut selama 400 tahun dikuasai oleh bangsa Asia Barat, pada tahun tersebut proses peleburan besi mulai diketahui secara luas. Tahun 1000 SM, Bangsa Yunani, Mesir, Jews, Roma, Carhaginians dan Asiria juga mempelajari peleburan dan menggunakan besi dalam kehidupannya. Tahun 800 SM, India berhasil membuat besi setelah di invansi oleh Bangsa Arya. Tahun 700 – 600 SM, Cina belajar membuat besi. Tahun 400 – 500 SM, baja sudah ditemukan penggunaannya di Eropa. Tahun 250 SM Bangsa India menemukan cara membuat baja. Tahun 1000 M, baja dengan campuran unsur lain ditemukan pertama kali pada 1000 M pada Kekaisaran Fatim yang disebut dengan baja Damascus. Tahun 1300 M, rahasia pembuatan baja Damaskus hilang. Tahun 1700 M, baja kembali diteliti penggunaan dan pembuatannya di Eropa. Proses pembuatan baja diperkenalkan oleh Sir Henry Bessemer dari Inggris sekitar tahun 1800, sedang William Kelly dari Amerika pada tahun yang hampir sama menemukan Besi mampu Tempa (malleable iron).

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Unsur karbon inilah yang banyak berperan dalam peningkatan performan. Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dari lunak seperti kawat menjadi keras seperti pisau. Penyebabnya adalah perlakuan panas mengubah struktur mikro besi yang berubah-ubah dari susunan kristal berbentuk kubik berpusat ruang menjadi kubik berpusat sisi atau heksagonal. Dengan perubahan struktur kristal, besi adakalanya memiliki sifat magnetik dan adakalanya tidak. Besi memang bahan bersifat unik.

Bijih besi bertebaran hampir di seluruh permukaan Bumi dalam bentuk oksida besi. Meskipun inti Bumi tersusun dari logam besi dan nikel, oksida besi yang ada di permukaan Bumi tidak berasal darinya, melainkan dari meteor yang jatuh ke Bumi.

Di Australia, Brasil, dan Kanada, ditemukan bongkahan bijih besi berketebalan beberapa puluh meter dan mengandung 65 persen besi. Besi adalah unsur yang sangat stabil dan merupakan unsur terbanyak ke delapan di Jagat Raya setelah silikon. Pada lapisan kulit Bumi, besi merupakan unsur logam terbanyak ketiga setelah silikon dan aluminium.

Hampir lebih dari 70 abad lalu, 5.000 tahun Sebelum Masehi dari peninggalan di Mesopotania, Iran, dan Mesir diketahui bahwa manusia telah menguasai teknologi pembuatan peralatan dari besi baja untuk berburu. Suku Hatti dan Hittite 2.500-1.500 tahun Sebelum Masehi di daerah Anatria dan Armenia telah berhasil membuat pedang besi berukuran besar dan baju besi dengan proses semi lebur.

1.5. Baja di Indonesia

Menurut penelitian jumlah konsumsi baja suatu bangsa dapat dijadikan indikator tingkat kemajuan dan kesejahteraan bangsa. Negara-negara maju umumnya mengonsumsi 700 kilogram baja per jiwa per tahun. Masyarakat Indonesia baru mengonsumsi 20 kilogram per jiwa. Ini berarti baja masih belum dirasakan keberadaannya oleh masyarakat Indonesia.

Baja dengan nilai ekonomi tinggi dan berfungsi vital masih belum mendapat perhatian dengan baik oleh pemerintah. Maka, daya dukung baja terhadap kinerja dan performan proses produksi sangat lemah. Dampaknya, produk-produk Indonesia belum bisa berkompetisi dengan produk dari negara lain baik dalam jumlah produksi, kualitas, dan ketepatan waktu penyebarannya. Indonesia yang dikenal kaya sumber daya alam harus mengimpor 100 persen bahan baku baja (pellet) dan 60-70 persen scrap baja untuk keperluan industri bajanya. Ini masih ditambah teknologi pengolahan baja yang tidak efisien karena menggunakan sumber energi gas yang semakin meningkat harganya serta teknologi yang masih tergantung kepada negara pemberi lisensinya.

Dari hasil survei, diketahui bahwa cadangan bijih besi di Indonesia berjumlah cukup besar dan tersebar di beberapa pulau, seperti Jawa, Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, dan Irian Jaya dengan total melebihi 1.300 juta ton, meskipun dengan kadar kandungan besi yang masih rendah antara 35-58 persen Fe. Sementara itu, bahan pendukung, seperti batu bara dan kapur, juga melimpah di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Cadangan ini dapat memenuhi konsumsi besi baja dalam negeri sekitar 2,5 ton per jiwa. Berarti Indonesia punya modal menjadi masyarakat berbasis industri.

Permasalahannya hanyalah bagaimana menciptakan teknologi peleburan bijih besi yang sedikit lebih rendah kadar besinya. Pemerintah harus segera membentuk tim khusus pengembangan teknologinya. Kalau Jepang yang di

masa Perang Dunia II tak punya bijih besi kini mampu berkembang, Indonesia tentu bisa lebih baik.

Dewasa ini, pengembangan teknologi manufaktur besi baja sudah sangat berkembang di beberapa negara maju, tinggal bagaimana mentransfer teknologi tersebut dan diterapkan di Indonesia.

1.6. Baja di Masa Depan

Dengan peningkatan performan besi baja, muncul harapan baru di bidang perindustrian, seperti memungkinkan pengurangan bahan baja, sehingga produk menjadi lebih ringan dan kompak, menghemat energi karena pengurangan beban pada penggunaannya, dan ramah lingkungan karena mengurangi eksploitasi sumber daya alam.

Desain kerangka mobil masa depan, misalnya, hanya memerlukan setengah bahan baja. Beban daya yang diperlukan untuk menggerakkan mobil itu jadi relatif lebih ringan sehingga efisiensi dan performan mobil juga meningkat. Mungkin di masa datang, berat mobil hanya ratusan kilogram saja, namun dapat digunakan dengan beban seperti sekarang.

Hal ini juga memungkinkan mengakselerasi pengembangan teknologi ruang angkasa, karena peningkatan performan pesawat ulang-alik atau roket dan sebagainya. Khususnya akhir-akhir ini, dengan "teknologi nano", sifat-sifat baja dapat dikontrol dan disesuaikan dengan kebutuhan bahan yang diperlukan dalam proses produksi. Jika rekayasa "teknologi nano" berhasil, dapat dibayangkan berapa juta ton bijih besi (separuh dari eksploitasi sekarang) dapat dihemat.

Indonesia yang kaya akan bijih besi dan bahan pendukung proses pembuatan baja harus mampu bangkit dan mandiri dalam memenuhi kebutuhan industri perbajaannya. Pemerintah, perusahaan, dan para pakar terkait harus bisa merumuskan sebuah strategi dalam penguasaan teknologi baja guna menyongsong masyarakat Indonesia berbasis industri.

Bab 2.

Proses Pembuatan Besi dan Baja

2.1. Bijih-Bijih Besi (Iron Ores)

Didalam perut bumi mengandung zat-zat yang berguna untuk keperluan hidup kita sehari-hari, misalnya minyak tanah, bensin, solar dan lain-lainnya yang disebut minyak bumi. Disamping itu juga terdapat unsur-unsur kimia yang berguna bagi manusia seperti bijih besi, nikel, tembaga, uranium, titanium, timah dan masih banyak lagi, beserta mineral dan batu-batuan. Salah satu zat yang terdapat di dalam bumi yang sangat berguna bagi manusia ialah air dengan rumus kimianya H₂O, sebab tanpa air manusia sukar sekali mempertahankan kehidupannya.

Mineral adalah suatu bahan yang banyak terdapat di dalam bumi, yang mempunyai bentuk dan ciri-ciri khusus serta mempunyai susunan kimia yang tetap. Sedangkan **batu-batuan** merupakan gabungan antara dua **macam** atau lebih mineral-mineral dan tidak mempunyai susunan kimia yang tetap. **Bijih** ialah mineral atau batu-batuan yang mengandung satu **macam** atau beberapa **macam** logam dalam prosentase yang cukup banyak dijadikan bahan tambang. Banyaknya logam yang terkandung dalam bijih itu berbeda-beda.

Logam dalam keadaan murni jarang sekali terdapat di dalam bumi, kebanyakan merupakan senyawa-senyawa oksida, sulfida, karbonat, dan sulfat yang merupakan bijih logam yang perlu diproses menjadi bahan logam yang bermanfaat bagi manusia.

Bijih besi adalah suatu zat mineral yang mengandung cukup kadar besi untuk dileburkan, yaitu kira-kira 20 %. Komposisi dan bentuk bijih-bijih besi itu berbeda-beda antara sumber yang satu dengan yang lainnya, ada yang berupa karang yang keras sekali, ada yang berupa butiran-butiran kecil dan juga yang

berupa tanah yang gembur dan dengan warna yang bervariasi dari hitam sampai merah bata.

Besi merupakan suatu komposisi kimia (biasanya suatu oksida) dan diketahui bahwa pada umumnya kebanyakan mengandung bahan oksida besi magnetite, hematite dan limonite.

- Bijih besi *magnetite*

Bijih besi Magnetite mempunyai sifat magnet kuat, sehingga proses benefisiasinya menggunakan magnetic separator. *Magnetite* adalah *ferrosoferie oxide* ($Fe_3 O_4$), kandungan besinya sekitar 65 %. warnanya hitam, padat dan bermagnet kuat yang banyak ditemukan di Swedia, Rusia, Amerika Serikat dan Kanada.

- Bijih besi hematite

Bijih besi Hematite adalah Ferrie oxide ($Fe_2 O_3$), mengandung sekitar 60 – 75 % besi, warnanya merah coklat, dengan kadar kadar belerang dan phospornya yang rendah. *Hematite* banyak ditemukan dimana-mana dan sumber yang paling banyak terdapat di Australia, India dan Brasil.

- Bijih besi limonite

Limonite adalah bijih besi yang kandungan besinya sedikit, sekitar 20 %, karena mengandung air kristal. *Lemonite* adalah oksida besi hidrat (*hydrated iron oxide*) ditemukan di Eropah dan UK.

2.2. Bahan Bakar (Kokas)

Bahan bakar yang dapat digunakan dalam proses peleburan bijih besi yaitu arang kayu, antrasit dan kokas. Kokas merupakan bahan bakar yang paling banyak digunakan dalam proses peleburan bijih besi, karena mempunyai kelebihan antara lain ; nilai kalorinya tinggi sekitar 8.000 kal/kg, bersifat keras, berukuran besar dan berpori. Sifat berporinya akan mempermudah lewatnya gas melalui tanur, hal ini bisa dibuat dengan jalan memanggang kokas yang telah dipilih lebih dulu, dalam pemanas yang besar dan tertutup rapat. Zat-zat kimia yang mudah menguap akan keluar dari kokas, dan setelah dibersihkan akan bisa digunakan sebagai bahan bakar di pabrik yang lain. Kokas diperoleh

dengan cara pembakaran batubara secara tidak sempurna di dalam dapur kokas. Kokas mempunyai tiga peranan pada tanur tinggi yaitu :

1. Sebagai bahan bakar
2. Sebagai sumber gas monoksida (CO)
3. Sebagai suatu bahan penahan beban tanpa terjadi penyumbatan.

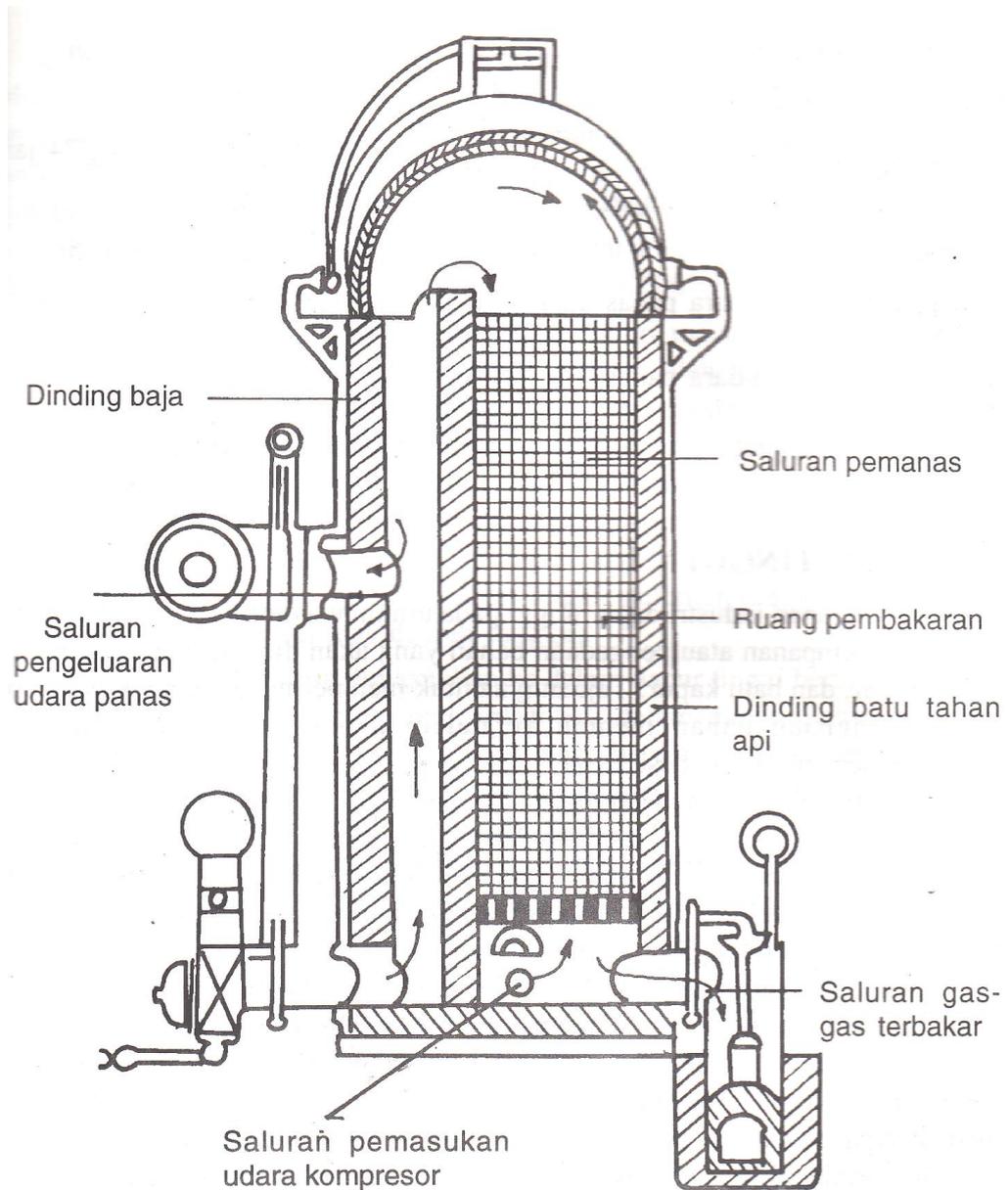
2.3. Batu Kapur (Limestone)

Batu kapur (Ca O) dibutuhkan sebagai bahan pengikat atau bahan tambah yang akan bersatu dengan bahan-bahan pengotor atau unsur lain yang tidak diinginkan tercampur dalam larutan besi kasar. Dalam prproses dapur tinggi batu kapur berguna sebagai bahan pengikat kotoran, melindungi besi dari oksidasi serta mengambil atau mereduksi unsur fosfor dan sulfur dari cairan besi kasar cair. Bahan-bahan tersebut akan bersatu dan membentuk terak yang terpisah dari besi kasar.

2.4. Udara Panas

udara panas yang dimasukkan ke dalam dapur tinggi digunakan untuk membakar kokas sehingga menghasilkan gas panas bertemperatur tinggi dan karbon monoksida (gas CO). Gas panas digunakan untuk melebur bijih besi dan mereduksi unsur-unsur yang terdapat di dalam bijih besi yang telah mencair.

Udara panas diperoleh dengan memanaskan udara dingin di dalam dapur Cowper. Dapur tersebut menghasilkan udara panas dengan temperatur sekitar 800-900 °C . setelah itu udara panas langsung dimasukkan ke dalam dapur tinggi. Pemakaian udara panas di dalam dapur tinggi untuk mempercepat proses reduksi dan menghemat bahan bakar.



Gambar 2.1: Dapur Cowper

2.5. Dapur Tinggi

Pembangunan industri dapur tinggi pada umumnya diusahakan dekat daerah penyimpanan atau pengadaan bahan yang akan diolah, seperti bijih besi, bahan bakar, dan batu kapur. Tujuannya untuk mempermudah dan mempercepat

proses pengisian bahan mentah ke dalam dapur tinggi sehingga memperlancar produksi besi kasar.

Dapur tinggi terdiri dari kerangka baja yang berdiri tegak lurus dan bentuk silinder. Dapur itu mempunyai tinggi sekitar 30 meter dan diameter sekitar 6 meter. Pada bagian dalam dapur disediakan batu tahan api dan dilengkapi dengan alat pemasukan bahan-bahan pada bagian atas, sedangkan pada bawah terdapat tempat pengumpulan besi dan terak cair.

Sistem pemasukan bahan adalah dengan sistem berputar sehingga bahan-bahan dapat tersusun mengelilingi bagian dalam dapur. Dapur itu juga dilengkapi dengan pipa hembus yang berguna untuk menyalurkan udara panas ke dalam dapur. Setiap dapur dilengkapi dengan 12 buah pipa embus yang dihubungkan dengan pipa induk.

Di samping itu, setiap dapur dilengkapi dengan kaca tembus berukuran kecil yang digunakan untuk memeriksa bagian dalam dapur sewaktu proses pengolahan berlangsung. Dengan demikian, proses reduksi yang terjadi di dalam dapur dapat dinilai dari luar dan penyesuaian kondisi besi cair dapat dilakukan dengan baik.

Bahan-bahan mentah yang dimasukkan ke dalam dapur terlebih dahulu ditimbang perbandingannya. Setelah itu dibawa dengan kereta ke bagian atas dapur dan langsung ditumpahkan secara otomatis ke dalam dapur melalui lubang pemasukan bahan. Pada waktu proses pengolahan berlangsung, bagian atas dapur ditutup rapat sehingga tidak dapat dilalui gas atau udara.

Udara panas yang dimasukkan ke dalam dapur akan membakar sebagian bahan bakar kokas yang terletak di bagian bawah dapur. Pembakaran ini menghasilkan panas tinggi dan gas karbon monoksida. Gas karbon monoksida menguap ke puncak dapur sambil mereduksi oksida besi yang terdapat dalam bijih besi. Oksida besi yang dihasilkan tetap dalam keadaan padat atau belum cair karena temperatur dapur dalam keadaan padat atau belum cair hanya sekitar 600 °C sedangkan titik cair besi sekitar 1.500 - 1.600 °C.

Pada waktu dapur mencapai temperatur tinggi maka akan terjadi proses peleburan bijih besi dan penyerapan unsur karbon oleh besi cair, sehingga akan dihasilkan suatu besi cair yang terdiri dari campuran besi dan karbon (Fe-C). Temperatur pencairan di dalam dapur akan turun dengan bertambahnya unsur karbon yang bercampur di dalam besi cair dan sebagian besi cair akan turun ke bawah dapur. Saat itulah terjadi penyerapan unsur karbon berupa karbon monoksida yang sedang naik ke atas dapur. Besi karbon akan cair pada temperatur sekitar 1.200 °C sehingga bijih besi akan terjadi pelumeran sewaktu berada di bagian bawah kerucut (di atas daerah tungku).

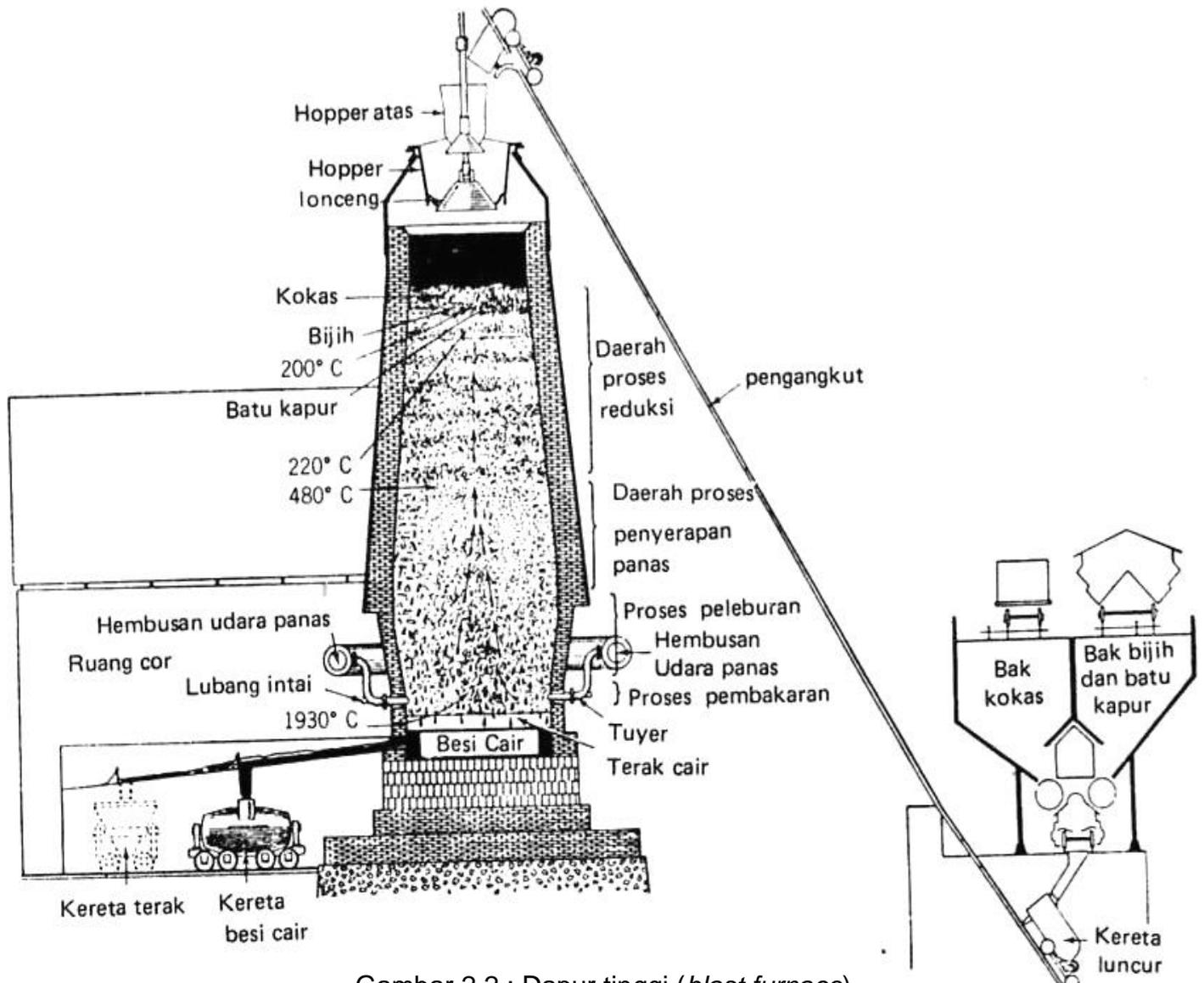
Batu kapur (CaO) yang dimasukkan ke dalam dapur tinggi berubah menjadi kapur tohor akibat gas panas yang terdapat di dalam dapur. Sewaktu terjadi proses reduksi di dalam dapur, kapur akan mengikat kotoran-kotoran dan unsur-unsur mineral yang tidak diperlukan dalam pengendapan besi kasar. Bahan-bahan yang diikat oleh kapur akan menjadi terak cair. Terak cair yang telah terbentuk turun ke bawah dapur (bagian tungku) bersama dengan besi cair, terak cair akan mengapung di atas cairan besi. Terak yang telah dikeluarkan dari dalam dapur dapat digunakan sebagai jalan lintas kereta api, jalan raya, bahan pembungkus, dan sebagainya.

Proses peleburan bijih besi digunakan untuk mengubah bijih besi menjadi besi kasar yang terjadi dengan cara reduksi kimia. Ada dua proses reduksi kimia yang terjadi di dalam dapur yaitu reduksi tidak langsung oleh CO dan reduksi langsung oleh C. Jadi, reduksi kimia yang terjadi di dalam dapur adalah untuk mereduksi oksida besi, fosfor, sulfur, dan mangan yang bercampur dalam bijih besi.

Saat berlangsungnya proses reduksi, juga dapat dilakukan pengontrolan kemurnian besi kasar cair dari unsur campuran yang tidak diperlukan dalam pembentukan besi kasar. Unsur campuran tidak mudah dipisahkan dari dalam besi. Melalui proses peleburan, unsur campuran tersebut dapat dipisahkan dan dibentuk menjadi terak.

Logam campuran besi karbon yang dihasilkan dapur tinggi disebut besi kasar atau logam dapur tinggi. Besi kasar cair setelah dikeluarkan dari dapur tinggi

dipindahkan ke lokasi pembuatan besi tuang, besi tempa, dan baja. Konstruksi dapur tinggi sebagaimana gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Dapur tinggi (*blast furnace*)

2.6. Hasil Dapur Tinggi

Hasil dapur tinggi yang utama yaitu terak, besi kasar, gas dapur tinggi dan bahan buangan (debu). Gas yang dihasilkan dari dalam dapur tinggi adalah gas CO, sebagian digunakan untuk memproses reduksi bijih besi dan sebagian lagi dikeluarkan. Gas yang dikeluarkan dari dalam dapur mempunyai susunan sebagai berikut :

- karbon dioksida (CO_2) sekitar 8 – 12 %,
- karbon monoksida + karbon dioksida ($\text{CO} + \text{CO}_2$) sekitar 39 – 40 %,
- zat lemas (N_2) sekitar 57 – 58 %,
- zat air (H_2O) sekitar 7,5 – 37 %.

Debu yang dihasilkan dari dalam dapur masih mengandung oksida besi. Debu tersebut setelah diproses dapat dimasukkan kembali ke dalam dapur tinggi dalam persentase yang terbatas.

a. Terak

Terak yang dihasilkan dari dapur tinggi mempunyai volume kira-kira 3 kali dari volume besi kasar. Dapur tinggi yang melakukan proses reduksi dengan sempurna akan menghasilkan terak yang berwarna putih (putih keabu-abuan) atau mendekati warna hijau. Apabila hasil terak dengan besi sama banyaknya maka terak berwarna hitam menandakan terak mengandung besi. Terak dapat diproses lebih lanjut untuk dijadikan bahan-bahan sebagai berikut :

- Pupuk fosfat dari terak yang mengandung fosfor (Ca_2PO_4).
- Batu tegel yang kualitasnya hampir sama dengan batu alam.
- Tenunan wol yang dipakai sebagai bahan penutup mesin.
- Bendungan air.
- Terak cair yang baru keluar dari dalam dapur tinggi disemprot dengan air akan menjadi pasir terak. Pasir terak dapat dicampur dengan aspal untuk mengeraskan jalan raya untuk kendaraan ringan. Pasir terak yang digiling halus dan dicampur dengan semen dapat digunakan untuk bangunan beton yang bermuatan statis.

b. Besi Kasar

Besi kasar adalah logam campuran besi dan karbon yang mengandung unsur- unsur campuran lainnya di atas 10 %. Besi tersebut dapat dikatakan logam mumi dari besi tuang, yang mempunyai komposisi sebagai berikut.

Unsur Karbon (C)

Unsur karbon yang bercampur di dalam besi kasar sekitar 3 – 4 %. Unsur karbon yang bercampur di dalam besi akan membentuk sementit (Fe_3C), sedangkan beberapa logam lainnya bercampur dalam bentuk karbon bebas yang membentuk grafit. Proporsi campuran karbon bebas tergantung pada kecepatan pendinginan dan campuran beberapa unsur lainnya. Pendinginan akan berlangsung cepat dengan unsur campuran sulfur, cara ini akan menjaga pencampuran karbon di dalam besi. Sementara itu dengan unsur campuran silikon, cenderung untuk menghasilkan besi yang mengandung karbon bebas. Pada umumnya besi kasar mengandung paduan karbon sekitar 0,1 – 3 % dengan karbon bebas lebih dari 2,7 %.

Unsur Logam Lainnya

Penggolongan kelas besi kasar berdasarkan pada sifat kemurniannya, karena hal itu akan berpengaruh terhadap sifat logam yang dihasilkan dan mempengaruhi pemilihan sistem pengolahan selanjutnya. Kecuali unsur fosfor, jumlah relatif dari unsur campuran lainnya dapat dikontrol sewaktu masih di dalam dapur tinggi. Adapun persentase unsur-unsur campuran logam lainnya yaitu sebagai berikut :

- unsur silikon (Si) sekitar 0,4 – 2,5 %,
- unsur sulfur (S) sekitar 0,02 – 0,2 %,
- unsur fosfor (P) sekitar 0,04 – 2,5 %
- unsur mangan (Mn) sekitar 0,4 – 2,7 %

Sisa dari persentase unsur campuran karbon dan unsur campuran logam lainnya di dalam besi kasar adalah unsur besi (Fe).

Ada dua macam besi kasar yang dihasilkan oleh dapur tinggi, yaitu besi kasar kelabu dan besi kasar putih.

1. Besi kasar kelabu (*kishy pig iron*)

Nama besi kasar kelabu ini diambil berdasarkan warna bidang patahnya, yang berwarna kelabu muda sampai tua hampir hitam. Besi kasar kelabu lebih halus dan lebih liat dibandingkan dengan besi kasar putih. Titik cairnya $\pm 1.300\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan massa jenisnya $7-7,2\text{ kg/dm}^3$. Besi kasar kelabu ada 2 jenis yaitu :

a. Besi kasar kelabu muda

Besi kasar ini mengandung silisium $\frac{1}{2} - 1\%$, butir-butirnya halus dan baik untuk silinder mesin.

b. Besi kasar kelabu tua

Besi kasar ini mempunyai sifat ; mudah dituang, butir-butirannya kasar dan tahan terhadap tekanan tinggi.

2. Besi kasar putih (*forge pig iron*)

Nama besi kasar putih ini juga didapat dari warna bidang patahnya yaitu putih. Pada besi ini zaty arangnya sebagian besar berbentuk karbit besi, sehingga sifatnya keras dan getas. Titik cairnya $\pm 1.100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kadar karbonya $2,3 - 3,5\%$, kadar mangannya agak besar. Besi kasar ini paling baik digunakan untuk baja. Massa jenisnya $7,58 - 7,73\text{ kg/dm}^3$.

2.7. Pembuatan Baja

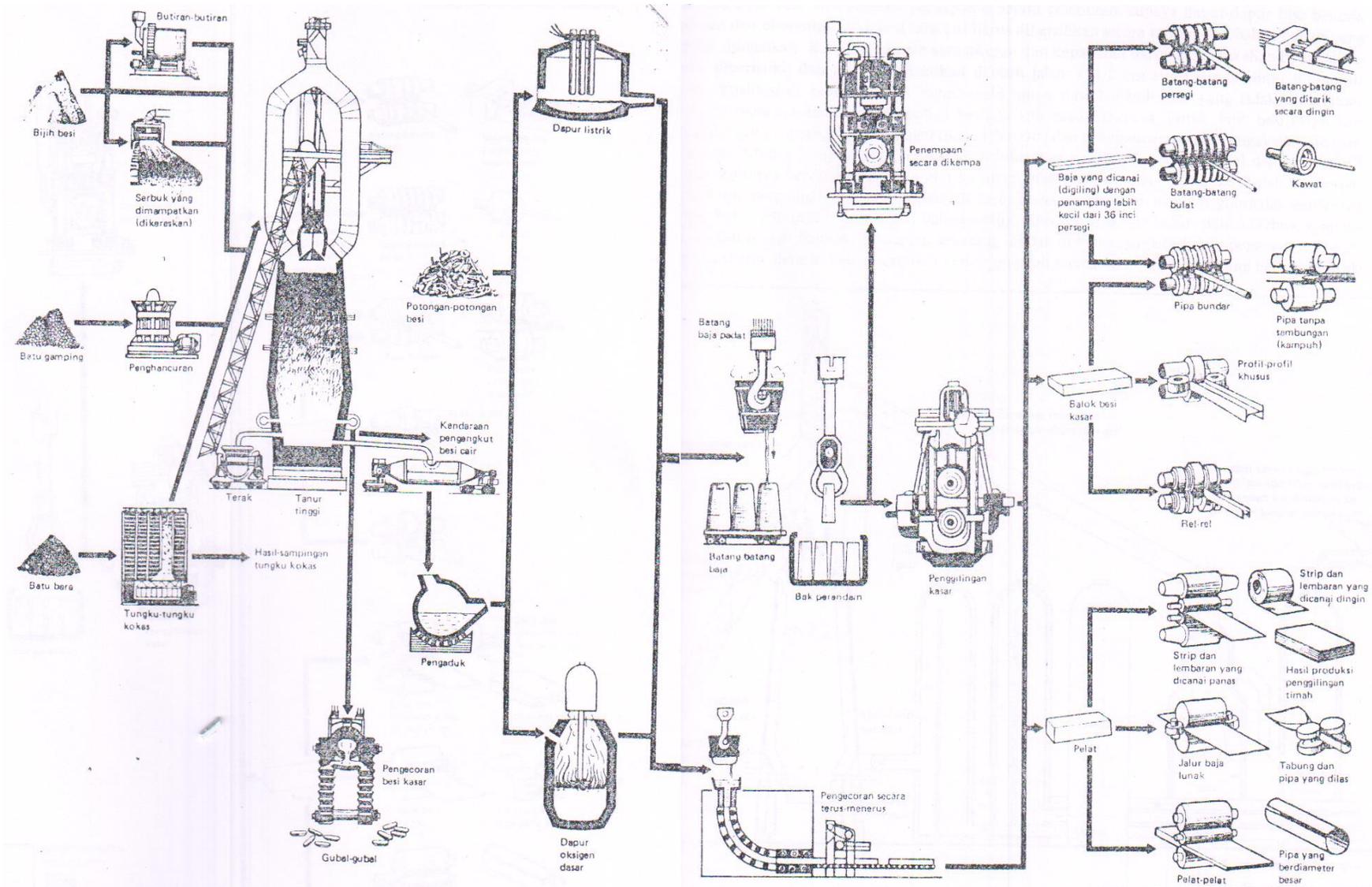
Besi kasar diproduksi dengan menggunakan blast furnace (dapur tinggi) yang berisi kokas pada lapisan paling bawah, kemudian batu kapur dan bijih besi. Kokas terbakar dan menghasilkan gas CO yang naik ke atas sambil mereduksi oksida besi. Besi yang telah tereduksi melebur dan terkumpul di bawah tanur menjadi besi kasar yang biasanya mengandung C, Si, Mn, P, dan S.

Kemudian leburan besi dipindahkan ke tungku lain (converter) dan diembuskan gas oksigen untuk mengurangi kandungan karbon. Dengan cara ini

dapat diproses besi kasar menjadi baja sebanyak kurang lebih 300 ton dalam waktu 15-20 menit.

Untuk menghilangkan kembali kandungan oksigen dalam baja cair, ditambahkan Al, Si, dan Mn. Proses ini disebut dioksidasi. Setelah dioksidasi, baja cair dialirkan dalam mesin cetakan kontinu berupa slab atau dicor dalam cetakan berupa ingot. Slab dan ingot itu diproses dengan penempaan panas, rolling panas, penempaan dingin, perlakuan panas, pengerasan permukaan dan lain-lain untuk dibentuk menjadi sebuah produk atau kerangka dasar dari sebuah produk.

Baja diproduksi didalam dapur pengolahan baja dari besi kasar baik padat maupun cair, besi bekas (*scrap*) dan beberapa paduan logam. Ada beberapa proses pembuatan baja antara lain : proses Konverter, proses Bessemer, proses Thomas, proses Siemens Martin, Dapur Induksi Listrik, tungku Krusibel, dapur Kupola dan sebagainya. Diagram alir proses pembuatan besi dan baja sebagaimana digambarkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Diagram alir proses pembuatan besi dan baja

2.8. Dapur / Tungku Pengolah Baja

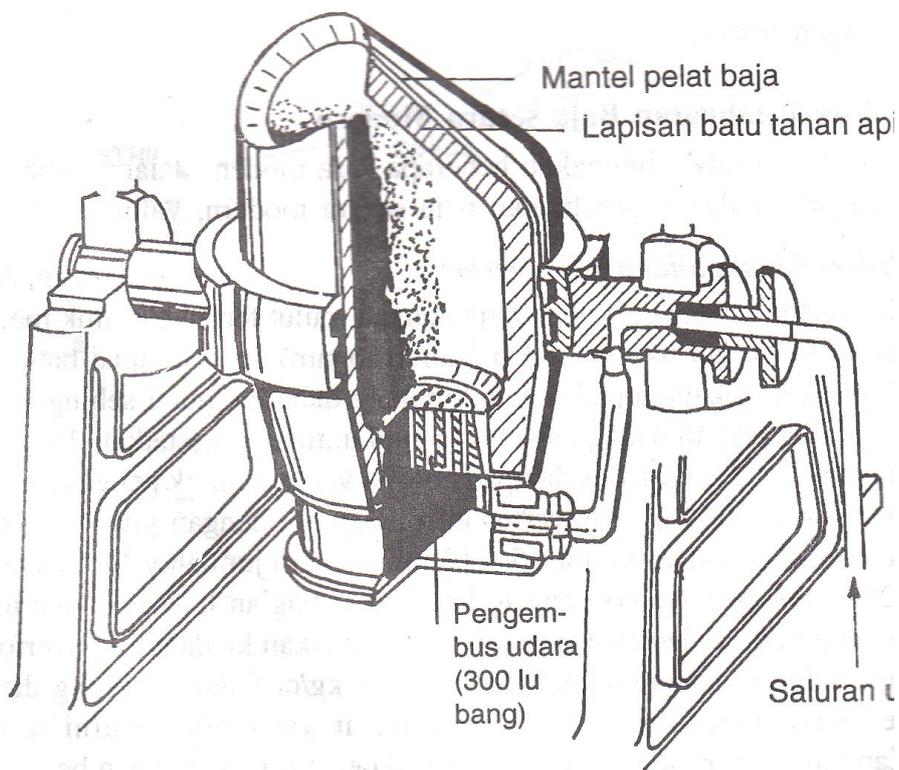
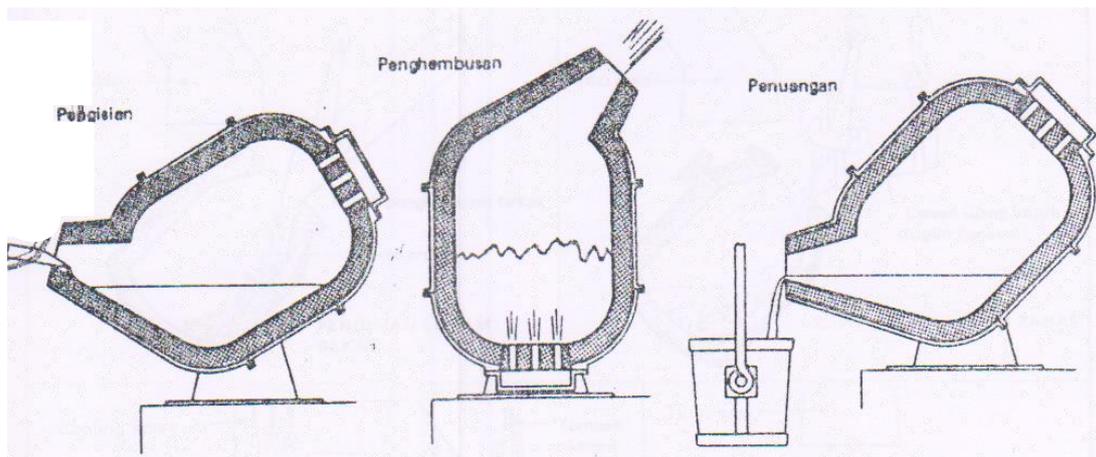
2.8.1. Proses Konvertor

Konvertor terbuat dari pelat baja dengan mulut terbuka (untuk memasukkan bahan baku dan mengeluarkan cairan logam) serta dilapisi batu tahan api. Konvertor diikatkan pada suatu tap yang dapat berputar sehingga konvertor dapat digerakkan pada posisi horizontal untuk memasukkan dan mengeluarkan bahan yang diproses dan pada posisi vertikal untuk pengembusan elama proses berlangsung. Konvertor ini dilengkapi dengan pipa yang berlubang kecil (diameternya sekitar 15 - 17 mm) dalam jumlah yang banyak (sekitar 120 - 150 buah pipa) yang terletak pada bagian bawah konvertor.

Sewaktu proses berlangsung udara diembuskan ke dalam konvertor melalui pipa saluran dengan tekanan sekitar $1,4 \text{ kg/cm}^2$ dan langsung dihembuskan ke cairan untuk mengoksidasikan unsur yang tidak murni dan karbon. Kandungan karbon terakhir dioksidasi dengan penambahan besi kasar yang kaya akan mangan, seterusnya baja cair dituangkan ke dalam panci-panci dan dipadatkan menjadi batang-batang cetakan. Kapasitas konvertor sekitar 25 - 60 ton dan setiap proses memerlukan waktu sekitar 25 menit. Proses pembuatan baja yang menggunakan konvertor adalah proses Bessemer, proses Thomas dan proses Siemens Martin.

Sistem kerja konvertor sebagai berikut :

- Dipanaskan dengan kokas sampai $\pm 1500 \text{ }^\circ\text{C}$,
- Dimiringkan untuk memasukkan bahan baku baja. ($\pm 1/8$ dari volume konvertor)
- Kembali ditegakkan.
- Udara dengan tekanan 1,5 – 2 atm dihembuskan dari kompresor.
- Setelah 20-25 menit konvertor dijungkirkan untuk mengeluarkan hasilnya.



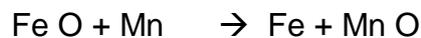
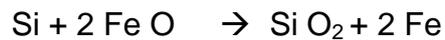
Gambar 2.4 : Konvertor Bessemer

a. Proses Bassemer (Asam)

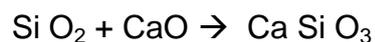
Proses Bessemer adalah suatu proses pembuatan baja yang dilakukan di dalam konvertor yang mempunyai lapisan batu tahan api dari kuarsa asam atau oksida asam (SiO_2), sehingga proses ini disebut "Proses Asam". Besi kasar yang diolah dalam konvertor ini adalah besi kasar kelabu (cair)

yang kaya akan unsur silikon dan rendah fosfor (kandungan fosfor maksimal 0,1 %). Besi kasar yang mengandung fosfor rendah diambil karena unsure fosfor tidak dapat direduksi dari dalam besi kasar apabila tidak diikat dengan batu kapur. Disamping itu fosfor dapat bereaksi dengan lapisan dapur yang terbuat dari kuarsa asam, reaksi ini membahayakan atau menghabiskan lapisan konverter. Oleh karena itu sangat menguntungkan apabila besi kasar yang diolah dalam proses ini adalah besi kasar kelabu yang mengandung silikon sekitar 1,5 – 2 %.

Besi kasar untuk mereduksi baja cair, dengan reaksi sebagai berikut :



Kelemahan proses ini adalah kadar posfor tidak dapat dihilangkan, sebab posfor tidak dapat menjadi terak bila tidak diikat dengan batu kapur (Ca O), kemudian bila ditambahkan batu kapur, lapisan batu tahan api (SiO₂) akan bereaksi dengan batu kapur. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dalam proses ini bahan baku dimasukkan dan diikeluarkan sewaktu konverter dalam posisi horizontal (kemiringannya sekitar 30°). Sementara itu, udara dihermbuskan dalam posisi vertikal atau disebut juga kedudukan proses. Dalam konverter, yang pertama terjadi adalah proses oksidasi unsur silikon yang menghasilkan oksida silikon. Kemudian diikuti oleh proses oksidasi unsur fosfor dan mangan yang menghasilkan oksidasi posfor dan oksida mangan, ditandai dengan adanya bunga api yang berwarna kehijau-hijauan. Proses oksidasi yang terakhir adalah mengoksidasi karbon. Proses ini berlangsung disertai dengan suara gemuruh dan nyala api berwarna putih dengan panjang sekitar 2 meter, kemudian nyala api mengecil. Sebelum nyala api padam ditambahkan besi kasar yang banyak mengandung mangan, kemudian baja cair dituangkan ke dalam pan-ci tuangan dan dipadatkan dalam bentuk batang-batang baja.

b. Proses Thomas (Basa)

Proses Thomas adalah suatu proses pembuaian baja yang dilakukan di dalam konverter yang bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api basa dari bahan karbonat kalsium dan magnesium karbonat ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) yang disebut *dolomit*. Proses ini disebut juga proses basa karena lapisan konverter terbuat dari dolomit dan hanya mengolah besi kasar putih yang kaya dengan fosfor (sekitar 1,7 – 2 %), mangan (1-2 %) dan mengandung unsur silikon rendah (sekitar 0,6 - 0,8 %). Proses ini makin baik hasilnya apabila besi kasar yang diolah mengandung unsur silikon yang sangat rendah.

Dalam proses ini udara dihembuskan ke cairan besi kasar di dalam konverter melalui pipa saluran udara, sehingga terjadi proses oksidasi di dalam cairan terhadap unsur-unsur campuran. Pertama kali unsur yang dioksidasi adalah silikon (Si), kemudian mangan (Mn), dan fosfor (P). Setelah oksidasi unsur fosfor (P_2O_5), terjadi cepat sekali, sekitar 3 - 5 menit dan proses oksidasi yang terakhir adalah unsur karbon disertai suara gemuruh dan nyala api yang tinggi. Apabila nyala api sudah mengecil dan kemudian padam berarti proses oksidasi telah selesai.

Proses oksidasi yang terjadi pada unsur-unsur di dalam besi kasar menghasilkan oksida yang akan dijadikan terak dengan jalan menambahkan batu kapur ke dalam konverter. Selanjutnya terak cair dikeluarkan dari dalam konverter, diikuti dengan penuangan baja cair ke dalam panci-panci tuangan kemudian dipadatkan menjadi batangan baja. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Kejelakan proses ini tidak dapat digunakan untuk mengerjakan besi kasar yang kaya silisium, karenanya sebagai bahan digunakan besi kasar putih.

c. Proses Siemens Martin

Proses tungku terbuka disebut juga proses Siemens Martin, yang disesuaikan dengan nama ahli penemunya yaitu Pierre Siemens Martin tahun 1865. Proses ini digunakan untuk mengolah besi/baja rongsokan untuk menghasilkan baja yang mengandung karbon sedang dan rendah dengan cara proses asam atau basa, sesuai dengan sifat lapisan dapurnya.

Proses ini berlangsung di dalam dapur tungku terbuka atau dapur Siemens Martin yang mempunyai kapasitas 150 - 300 ton, bahan bakarnya gas yang dihasilkan dengan pembakaran kokas di atas tungku atau bahan bakar minyak. Dapur ini menggunakan prinsip regenerator (hubungan balik) dan tungku pemanas dapat mencapai temperatur sekitar 1.800 °C, tungku pemanas ini bisa mencapai temperatur tinggi apabila diperlukan, dan pada waktu yang sama menghemat bahan bakar. Fungsi dari regenerator adalah :

- a. memanaskan gas dan udara atau menambah temperatur dapur
- b. sebagai fundamen/ landasan dapur
- c. menghemat pemakaian tempat

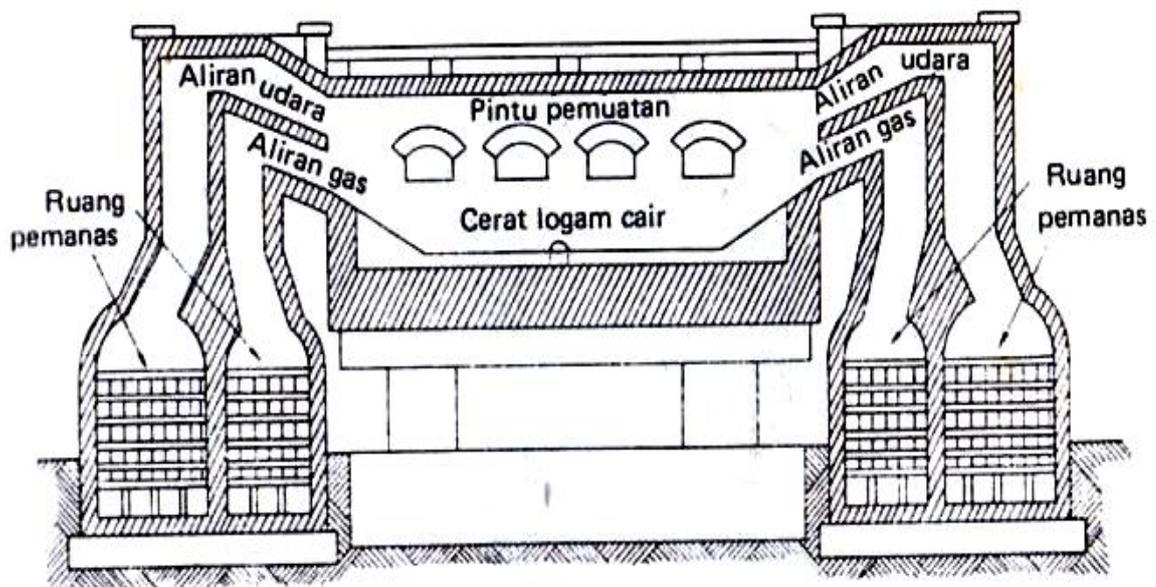
Pada proses ini bisa digunakan baik besi kelabu maupun putih , yaitu dengan cara :

- besi kelabu dinding dalamnya dilapisi batu silika (SiO_2),
- besi putih dilapisi dengan batu dolomit (40 % MgCO_3 + 60 % CaCO_3)

Dalam proses ini dapur diisi dengan besi kasar dan baja bekas, kemudian dicairkan sehingga beberapa unsur campuran terbentuk menjadi terak di atas permukaan cairan besi, tambahkan bijih besi atau serbuk besi yang berguna untuk mereduksi karbon, maka lubang pengeluaran dapur dibuka dan cairan dituangkan ke dalam panci-panci tuangan. Baja cair meninggalkan dapur sebelum terak cair dan beberapa terak dapat dicegah meninggalkan dapur sampai seluruh baja cair dikeluarkan, kemungkinan terak ikut tertuang ke dalam panci yang mengapung di atas baja cair sehingga perlu dikeluarkan dan dituangkan ke dalam panci yang berukuran kecil.

Baja cair yang telah penuh di dalam panci dituangkan ke dalam cetakan melalui bagian bawah cetakan, sehingga terak tetap di dalam panci dan terakhir dikeluarkan. Selain itu, dapat pula dipisahkan dengan cara menuangnya ke dalam cetakan yang lebih kecil.

Setiap melakukan proses pemurnian besi kasar dan bahan tambahan lainnya berlangsung selama 12 jam, kemudian diambil sejumlah baja cair sebagai contoh untuk dianalisis komposisinya. Sementara itu, terak yang dihasilkan dari proses basa digunakan sebagai pupuk buatan.



Gambar 2.5 : Dapur Siemens Martin

2.8.2. Dapur Oksigen Dasar (Basic Oxygen Furnace / BOF)

Proses ini merupakan suatu pengembangan dari tanur hembus udara, tapi oleh karena udara dihembuskan ke dalam logam melalui dasar dari konverter Bessemer, pada proses ini oksigen murni dihembuskan ke dalam dari sebelah atas. Dengan meluasnya proses-proses oksigen, maka memungkinkan untuk memasukkan oksigen murni ke dalam muatan. Walaupun udara itu membakar segala bahan kotoran secara efektif, maka nitrogennya akan terserap dan menyebabkan kerapuhan. Hal ini tidak akan terjadi dengan gas oksigen.

Keuntungan dari proses oksigen dasar ini adalah mampu mengatasi perbedaan-perbedaan komposisi daripada besi. Ini akan mengolah logam-logam panas mengandung 0,2-2,0 % silicon, 0,4- 2,5 % mangan dan 0,3-0,4 % fosfor dengan satu terak. bila terak basa kedua terjadi, maka proses akan berhubungan dengan logam panas yang mengandung sampai 2,0 % fospor.

Tanur-tanur yang berkapasitas besar sampai 350 ton dibersihkan dalam satu operasi yang memakan waktu 40-45 menit. Pada gambar 2.5 memperlihatkan bejana yang dipanaskan awal dimiringkan untuk memasukkan potongan logam sekitar 25-30 % dari kapasitasnya. Logam panas diambil dari pengaduk di dalam bak yang berbentuk torpedo melalui rel jalan dan dipindahkan ke ember-ember penuang yang besar. Ember-ember tersebut dikerek untuk menuangkan isinya ke dalam tanur dan dikembalikan pada posisi tegak.

Pada bagian leher dipasang sungkup penampung asap, pipa oksigen dimasukkan hingga batas tertentu di atas permukaan logam, dan oksigen mulai dihembuskan setelah melalui tabung pendingin air. Setelah itu bahan-bahan pelebur pembentuk terak dimasukkan melalui corong pengisian segera setelah penghembusan. Hembusan tersebut akan menimbulkan turbulensi pada logam dan segala kotoran-kotoran akan terbakar, temperatur naik dan potongan yang tersisa akan meleleh. Asap-asap ditampung dengan sungkup untuk disalurkan melalui pabrik pembersihan dan pendinginan untuk menghilangkan pencemaran udara.

Penghembusan tersebut hanya berjalan kira-kira 15 menit dan sewaktu berakhir, tanur tersebut dimiringkan untuk pengambilan contoh dan analisa-analisa seketika. Suhu dari logam diukur bila terlalu tinggi harus diatur dengan menambahkan potongan-potongan logam dan batu kapur, tapi bila terlalu rendah, maka pipa oksigen diturunkan lagi dengan jalan menaikkan bejana, dan oksigen dihembuskan lagi dalam waktu singkat.

Bila analisa-analisa dan temperatur sudah baik, pipa oksigen dan sungkup diangkat dan tanur dijungkitkan untuk mengeluarkan baja dari bawah terak dan

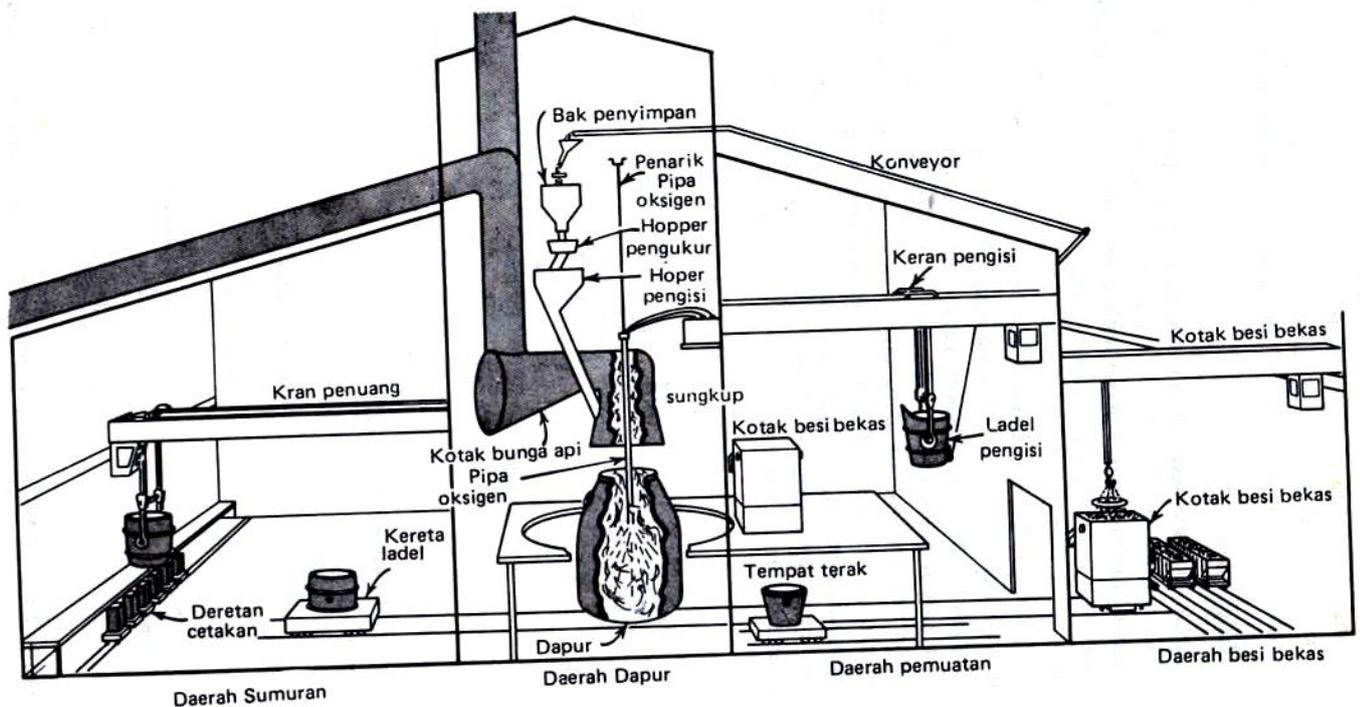
dimasukkan ke dalam ember penuangan. Elemen-elemen campuran tertentu ditambahkan sewaktu penuangan. Terakhir, tanur dijungkitkan ke arah yang berlawanan untuk pengeluaran terak. Kemudian baja tersebut dituangkan ke dalam cetakan ingot atau diteruskan untuk proses pengecoran selanjutnya.

Pada proses dapur oksigen dasar dilakukan dengan cara sebagai berikut :

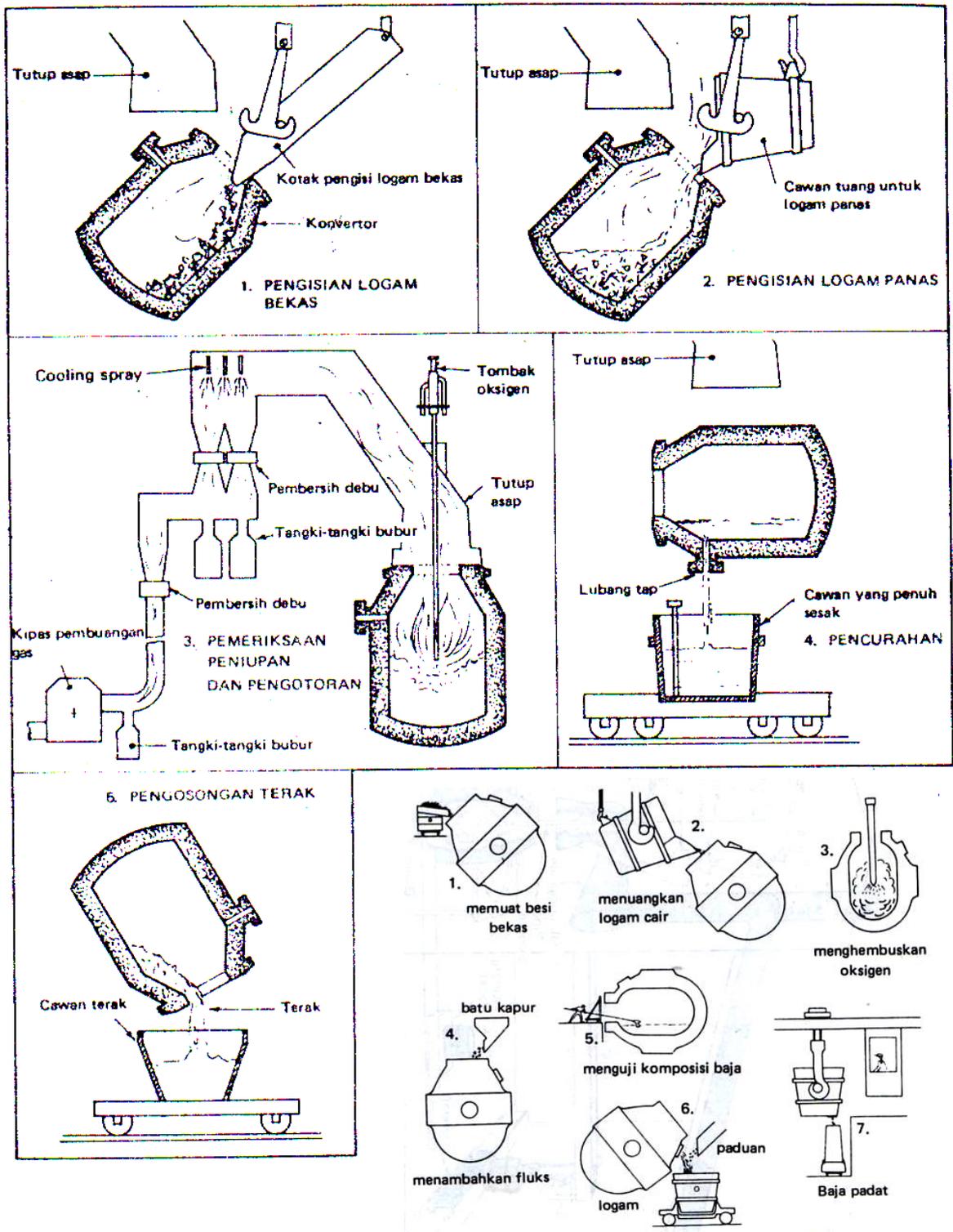
- logam cair dimasukkan ke ruang bakar (dimiringkan lalu ditegakkan)
- oksigen ($\pm 1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$) ditiupkan lewat *Oxygen Lance* ke ruang bakar dengan kecepatan tinggi, (55 m^3 ($99,5\text{ \%O}_2$) tiap satu ton muatan) dengan tekanan 1400 kN/m^2 .
- ditambahkan bubuk kapur (CaO) untuk menurunkan kadar P dan S.

Keuntungan dari proses dapur oksigen adalah :

- BOF menggunakan O_2 murni tanpa Nitrogen
- Proses hanya lebih-kurang 50 menit.
- Tidak perlu tuyer di bagian bawah
- Phosphor dan Sulfur dapat terusir dulu daripada karbon
- Biaya operasi murah



Gambar 2.6 : skema pembuatan baja (proses oksigen)



Gambar 2.7 : Alur proses oksigen dasar dalam pembuatan baja

2.8.3. Proses Dapur Listrik

Baja yang berkualitas tinggi dihasilkan apabila ditakukan pengontrolan temperatur peleburan dan memperkecil unsure-unsur campuran di dalam baja yang dilakukan selama proses pemurnian. Proses pengolahan seperti ini dilakukan dengan menggunakan dapur listrik. Pada awal pemurnian baja menggunakan dapur tungku terbuka atau konvertor, selanjutnya dilakukan di dalam dapur listrik sehingga diperoleh baja yang berkualitas tinggi. Dapur listrik terdiri dari dua jenis, yaitu dapur listrik busur nyala dan dapur induksi frekuensi tinggi.

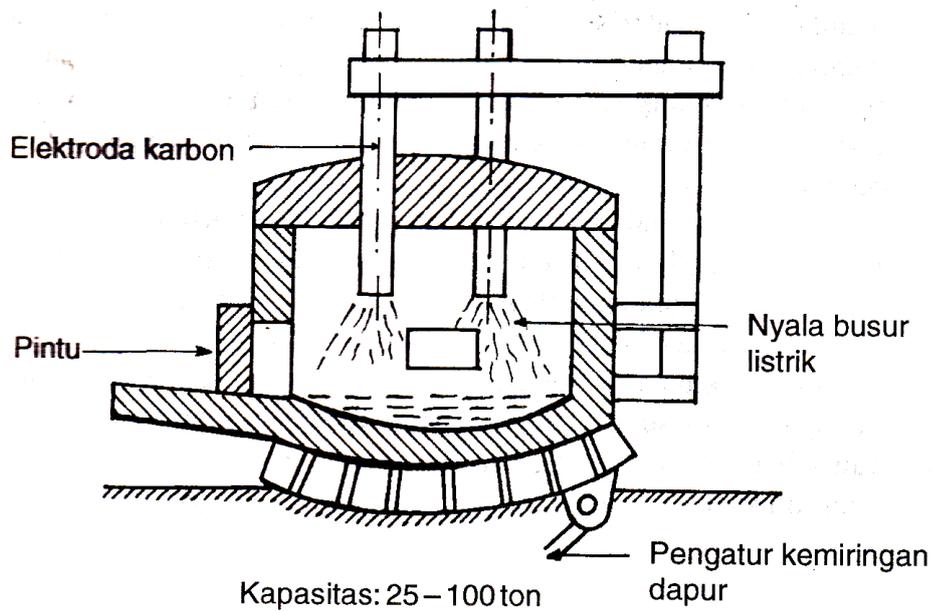
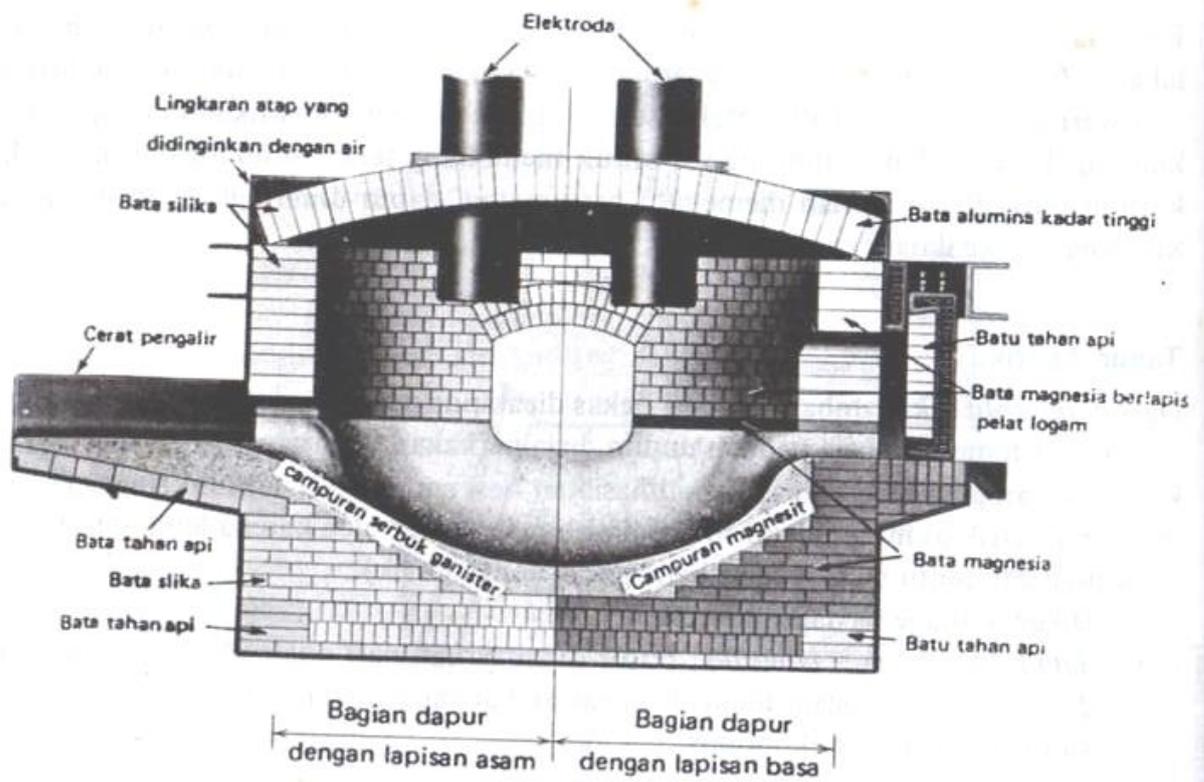
Keuntungan dapur listrik :

- Mudah mencapai temperatur tinggi dalam waktu singkat
- Temperatur dapat diatur
- Efisiensi termis dapur tinggi
- Cairan besi terlindungi dari kotoran dan pengaruh lingkungan sehingga kualitasnya baik.
- Kerugian akibat penguapan sangat kecil.

a. Dapur Listrik Busur Nyala

Dapur ini mempunyai kapasitas 25 - 100 ton dan dilengkapi dengan tiga buah elektroda karbon yang dipasang pada bagian atas atau atap dapur, disetel secara otomatis untuk menghasilkan busur nyala yang secara langsung memanaskan dan mencairkan logam (gambar 2.8).

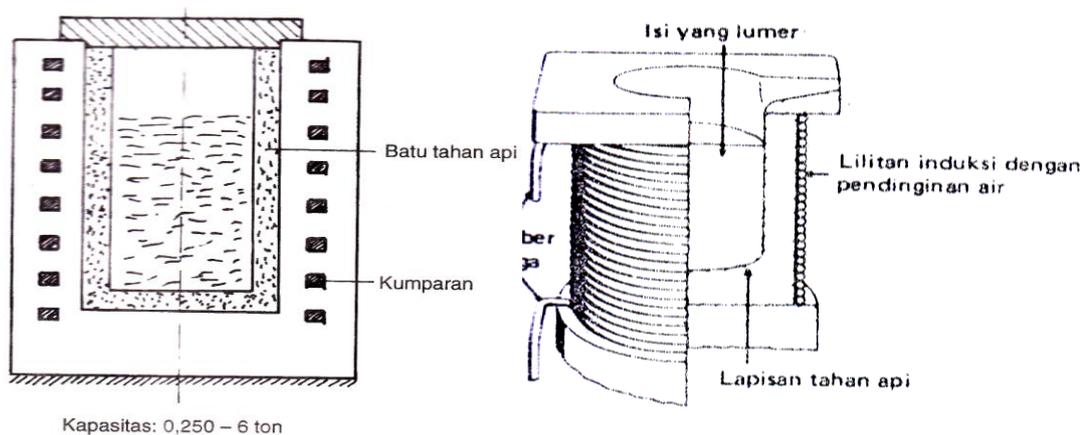
Dapur ini dapat mengolah logam dengan proses asam atau basa sesuai dengan lapisan batu tahan apinya dan bahan yang dimasukkan ke dalam dapur (besi kasar), termasuk logam bekas (baja atau besi) yang terlebih dahulu diketahui komposisinya. Apabila dilakukan proses basa maka terjadi oksidasi terak dari batu kapur atau bubuk kapur untuk mereduksi unsur-unsur campuran. Selanjutnya diperoleh pemisahan terak (mengandung batu kapur) dari baja cair. Juga dapat ditambahkan dengan logam campur sebelum cairan dikeluarkan dari dalam dapur untuk mencegah oksidasi.



Gambar 2.8 : Dapur listrik busur nyala

b. Dapur Induksi Frekuensi Tinggi

Dapur ini terdiri dari kumparan yang dililiti kawat mengelilingi cawan batu tahan api, ketika tenaga yang dialirkan dari listrik, akan menghasilkan arus listrik yang bersirkulasi di dalam logam yang menyebabkan terjadinya pencairan. Apabila bahan logam telah cair maka arus listrik membuat gerak mengaduk (berputar). Kapasitas dari dapur jenis ini adalah 350 kg - 6 ton pada umumnya dapur ini digunakan untuk memproduksi baja paduan yang khusus (gambar 2.9).



Gambar 2.9 : Dapur induksi listrik

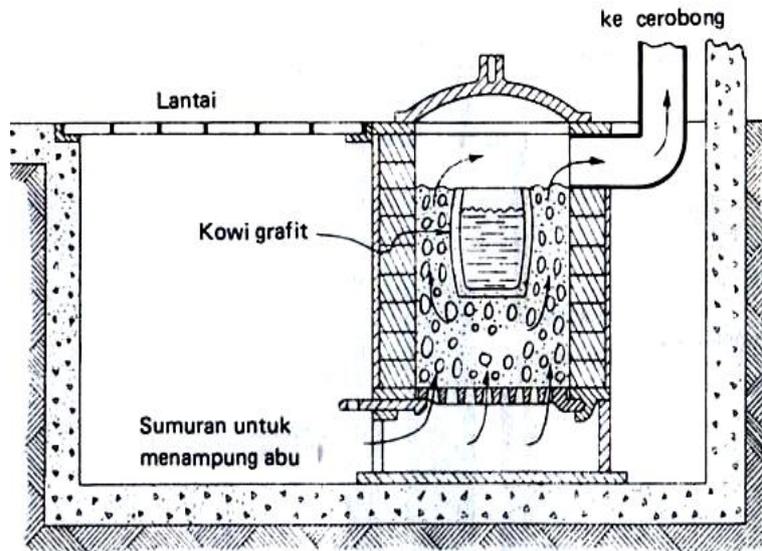
2.8.4. Proses Dapur Kopel

Pada proses dapur kopel dilakukan dengan cara mengolah besi kasar kelabu dan besi bekas menjadi baja atau besi tuang. Adapun proses kerja dapur kopel adalah sebagai berikut :

- pemanasan pendahuluan agar bebas dari uap air.
- Bahan bakar(arang kayu dan kokas) dinyalakan selama ± 15 jam.
- kokas dan udara dihembuskan dengan kecepatan rendah hingga kokas mencapai 700 – 800 mm dari dasar tungku.
- besi kasar dan baja bekas kira-kira 10 – 15 % ton/jam dimasukkan.
- 15 menit baja cair dikeluarkan dari lubang pengeluaran.

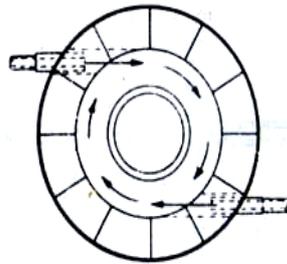
2.8.5. Proses Dapur Cawan (Kowi)

Proses kerja dapur cawan dimulai dengan memasukkan baja bekas dan besi kasar dalam cawan, kemudian dapur ditutup rapat. Selanjutnya dimasukkan gas-gas panas yang akan memanaskan sekeliling cawan sehingga muatan dalam cawan akan mencair. Baja cair tersebut siap dituang untuk dijadikan baja-baja istimewa dengan menambahkan unsur-unsur paduan yang diperlukan.



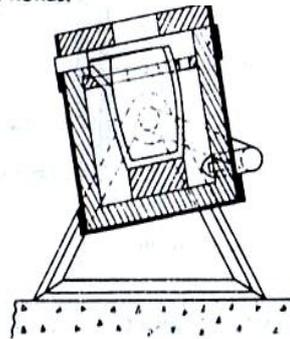
A

A. Dapur kowi dengan kokas.



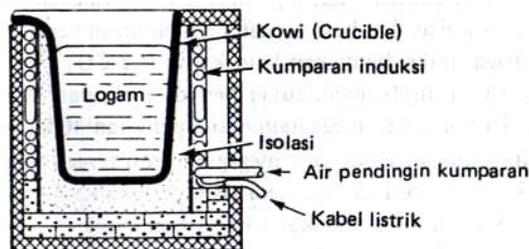
B

B. Dapur dengan bahan bakar minyak atau gas



C

C. Dapur tukik dengan bahan bakar gas.



D. Dapur krusibel induksi listrik

Gambar 2.10 : Berbagai macam dapur krusibel
2.8.6. Proses Dapur krusibel

Dapur Kupola berfungsi untuk mencairkan besi kasar bersama dengan besi bekas. Dapur ini paling banyak digunakan di Indonesia, mengingat kelebihan nya, yaitu ; konstruksi kupola sederhana dan mudah dibuat, hampir-hampir tidak memerlukan pemeliharaan (biaya operasi murah), dan dapat digunakan untuk produksi terus menerus. Prinsip kerja dapur kupola hampir sama dengan dapur tinggi, hanya bahan pokoknya yang berbeda, yaitu besi bekas, besi kasar kelabu, kokas dan bahan tambah (batu kapur).

Logam cair bersentuhan dengan bahan bakar dan dinding kupola yang terdiri dari batu tahan api sehingga terdapat kemungkinan kontaminasi. Hal ini akan mempengaruhi komposisi besi cor yang dihasilkan, oleh karena itu perlu pengendalian yang cermat. Besi cor khusus dan besi corpaduan sulit dikontrol komposisinya, demikian pula halnya dengan suhu.

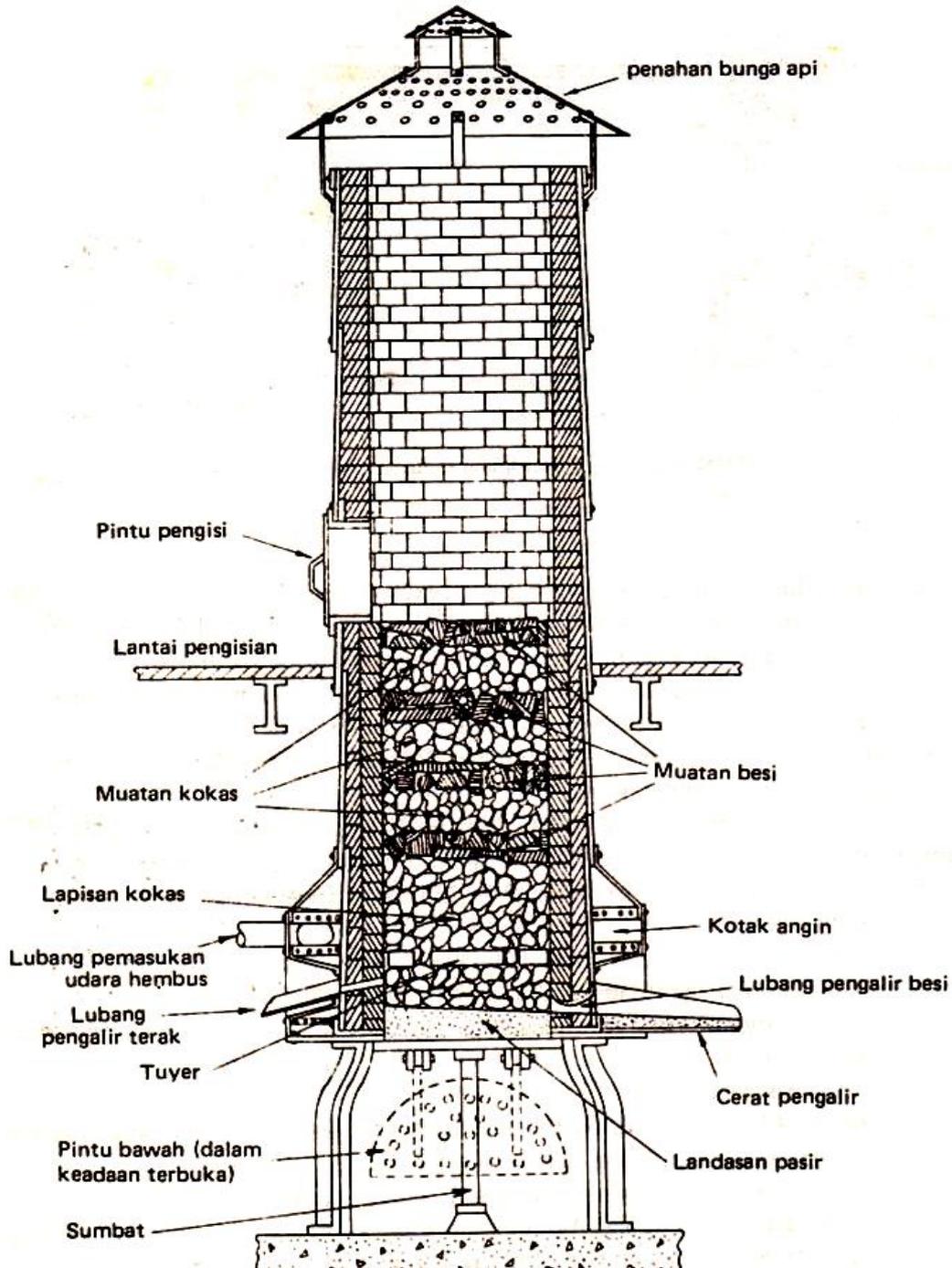
Konstruksi dapur kupola terdiri dari cerobong logam tegak yang dijepi batu tahan api dibagian dalamnya. udara dihembuskan melalui lubang tuyer yang terdapat dibagian bawah. Penampang melintang kupola dengan bagian-bagian utamanya dapat dilihat pada Gambar 2.11. Kupola bertumpu pada pelat alas yang bulat, yang disangga oleh empat tiang sedemikian sehingga pintu alas dapat dibuka dengan mudah. Besi bekas, besi kasar, kokas dan bahan campuran lainnya dimasukkan melalui sebuah pintu yang terdapat pada pertengahan tanur. Ujung atas kupola terbuka dan hanya tertutup oleh lempeng logam atau penahan bunga api. udara dihembus ke dalam kupola melalui tuyer yang umumnya dipasang dibagian bawah dapur, di atas pengumpul besi dan terak cair. Fungsi tuyer ialah untuk meratakan sirkulasi udara agar pembakaran merata dan sempurna. Jumlah tuyer tergantung pada kapasitas dan diameter kupola. Ada empat, delapan atau lebih. Luas penampang tuyer sekitar seperempat luas penampang kupola Kotak udara untuk pemasukan udara dipasang mengelilingi kupola dekat tuyer. Selain itu terdapat lubang pengintai mika di belakang tuyer, untuk mengikuti kondisi dalam dapur. Angin dihembuskan oleh penghembus sentrifugal melalui lubang-lubang pada kotak udara.

Besi cair dialirkan melalui lubang pengalir. Berseberangan dengan lubang pengalir besi cair terdapat lubang pengalir terak. Lubang ini berada sedikit di bawah lubang tuyer untuk mencegah masuknya terak ke dalam tuyer dan untuk mencegah pembekuan terak akibat pendinginan oleh hembusan udara. Pada proses peleburan besi, lapisan kokas dinyalakan dan muatan kupola yang terdiri dari lapisan kokas dan besi dengan perbandingan berat 1 bagian kokas : 8 atau 10 bagian besi. Sebagai fluks digunakan batu kapur (Ca CO_3), kalsium fluor (Ca F_2) atau soda abu ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$) untuk melindungi besi dari oksidasi dan untuk menurunkan kekentalan terak. Untuk setiap megagram besi diperlukan 40 kg batu kapur. Jumlah udara yang diperlukan untuk melebur satu megagram besi tergantung pada jumlah kokas dan perbandingan kokas - besi. Secara teoritis diperlukan 5.78 m^3 udara bertekanan 100 dengan suhu $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk membakar 1 kg karbon.

Tekanan udara dalam kupola tergantung pada ukuran kupola, kepadatan muatan bahan, jenis besi yang dilebur dan suhu. Kupola yang kecil rata-rata memerlukan tekanan antara 1.200 – 2.000 Pa, sedang kupola yang besar bekerja pada tekanan sekitar 7.000 Pa. Reaksi peleburan dapat ditingkatkan dengan pemanasan mula udara, suatu hal yang terdapat dalam dapur pelebur jenis regenerasi. Dapur semacam ini disebut kupola hembusan udara panas (hot blast cupola). Pada jenis yang lain, sisa-sisa pembakaran keluar dari kupola agak di bawah pintu pengisi dan pembakalan sempurna terjadi dalam dapur yang berdekatan dengan kupola. Udara masuk, dipanaskan dalam pemanas mula di dapur tambahan ini sebelum dihembuskan ke dalam kotak angin kupola pada $\pm 300 \text{ }^\circ\text{C}$. Jenis kupola lainnya menggunakan dapur pemanas mula yang terpisah.

Usaha ini dilakukan untuk meningkatkan daya peleburan dan untuk menghemat bahan bakar yang digunakan. Pengendalian polusi merupakan permasalahan yang perlu diperhatikan di sini. Beberapa pengecoran menggunakan bahan bakar minyak. Di sini digunakan pengabut bahan bakar minyak dengan tekanan udara dan kapasitas peleburan dapat mencapai 25 Mg per hari dengan suhu sekitar $1540 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kupola merupakan tanur yang sederhana, murah dalam pembuatannya, mudah pemeliharaannya dan dapat melebur beragam besi bekas. Hanya perlu diingat bahwa pengendalian komposisi kimia agak sulit di sini oleh karena besi kasar maupun besi cair berhubungan langsung dengan kokas yang membara.



Gambar 2.11 : Dapur kupola

Bab 3.

Logam Besi dan Paduan

Besi dan Baja persamaannya memang mengandung (Fe) Ferro dan juga Karbon, tetapi perbedaannya lebih kepada kandungan karbon (C) yang dimiliki logam tersebut, dalam hal ini Baja mengandung Karbon lebih banyak dari besi biasa. Makin tinggi kandungan karbonnya, makin tinggi tingkat kekerasan dan kekuatan logam tersebut tetapi semakin menurun tingkat keliatan dan mampu bentuknya (getas).

3.1. Besi Tuang

Secara umum Besi Tuang (Cast Iron) adalah Besi yang mempunyai Carbon content 2.5% – 4%. Oleh karena itu Besi Tuang yang kandungan karbonnya 2.5% – 4% akan mempunyai sifat mampu lasnya (*weldability*) rendah. Karbon dalam besi tuang dapat berupa sementit (Fe_3C) atau biasa disebut dengan Karbon Bebas (grafit). Perlu di ketahui juga kandungan fosfor dan sulphur dari material ini sangat tinggi dibandingkan baja. Ada beberapa jenis Besi Tuang (Cast Iron) yaitu :

1. Besi Tuang Putih (*White Cast Iron*).Dimana besi tuang ini seluruh karbonnya berupa sementit sehingga mempunyai sifat sangat keras dan getas. Mikrostrukturnya terdiri dari Karbida yang menyebabkan berwarna putih.
2. Besi Tuang Mampu Tempa (*Malleable Cast Iron*). Besi Tuang jenis ini dibuat dari Besi Tuang Putih dengan melakukan heat treatment kembali yang tujuannya menguraikan seluruh gumpalan graphit (Fe_3C) akan terurai menjadi matriks Ferrite, Pearlite dan Martensite. Mempunyai sifat yang mirip dengab Baja.
3. Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*).Jenis Besi Tuang ini sering dijumpai (sekitar 70% besi tuang berwarna abu-abu). Mempunyai *graphite* yang berbentuk *Flake*. Sifat dari Besi Tuang ini kekuatan tariknya tidak begitu tinggi dan keuletannya rendah sekali (*Nil Ductility*).

4. Besi Tuang Nodular (*Nodular Cast Iron*). *Nodular Cast Iron* adalah perpaduan besi tuang kelabu. Ciri Besi tuang ini bentuk *graphite Flake* dimana ujung – ujung *Flake* berbentuk Takikan yang mempunyai pengaruh terhadap ketangguhan, keuletan & kekuatan, oleh karena itu menjadi lebih baik, maka *graphite* tersebut berbentuk bola (*spheroid*) dengan menambahkan sedikit *inoculating agent*, seperti Magnesium atau *calcium silicide*. Karena Besi Tuang mempunyai keuletan yang tinggi maka besi tuang ini di kategorikan *ductile cast iron*.

3.2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja dikatakan dipadu jika komposisi unsur-unsur paduannya secara khusus, bukan baja karbon biasa yang terdiri dari unsur-unsur silisium dan mangan. Baja paduan semakin banyak digunakan. Unsur yang paling banyak digunakan untuk baja paduan, yaitu : Cr, Mn, Si, Ni, W, Mo, Ti, Al, C, Nb, dan Zr.

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu :

- a. Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya).
- b. Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah
- c. Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)
- d. Untuk membuat sifat-sifat spesial

Baja paduan dapat diklasifikasikan berdasarkan :

- a. komposisi
- b. struktur
- c. penggunaan

a. Komposisi

Berdasarkan komposisi baja paduan dibagi lagi menjadi :

- ***Baja Tiga Komponen***

Terdiri satu unsur pepadu dalam penambahan Fe dan C.

- **Baja Empat Komponen**

Terdiri dua unsur pepadu, dan seterusnya.

Sebagai contoh baja paduan kelas tinggi terdiri : 0,35 % C, 1% Cr, 3% Ni, dan 1% Mo.

b. Struktur

Baja paduan diklasifikasikan berdasarkan :

1. Baja Pearlit
2. Baja Martensit
3. Baja Austenit
4. Baja Ferrit
5. Baja karbid atau ledeburit

Baja Pearlit (Sorbit dan Troostit), didapat jika unsur – unsur paduan relative kecil maximum 5%. Baja ini mampu dimesin, sifat mekaniknya meningkat oleh *heat treatment* (*hardening & tempering*).

Baja Martensit, unsur pepadunya lebih dari 5%, sangat keras dan sukar dimesin.

Baja austenit, terdiri dari 10 – 30% unsur pepadu tertentu (Ni, Mn atau Co) misalnya : Baja tahan karat (Stainlees steel), nonmagnetic dan baja tahan panas (Heat resistant steel).

Baja Ferrit, terdiri dari sejumlah besar unsur pepadu (Cr, W atau Si) tetapi karbonnya tetap rendah, tidak dapat dikeraskan.

Baja Karbid (Iledeburit), terdiri sejumlah karbon dan unsur – unsur pembentuk Karbid (Cr, W, Mn, Ti, Zr).

c. Penggunaan

Berdasarkan penggunaan dan sifat – sifatnya, baja paduan diklasifikasikan :

- Baja konstruksi (structural steel)
- Baja perkakas (tool steel)
- Baja dengan sifat fisik khusus.

1. Baja Kontruksi

Baja konstruksi dibedakan lagi menjadi tiga golongan tergantung persentase unsur pematunya, yaitu :

- Baja paduan rendah (maximum 2%)
- Baja paduan menengah (2 – 5%)
- Baja paduan tinggi (lebih dari 5%).

Sesudah di heat treatment baja jenis ini sifat – sifat mekaniknya lebih baik dari pada baja non karon biasa.

2. Baja Perkakas (Tool Steel)

Baja perkakas dipakai untuk alat-alat pemotong, komposisinya tergantung bahan dan tebal benda yang dipotong/disayat, kecepatan potong, suhu kerja.

Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh baja perkakas adalah :

- 1) tahan pakai,
- 2) tajam atau mudah diasah,
- 3) tahan panas,
- 4) kuat dan ulet.

Kelompok dari tool steel berdasarkan unsur paduan dan proses pengerjaan panas yang diberikan antara lain :

- a. **Later hardening atau carbon tool steel** (ditandai dengan tipe W oleh AISI), *Shock resisting* (Tipe S), memiliki sifat kuat dan ulet dan tahan terhadap beban kejutan dan repeat loading. Banyak dipakai untuk pahat, palu dan pisau.

- b. **Cool work tool steel**, diperoleh dengan proses hardening dengan pendinginan yang berbeda-beda. Tipe O dijelaskan dengan mendinginkan pada minyak sedangkan tipe A dan D didinginkan di udara.
- c. **Hot Work Steel (tipe H)**, mula-mula dipanaskan hingga (300 – 500) °C dan didinginkan perlahan-lahan, karena baja ini banyak mengandung tungsten dan molybdenum sehingga sifatnya keras.
- d. **High speed steel (tipe T dan M)**, merupakan hasil paduan baja dengan tungsten dan molybdenum tanpa dilunakkan. Dengan sifatnya yang tidak mudah tumpul dan tahan panas tetapi tidak tahan kejutan.
- e. **Campuran carbon-tungsten (tipe F)**, sifatnya adalah keras tapi tidak tahan aus dan tidak cocok untuk beban dinamis serta untuk pemakaian pada temperatur tinggi.

Baja perkakas dibedakan menjadi 2, yaitu :

- Baja perkakas paduan rendah, kekerasannya tak berubah hingga pada suhu 250 °C.
- Baja perkakas paduan tinggi, kekerasannya tidak berubah hingga pada suhu 600 °C.

Biasanya komposisinya terdiri dari 0,8% C, 18% W, 4% Cr, dan 1%V. Ada lagi terdiri dari 0,9% C, 9% W, 4% Cr dan 2 – 2,5% V.

3. Baja dengan sifat fisik khusus

Baja paduan dengan sifat khusus diklasifikasikan menjadi :

a. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Komposisi baja tahan Karat : 0,1 – 0,45% C ; 12 – 14 % Cr.

Sifatnya baja tahan karat antara lain :

- 1) Memiliki daya tahan yang baik terhadap panas, karat dan goresan/gesekan
- 2) Tahan temperature rendah maupun tinggi
- 3) Memiliki kekuatan besar dengan massa yang kecil
- 4) Keras, liat, densitasnya besar dan permukaannya tahan aus

- 5) Tahan terhadap oksidasi
- 6) Kuat dan dapat ditempa
- 7) Mudah dibersihkan
- 8) Mengkilat dan tampak menarik

b. High Strength Low Alloy Steel (HSLAS)

Sifat dari HSLAS adalah ;

- 1) memiliki *tensile strength* yang tinggi,
- 2) anti bocor,
- 3) tahan terhadap abrasi,
- 4) mudah dibentuk,
- 5) tahan terhadap korosi,
- 6) ulet,
- 7) sifat mampu mesin yang baik dan
- 8) sifat mampu las yang tinggi (*weldability*).

Untuk mendapatkan sifat-sifat di atas maka baja ini diproses secara khusus dengan menambahkan unsur-unsur seperti : tembaga (Cu), nikel (Ni), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Vanadium (Va) dan Columbium.

Baja paduan istimewa lainnya terdiri 35 – 44% Ni, dan 0,35% C memiliki koefisien muai yang rendah yaitu :

- **Invar** : memiliki koefisien muai sama dengan nol pada suhu 0 - 100°C. digunakan untuk alat ukur presisi.
- **Platinite** : memiliki koefisien muai sama seperti glass, sebagai pengganti platina.
- **Ekinvar** : memiliki modulus elastisitet tak berubah pada suhu - 50°C sampai 100 °C. Digunakan untuk pegas arloji dan berbagai alat ukur fisika.

Selain itu baja paduan dibagi menjadi dua golongan yaitu baja paduan khusus (*special alloy steel*) dan baja kecepatan tinggi (*high speed steel*).

a. Baja Paduan Khusus (*Special Alloy Steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti nikel, chromium, manganese, molybdenum, tungsten dan vanadium. Dengan menambahkan logam tersebut ke dalam baja maka baja paduan tersebut akan merubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*).

b. Baja Kecepatan Tinggi [*High Speed Steel (HSS)*]

Kandungan karbon : 0,70 % - 1,50 %. Penggunaan membuat alat-alat potong seperti *drills, reamers, countersinks, lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali daripada *carbon steel*.

3.3. Paduan Potong

Paduan potong digunakan untuk alat – alat yang beroperasi sampai suhu 1000 - 1100 °C. Tidak dapat dimesin secara biasa, diproduksi dengan dua cara :

1. Casting Cutting Alloy (Stelites)

Terdiri dari sejumlah besar **Cobalt** dan **Wolfram**, memiliki kekerasan (HRC = 60 – 65) dan mencair pada suhu tinggi. Batang – batang tuangan paduan ini dengan ketebalan 5 – 10 mm, digunakan untuk memperkeras permukaan dengan disambung ada ujung alat – alat potong untuk meningkatkan umur (lama pemakaian).

2. Cemented Carbides,

Dibuat dari campuran Powder (serbuk) wolfram dan Titanium Carbides dan Cobalt yang disatukan secara proses powder metallurgy. Kekerasannya mencapai lebih dari 85% HRC dan tetap keras hingga suhu 1.000 °C.

3.4. Baja karbon (*carbon steel*)

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi tiga yaitu :

- a. *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5 \%$
- b. *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya $2,5 - 10 \%$
- c. *High alloy steel*, jika elemen paduannya $> 10 \%$

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

- Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin.
- Penggunaannya :
 - $0,05 \%$ - $0,20 \%$ C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.*
 - $0,20 \%$ - $0,30 \%$ C : *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.*
 - $0,05 \%$ - $0,30 \%$ C : *machine, machinery dan mild steel*

b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

- Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
- Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.
- Penggunaan:
 - $0,30 \%$ - $0,40 \%$ C : *connecting rods, crank pins, axles.*
 - $0,40 \%$ - $0,50 \%$ C : *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.*
 - $0,50 \%$ - $0,60 \%$ C : *hammers dan sledges.*

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

- Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.
- Kandungan $0,60 \%$ - $1,50 \%$ C
- Penggunaan :
screw drivers, blacksmiths hammers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.

3.5. Stainless Steel

Stainless Steel (SS) adalah paduan besi dengan minimal 12 % kromium. Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap krom yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan cadmium) ataupun cat.

Meskipun seluruh kategori *Stainless Steel* didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat *Stainless Steel* sesuai aplikasinya. Kategori *Stainless Steel* tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Lima golongan utama *Stainless Steel* adalah *Austenitic*, *Ferritic*, *Martensitic*, *Duplex* dan *Precipitation Hardening Stainless Steel*.

1. *Austenitic Stainless Steel*

Austenitic Stainless Steel mengandung sedikitnya 16% *Chrom* dan 6% *Nickel* (grade standar untuk 304), sampai ke *grade Super Austenitic Stainless Steel* seperti 904L (dengan kadar *Chrom* dan *Nickel* lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%). *Molybdenum* (Mo), *Titanium* (Ti) atau *Copper* (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. *Austenitic* cocok juga untuk aplikasi temperature rendah disebabkan unsur *Nickel* membuat *Stainless Steel* tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

2. *Ferritic Stainless Steel*

Kadar *Chrom* bervariasi antara 10,5 - 18 % seperti grade 430 dan 409. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi/ machining. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada grade 434 dan 444 dan secara khusus pada grade 3Cr12.

3. Martensitic Stainless Steel

Stainless Steel jenis ini memiliki unsur utama *Chrom* (masih lebih sedikit jika dibanding *Ferritic Stainless Steel*) dan kadar karbon relatif tinggi misal grade 410 dan 416. Grade 431 memiliki *Chrom* sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih *martensitic* disebabkan hanya memiliki Nickel 2%. *Grade Stainless Steel* lain misalnya 17-4PH/ 630 memiliki tensile strength tertinggi dibanding *Stainless Steel* lainnya. Kelebihan dari grade ini, jika dibutuhkan kekuatan yang lebih tinggi maka dapat di *hardening*.

4. Duplex Stainless Steel

Duplex Stainless Steel seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase *Chrom* dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nickel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran *austenitic* dan *Ferritic*. *Duplex ferritic-austenitic* memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap *Stress Corrosion Cracking*. Meskipun kemampuan *Stress Corrosion Cracking*-nya tidak sebaik *ferritic Stainless Steel* tetapi ketangguhannya jauh lebih baik (superior) dibanding *ferritic Stainless Steel* dan lebih buruk dibanding *Austenitic Stainless Steel*. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding *Austenitic Stainless Steel* (yang di annealing) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, *Duplex Stainless Steel* ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap *pitting coorrosion* jauh lebih baik (superior) dibanding 316. Ketangguhannya *Duplex Stainless Steel* akan menurun pada temperatur dibawah - 50 °C dan diatas 300 °C.

5. Precipitation Hardening Steel

Precipitation hardening stainless steel adalah *Stainless Steel* yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu *presipitat* (endapan) dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material *Stainless Steel*. Pembentukan ini disebabkan oleh

penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan alumunium. Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (*cold working*).

Bab 4.

Logam Bukan Besi Dan Paduan

4.1. Logam Bukan Besi (Non Ferrous Metal)

4.1.1. Tembaga

Tembaga berwarna coklat keabu – abuan dan mempunyai struktur kristal kubus berpusat muka/Face Centered Cubic (FCC). Tembaga ini mempunyai sifat – sifat yang sangat baik, yakni : sebagai penghantar listrik dan panas yang baik, mampu tempa, duktil dan mudah dibentuk menjadi plat – plat atau kawat.

Bijih – bijih tembaga dapat diklasifikasikan atas tiga golongan :

- Bijih Sulfida
- Bijih Oksida
- Bijih Murni (native)

Tabel 4.1 : Bijih – bijih tembaga yang terpenting

Mineral	Rumus Kimia	Kandungan Tembaga
Chalcopyrite	$Cu Fe S_2$	34, 6 %
Bornite	$5 Cu S Fe_2 S_3$	55, 6 %
Chalcocite	$Cu_2 S$	68, 5 %
Malachite	$Cu Co_3 Cu(OH)_2$	57,4 %
Native Copper	Cu	99,99 %
Heterogenite	$2 Cu_2O_3 CuO H_2O$	---

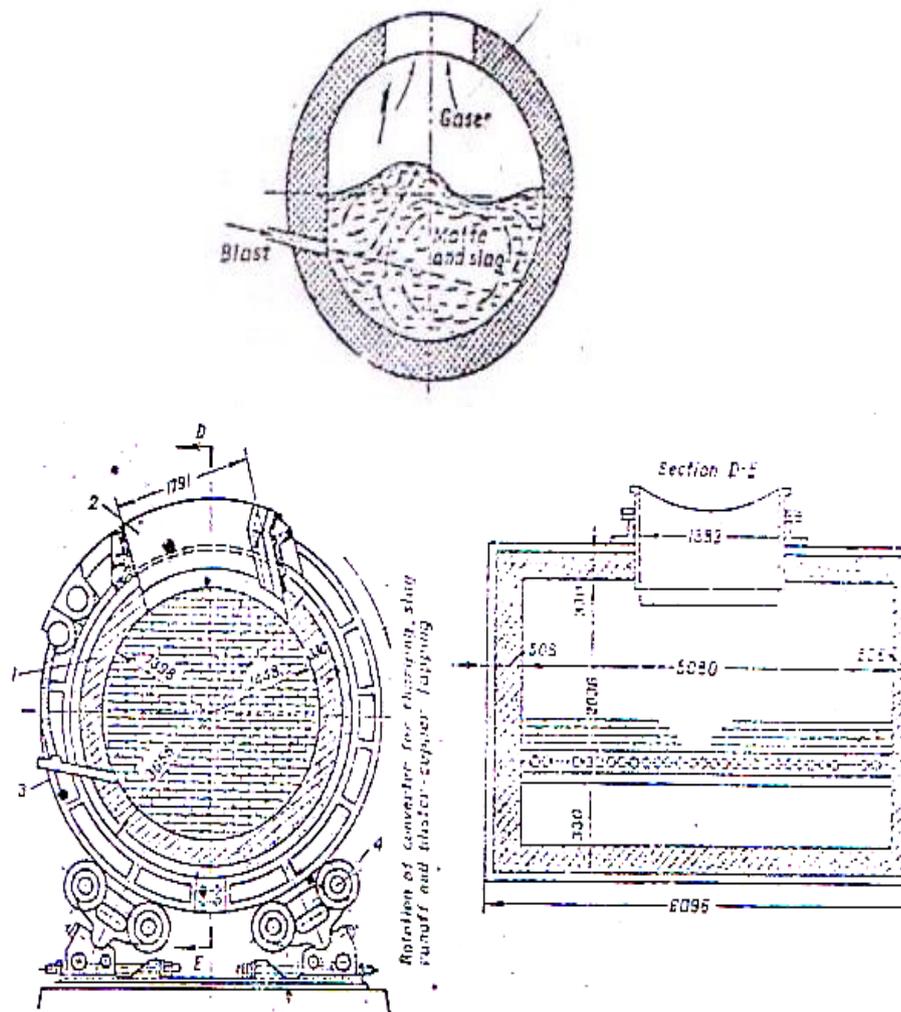
Proses Pemurnian Bijih Tembaga

Proses pemurnian bijih tembaga dapat dilakukan dengan dua cara :

1). Proses *Pyrometallurgy*

Proses ini menggunakan temperature tinggi yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar. Bijih tembaga yang telah dipisahkan dari kotoran-kotoran

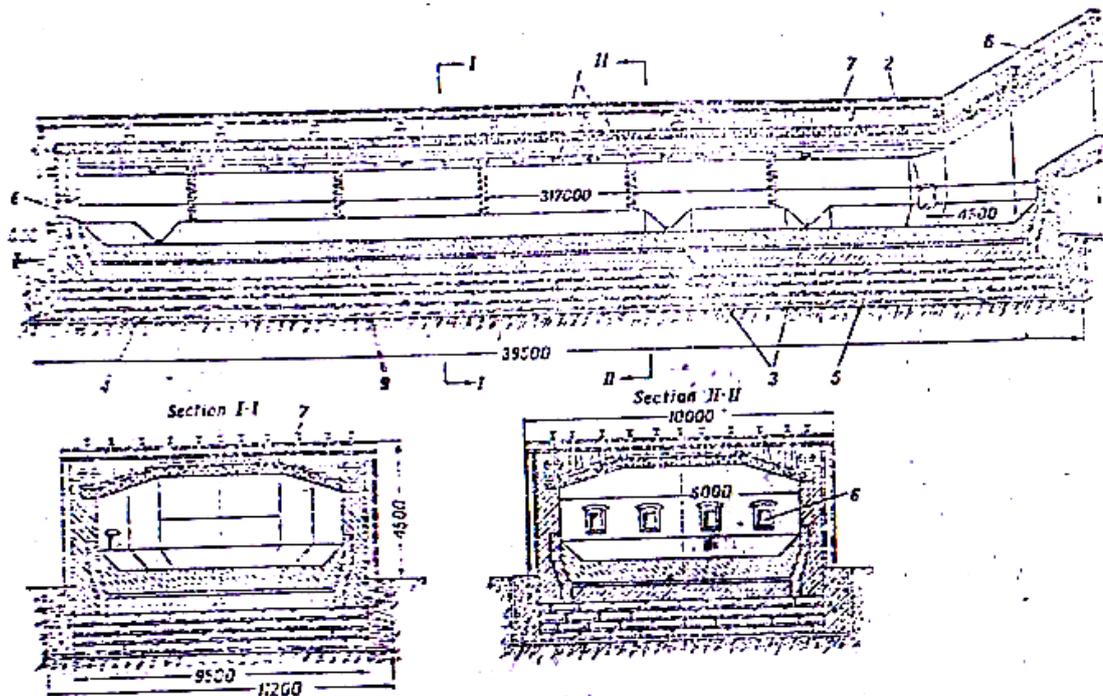
(tailing) dipanggang untuk menghilangkan asam belerang dan selanjutnya bijih ini dilebur. Berikut ini adalah gambar dapur peleburan tembaga.



Gambar 4.1 : Konverter untuk tembaga

Pada peleburan tersebut bijih-bijih dipisahkan dari terak dan akan dihasilkan *matte*, selanjutnya *matte* ini diproses pada converter sehingga unsur – unsur besi dan belerang dapat dipisahkan dan akan menghasilkan **tembaga blister**.

Tembaga blister masih mengandung sejumlah unsur-unsur besi, belerang, seng, nikel, arsen, dsb, sehingga blister ini harus diproses ulang (*refining*) yang pelaksanaannya dapat dilakukan pada **Reverberatory**.



Gambar 4.2. Reverberatory

2). Proses Hydrometalurgy

Metode ini dilakukan dengan cara melarutkan bijih – bijih tembaga (leaching) kedalam suatu larutan tertentu, kemudian tembaga dipisahkan dari bahan ikutan lainnya (kotoran). Untuk me-leaching bijih tembaga yang bersifat oksida, digunakan asam sulfide (H_2O_4), seperti ditunjukkan pada reaksi dibawah ini :

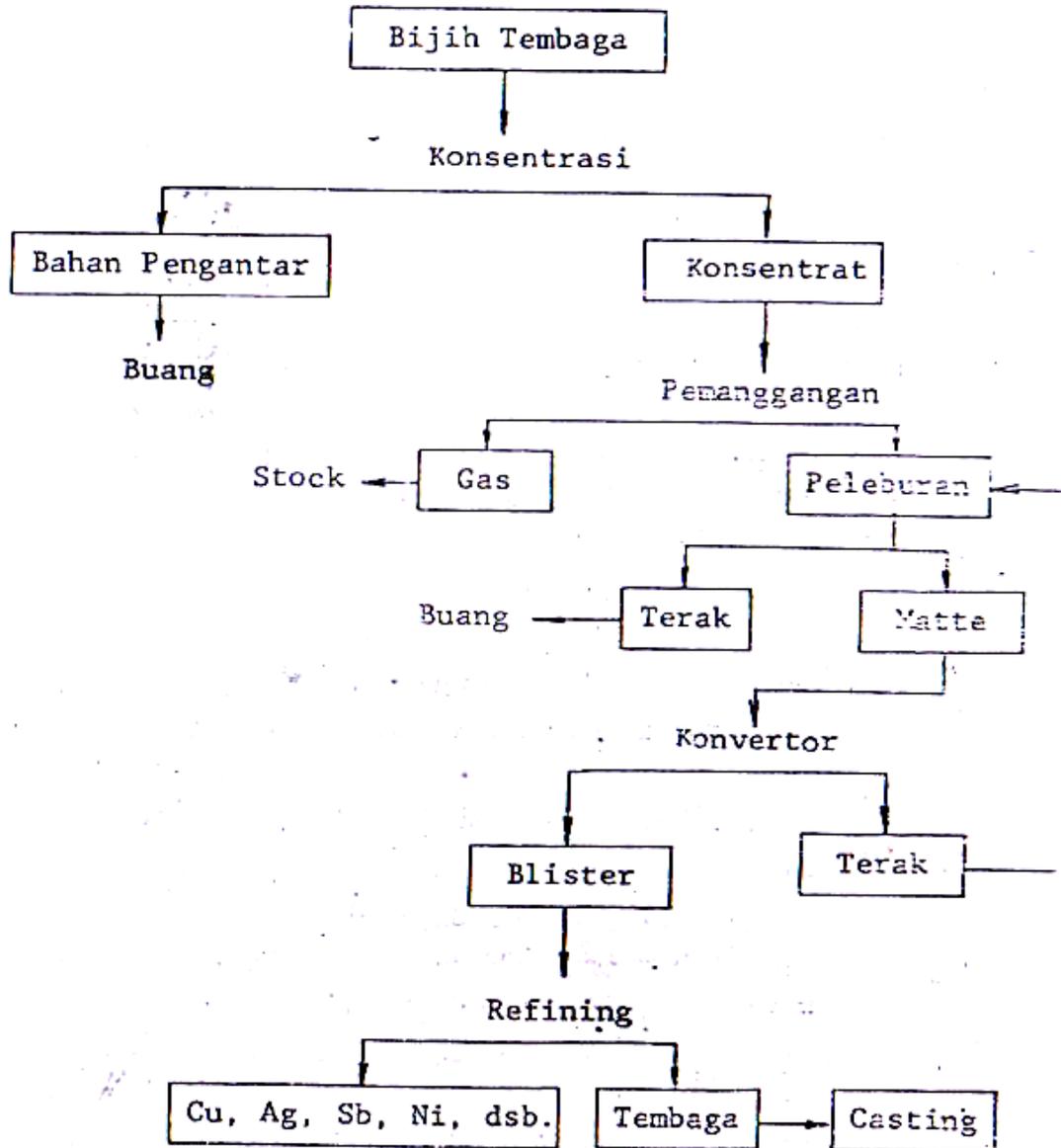


Untuk me-leaching bijih yang bersifat sulfida atau native digunakan ferri sulfat $2Fe_2(SO_4)_3$, seperti bijih chalcocite dibawah ini :



Untuk bijih chalcopyrite dan bornite, reaksinya berjalan lambat dan tidak dapat larut seluruhnya. Setelah hasil leaching dipisahkan dari bagian-bagian

yang tidak dapat larut, kemudian larutan ini diproses secara elektrolisa, sehingga didapatkan tembaga murni.



Gambar 4.3. Diagram proses pyrometallurgy tembaga

Sifat – sifat Tembaga

Rapat massa relatif : 8,9 gr / cm³

Titik lebur : 1070 – 1093 °C

Sifat – sifat	: - Tembaga murni adalah lunak, kuat dan malkabel - Konduktivitas panas dan listriknya sangat tinggi.
Kekuatan tarik	: 200 – 300 N / mm ²
Penggunaan	: Tembaga banyak digunakan untuk konduktor listrik, alat solder, pipa spiral pendingin, kerajinan tangan, sebagai bahan dasar pembuatan kuningan dan perunggu dan lain-lain.

4.1.2. Aluminium

Sifat aluminium yang menonjol adalah berat jenisnya yang rendah dan daya hantar listrik/panas yang cukup baik. Logam aluminium mempunyai struktur kristal FCC. Logam ini tahan terhadap korosi pada media yang berubah-ubah dan juga mempunyai duktilitas yang tinggi.

Bijih-bijih aluminium dapat digolongkan menjadi beberapa golongan, yaitu :

- **Bauksit**, bijih bauksit ini didapat dalam bentuk batu-batuan yang berwarna merah atau coklat. Bauksit setelah dipisahkan dari kotoran-kotoran pengantar didapat *kaolin* ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$), *Bochmite/diaspore* ($Al_2O_3 \cdot H_2O$), *Gibbsite* ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$).
- **Nepheline** ($(Na K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$)
- **Alunite** ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot Al(OH)_3$)
- **Cyanite** ($Al_2O_3SiO_2$) : bijih ini tidak dapat diproduksi untuk aluminium, tetapi diproduksi untuk peleburan langsung paduan aluminium – silicon.

Metode proses pemurnian Aluminium dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Proses Elektrothermis

Pada proses ini bijih – bijih dicairkan / direduksi dalam dapur listrik sehingga diperoleh cairan aluminium. Proses ini jarang digunakan karena diperlukan energi listrik yang sangat besar.

2. Proses Asam

Pada proses ini bijih – bijih aluminium dilarutkan dengan larutan asam (H_2SO_4 , HCl dsb). Dari reaksi ini didapat garam $Al_2 (SO_4)_3$, $AlCl_3$, dsb, sehingga unsur – unsur pengantar dapat dipisahkan. Setelah garam terpisah dari pengantarnya baru kemudian dipisahkan logam dari garam tersebut. Proses ini dalam industri digunakan dalam batas – batas tertentu, karena dibutuhkan peralatan – peralatan tahan asam yang sangat mahal.

3. Proses Alkaline

Proses ini adalah efek dari reaksi bauksit dengan $NaOH$ atau Na_2CO_3 dengan bahan tambahan kapur / batu kapur. Dari hasil ini akan didapatkan **Sodium Aluminate**. Pada proses ini unsur – unsur oksida, besi, titanium, dan kalsium dapat dipisahkan, dan silisium yang ada dalam bijih – bijih akan bereaksi dengan alkali yang mengakibatkan sebagian dari alkalis dan aluminium yang bereaksi akan mengotori aluminium yang akan dihasilkan. Oleh karenanya jika metode alkalin sering digunakan pada bijih – bijih dengan kandungan silica rendah.

Sifat – sifat Aluminium

- Rapat massa relative : $2,7 \text{ gr / cm}^3$
- Titik lebur : $660 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kekuatan Tarik : - Dituang : $90 - 120 \text{ N/mm}^2$
- Di annealing : 70 N/mm^2
- Di roll : $130 - 200 \text{ N/mm}^2$
- Sifat – sifat : - Paling ringan diantara logam – logam yang sering digunakan.
- Penghantar panas dan listrik yang tinggi.
- Lunak, ulet, dan kekuatan tariknya rendah.
- tahan terhadap korosi.
- Penggunaan : - Karena sifatnya yang ringan, maka banyak digunakan dalam pembuatan kapal terbang, rangka khusus untuk kapal laut modern,

kendaraan-kendaraan dan bangunan- bangunan industri.

- Karena ringan dan penghantar panas yang baik, banyak dipakai untuk keperluan alat-alat masak.
- Banyak dipakai untuk kabel-kabel listrik karena konduktivitas Listriknya tinggi dan relative lebih murah dibandingkan dengan tembaga.
- Aluminium tuang dibuat jika dikehendaki konstruksi yang ringan dengan kekuatan yang tidak terlalu besar.

4.1.3. Nikel

Nikel mempunyai sifat yang keras, bentuk struktur kristalnya fcc dan juga bersifat magnetis. Nikel cocok dibuat paduan binary dan ternary untuk memperbaiki sifat tahan korosi dan tahan panas. Biih-biji nikel dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan :

a. Bijih Sulfida ; bijih ini mengandung :

0,5 - 5,6	%	Ni
34 - 52	%	Fe
2 - 22	%	SiO ₂
4 - 6	%	Al ₂ O ₃
0,8 - 1,8	%	Cu
21 - 28	%	S
1,9 - 7	%	CaO
2,2,5	%	MgO

b. Bijih Silikat ; terdiri dari :

0,9 - 1,6	%	Ni
0,01	%	Si
0,1 - 1,5	%	CaO
5,1 - 22	%	MgO
12 - 14	%	Fe
34 - 42	%	SiO ₂
1	%	Al ₂ O ₃

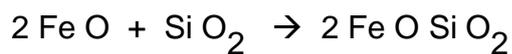
Setelah bijih mengalami proses pendahuluan yang meliputi : *crushing drying*, *sintering*, kemudian bijih diproses lanjut secara :

- *Proses Pyrometallurgy*
- *Proses Hydrometallurgy*

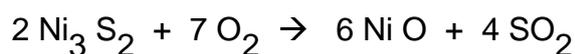
1. Proses Pyrometallurgy

Reduksi yang terjadi pada proses ini hanya sebagian dari besi saja yang dapat diikat menjadi terak, dan sebagian besar masih dalam bentuk **Ferro – nikel Alloy**. Dalam hal ini untuk memisahkan besi dari nikel pada reaksi peleburan tersebut ditambahkan beberapa bahan yang mengandung **belerang (Gypsum atau Pyrite)**.

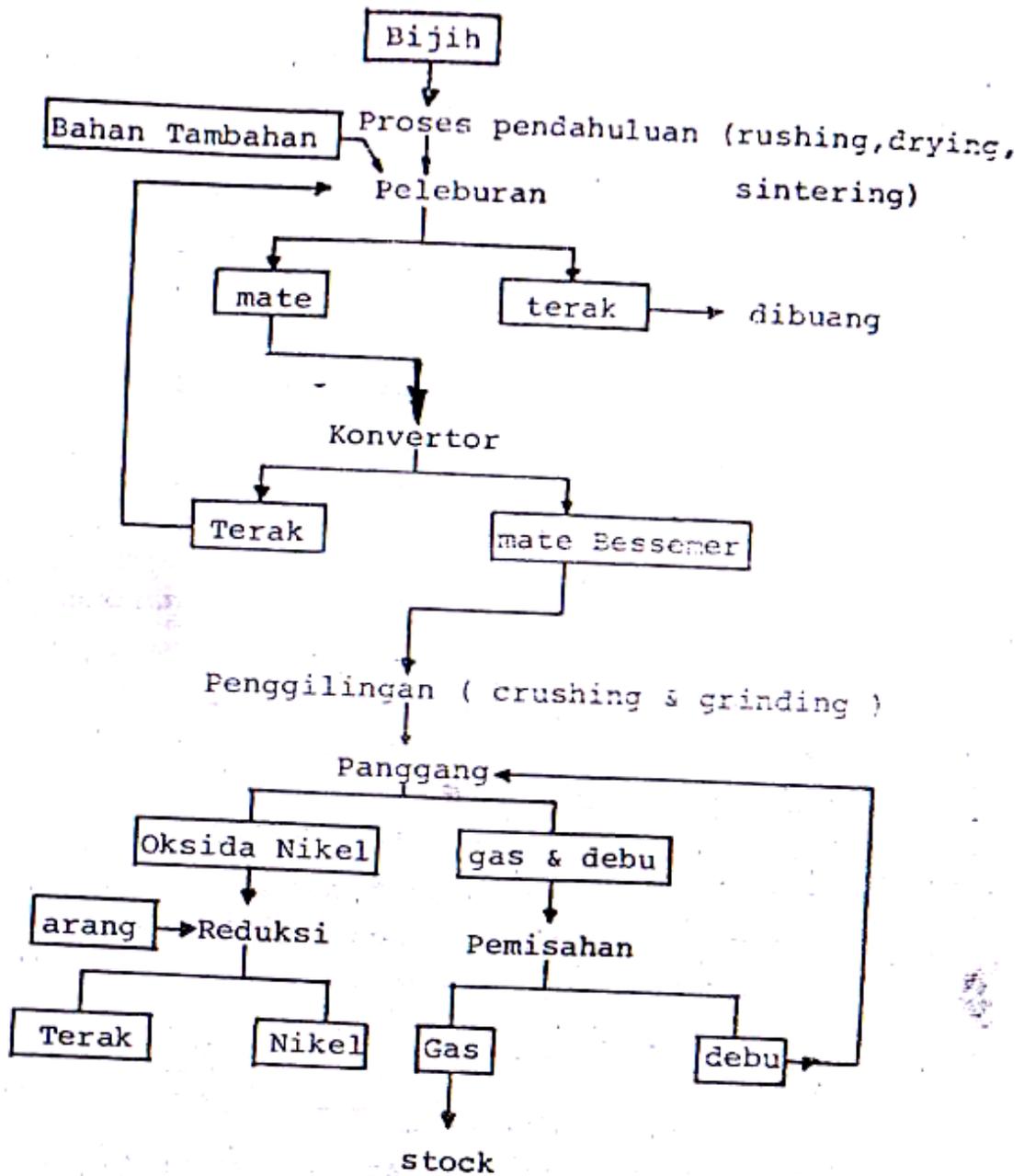
Karena perbedaan daya ikat besi dan nikel terhadap oksigen dan belerang, sehingga proses ini didapatkan matte yaitu paduan Ni_3S_2 dan Fe S dan sebagian besar besi dapat diterakkan.



Matte yang dihasilkan ini masih mengandung lebih dari 60 % Fe dan selanjutnya matte yang masih dalam keadaan cair terus diproses lagi dalam convertor. Proses – proses konvertor diberikan bahan tambahan silicon untuk menterakkan oksida besi. Terak hasil konvertor ini masih mengandung nikel yang cukup tinggi, sehingga terak ini biasanya diproses ulang pada **peleburan (Resmelting)**. Proses selanjutnya matte dipanggang untuk memisahkan belerang.



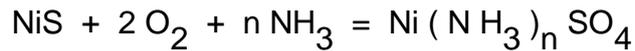
Nikel oksida yang didapat dari pemanggaan selanjutnya direduksi dengan bahan tambah arang (charcoal), sehingga didapat logam nikel.



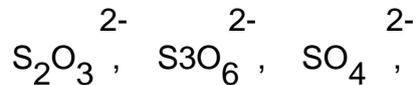
Gambar 4.4. Proses pemurnian bijih nikel

2. Proses Hydrometallurgy

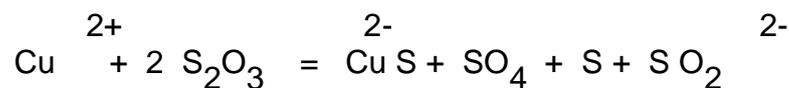
Pada proses ini concentrate di leaching dengan larutan ammonia didalam autoclave dengan tekanan kurang lebih 7 atm (gauge). Tembaga, nikel dan cobalt larut kedalam larutan ammonia, reaksi yang terjadi :



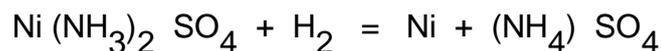
Oksidasi sulfida menimbulkan energi yang cukup banyak, oleh karena itu autoclave harus didinginkan untuk menjaga agar temperatur tetap bertahan antara 77-80 °C. Belerang yang ada didalam konzentrat di oksidasi menjadi :



sementara itu besi dipisahkan sebagai ferri hidrooksida dan sulfat basa. Larutan tersebut dididihkan untuk memisahkan tembaga, reaksi yang terjadi :



Selanjutnya larutan berisi nikel dan cobalt ini diproses dalam autoclave dengan hydrogen pada tekanan 15 atm (abs) dan temperatur 175 – 225 °C.



Sifat – sifat Nikel.

- Rapat massa relative : 8,9 gr / cm³
- Titik lebur : 1458 °C
- Kekuatan tarik : - di annealing 400 – 500 N / mm²
- di roll 700 – 800 N / mm²
- Sifat – sifat : kuat, liat, tahan korosi, digunakan secara luas sebagai unsur paduan.
- Penggunaan : - digunakan untuk pelapisan logam
- digunakan sebagai unsur paduan untuk meningkatkan kekuatan dan sifat – sifat mekanik baja.

4.1.4. Magnesium

Magnesium tergolong logam ringan, dan tahan terhadap karat berkat lapisan oksida magnesium. Magnesium Alloy dapat dituang pada cetakan pasir dan juga dapat dilas dan dimesin. Bijih magnesium yang banyak kita kenal adalah magnesit (Magnesium karbonat).

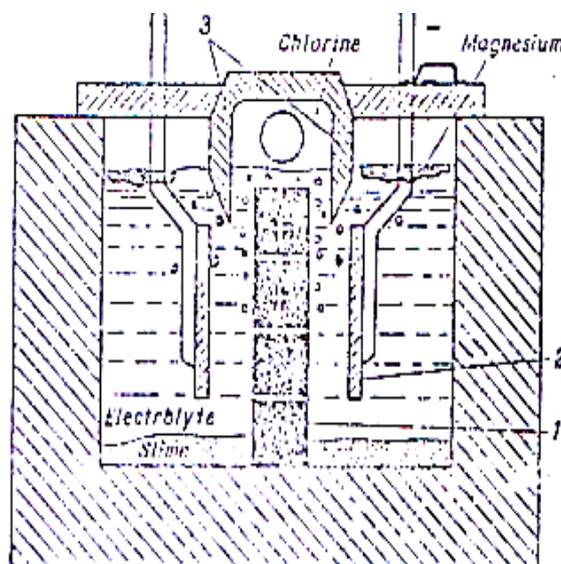


Proses pemurnian magnesium dapat dilakukan dengan metode Thermal atau Elektrolitic.

a. Thermal proses

Proses ini didasarkan pada reduksi magnesium oksida dengan karbon, silicon atau unsur lain pada temperatur dan vakum yang tinggi. Penyediaan unsur – unsur pengurang dan sumber – sumber bahan thermal proses ini terdiri dari :

- Reduksi pendahuluan bijih.
- Reduksi penguapan dan pengembunan uap magnesium
- Peleburan kristal (condensate crystal) menjadi magnesium kasar



Keterangan :

1. anode (grafit)
2. cathode (pelat baja)
3. dinding pemisah

Gambar 4.5. Magnesium electrolytic cell

b. Elektrolisis proses

Proses ini terdiri dari beberapa tingkat, yang prinsipnya adalah pengerjaan pendahuluan dari garam magnesium anhydrous murni, elektrolisa dalam kondisi lebur. Masing – masing proses ini dibedakan menurut bijih yang digunakan (dapat juga carnalite, magnesium, chloride, dsb) dan cara pengerjaan pendahuluannya (magnesite chlorination, dihidration of magnesium chloride, dan sebagainya). Elektrolit larutan garam magnesium dalam teknik tidak digunakan lagi karena magnesium lebih elektro negative dibanding dengan ion hydrogen pada katoda dan tidak ada cara untuk memperbaiki tehnik tersebut.

Sifat – sifat magnesium :

- Rapat massa relative : 1,74 gr/ cm³
- Titik lebur : 657 °C
- Sifat – sifat : - lunak dan kekuatan tariknya rendah
- tahan korosi.
- Penggunaan : Magnesium umumnya dipadu dengan unsur – unsur lain untuk memperoleh bahan – bahan structural terutama digunakan untuk roda pesawat terbang, pane-panel pesawat. Penggunaan lain adalah untuk “ Pyrotechnic “, “Explossive tecnics” dan “ Flash Lights “.

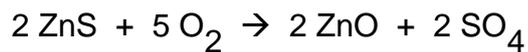
4.1.5. Seng

Seng tergolong logam rapuh, tetapi pada temperatur 100 – 150 °C mempunyai sifat – sifat mudah diroll dan ditarik menjadi kawat. Logam ini mempunyai susunan kristal HCP. Dari produksi seng 45 % digunakan untuk galvanisasi (pelapisan agar tahan terhadap karat). Seng ini juga sangat cocok digunakan untuk paduan brass, bronze, dan sebagainya. Bijih seng terdapat dalam bentuk

berbagai mineral antara lain hemomorphite $Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$, Smith Souite $ZnCO_3$, dan sebagainya.

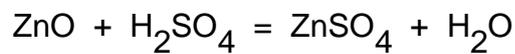
Proses pemurnian seng dapat dilakukan dengan metode **destilasi (pyrometallurgy)**, **metode elektrolisa (Hydrometallurgy)**. Sebelum proses destilasi, konsentrate terlebih dahulu dipanggang, sementara untuk proses elektrolisa konsentrat didahului dengan proses leaching.

- **Pemanggangan** : bertujuan untuk memisahkan seng dari belerang, pada prinsipnya :

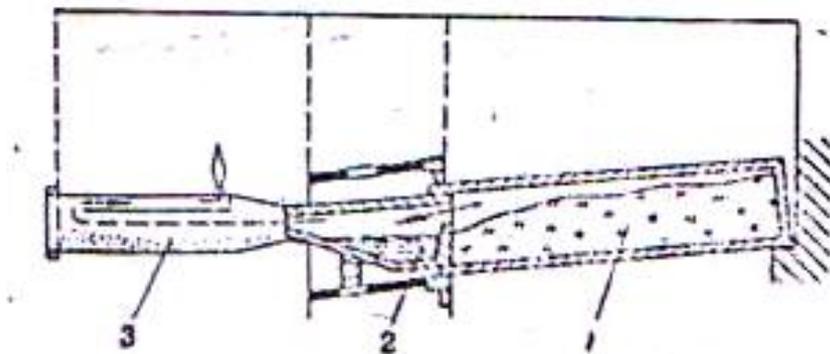


Tinggi temperatur pemanggangan tergantung pada jenis bijih dan besar butirannya.

- **Leaching** : bertujuan untuk mengubah seng oksida menjadi larutan seng sulfat ($ZnSO_4$)



- Dalam proses destilasi ini konsentrat dan batu bara dibakar dalam dapur sehingga temperatur mencapai $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Pada dapur ini seng direduksi menjadi uap, reaksinya adalah : $ZnO + CO = Zn_{uap} + CO_2$ Uap seng ini kemudian dimasukkan dalam kondensor.



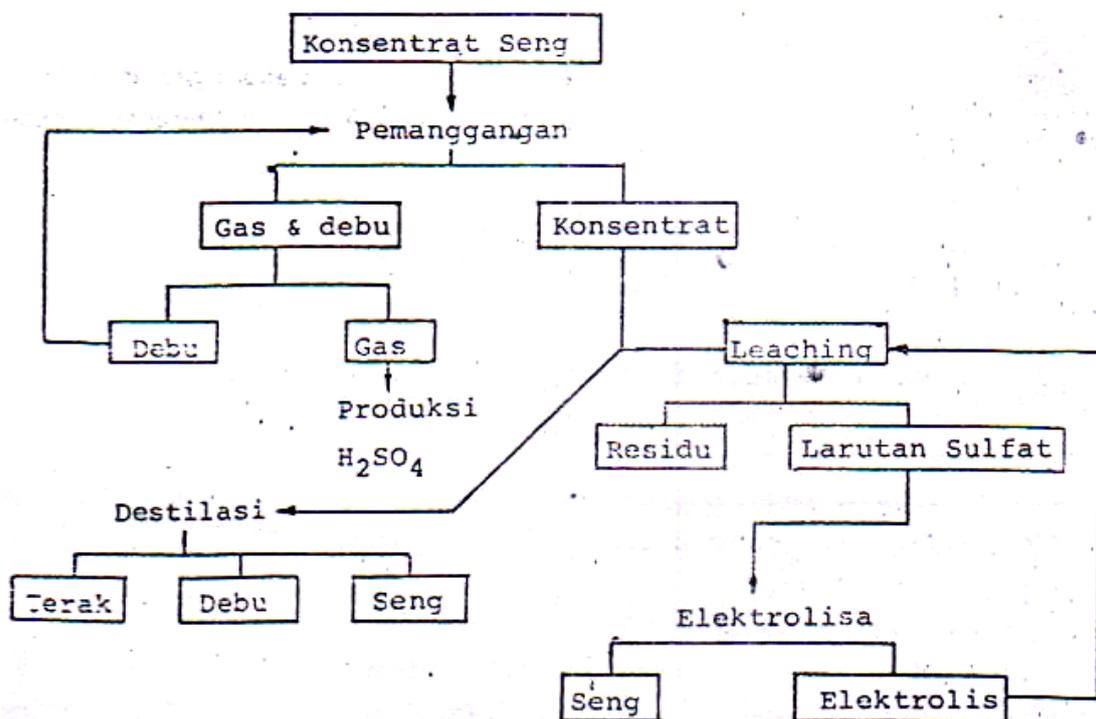
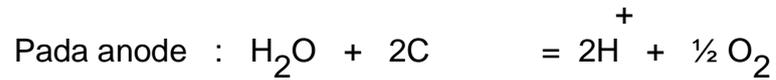
Keterangan :

1. retort
2. condenser
3. prolong

Gambar 4.6. Diagram proses destilasi mendatar

- Pada proses hydrometallurgy konsentrat yang telah dipanggang di leaching tersebut dipisahkan dan kemudian di elektrolisa. Pada proses elektrolisa ini

logam seng mengendap pada katode dan oksigen dilepaskan pada anoda. Larutan yang tertinggal adalah larutan asam belerang dan dapat digunakan untuk proses elektrolisa ulang. Reaksi elektrolisa ini dapat dituliskan sebagai berikut :



Gambar 4.7. Diagram pemurnian seng

Sifat-Sifat Seng :

- Rapat massa Relatif : 7,1 gr/ cm³
- Titik lebur : 420 °C
- Kekuatan tarik : - dituang 30 N/ mm²
 - Dipress / ditekan 140 N/ mm²
- Sifat – sifat : - lunak, ulet dan kekuatan tariknya rendah
 - tahan terhadap korosi
- Jenis penggunaan : - banyak digunakan untuk melapisi pelat baja untuk mendapatkan “galvanized iron “.
 - dasar dari paduan penuangan cetak.
 - sebagai unsur paduan pembuatan kuningan.

4.1.6. Timbel (Timah Hitam / Pb)

Timbel berwarna abu-abu kebiru-biruan, logam ini sangat lunak/lembek dan mampu tempa. Logam timbel mempunyai struktur kristal FCC, dan mempunyai sifat konduksi panas / listrik yang baik, kekerasannya 1/10 logam tembaga. Timbel diproduksi dari bijih timbel atau hasil sampingan dari bijih logam lain. Bijih timbel didapatkan dalam bentuk berbagai mineral antara lain Galena PbS, Cerusouite PbCO₃ dan Anglisite PbSO₄ . Kadang-kadang bijih timah hitam lebih banyak mengandung Seng daripada timbel, sehingga disebut bijih seng timbel.

Proses pemurnian bijih timbel dapat dilakukan menjadi 3 macam :

1. Reduksi bijih timbel dengan besi sulfat

Metode ini merupakan dasar peleburan (smelting proses). Disini dihasilkan timbel dan matte sulfida untuk mendapatkan timbel murni dapat dilakukan dengan proses yang lain. Metode ini jarang digunakan karena cukup mahal dan cukup rumit.

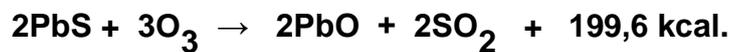
2. Reduksi antar timbel sulfide dan timbel sulfat / oxide

Reduksi udara atau reaksi pemanggangan menghasilkan bentuk timbel dan oksida belerang. System ini merupakan dasar peleburan (**ore – hearth – smelting**) yang digunakan sejak jaman dahulu.

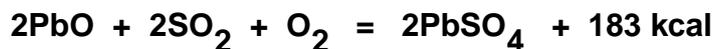
3. Reduksi oksida timbel dengan karbon atau Carbon mono oxide dalam proses ini meliputi pengerjaan pendahuluan oksida timbel, timbel silikat, atau senyawa oksida lainnya dengan cara pemanggangan dan sintering.

Untuk metode 1 dan 2 diatas peleburanya dilaksanakan pada dapur **ore – hearth** dan dapur tinggi (**blast furnace**). Sebelum konsentrat dilebur pada **ore hearth furnace**, konsentrat tersebut harus dipanggang lebih dahulu pada “ **blast roasting** “.

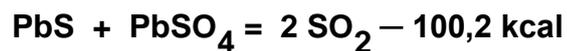
Dalam pemanggangan ini sulfida terbakar dan membentuk **sulfida dioksida** :



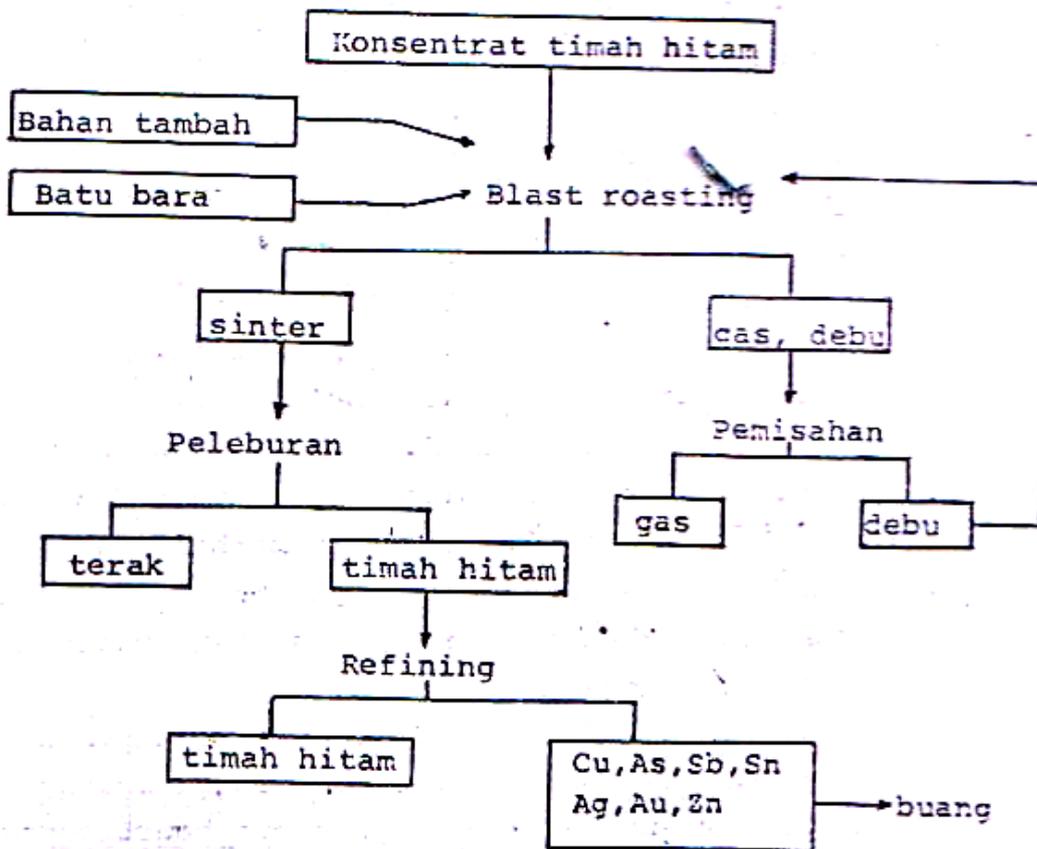
Proses pada ore – heart – smelting proses berlangsung pada temperatur 70 – 800 °C dan reaksi yang terjadi :



Oksida yang terjadi dimulai dari permukaan partikel – partikel dan secara perlahan – lahan masuk kedalam. Interaksi yang terjadi antara oksida bagian dalam partikel dan sulfat pada bagian permukaan menghasilkan timbel :



Dalam prakteknya timbel yang didapat masih mengandung unsur lain 1 : 8 % (Au, Ag, Cu, Zn, As, Sb, Bi, Fe). Timah hitam ini perlu di refining yang pelaksanaannya dengan metode pyrometallurgy.



Gambar 4.8. Diagram pemurnian timah hitam

Sifat-Sifat Timbel :

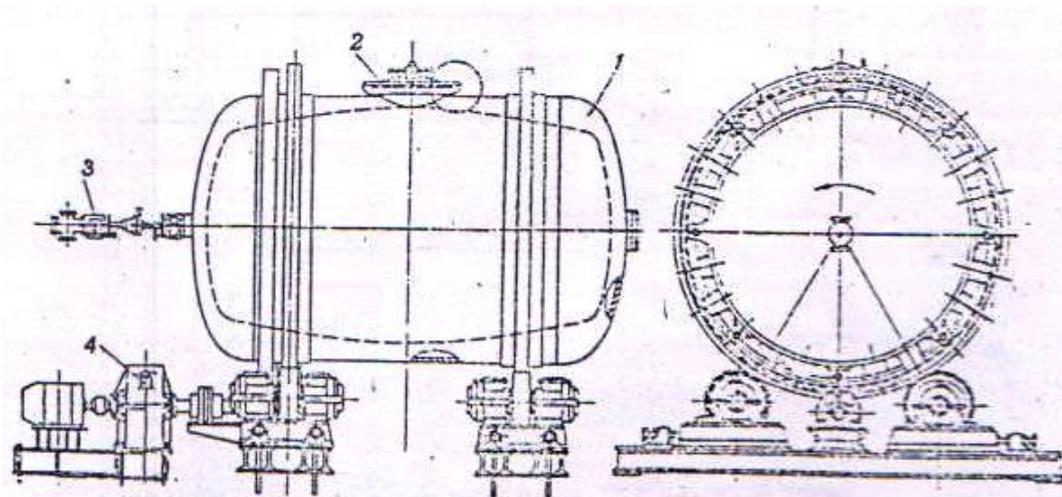
- Rapat massa relative : 11,3 gr/ cm³
- Titik lebur : 328 °C
- Kekuatan tarik : 15 – 20 N/ mm²
- Sifat – sifat : - lunak, ulet dan kekuatan tariknya sangat rendah
- tahan sekali terhadap korosi.
- Jenis penggunaan : - pelindung kabel listrik
- kisi – kisi plat aki
- pelapis pada industri – industri kimia
- dasar dari paduan solder
- ditambahkan pada logam lain menjadikannya “ free cutting “.

4.1.7. Timah

Timah mempunyai 3 perubahan **alotropi**, pada kondisi normal 13 °, 161° disebut **timah beta**, fase ini mempunyai warna perak dan dapat ditempa. Bila timah dipanaskan sampai 161°C berubah menjadi **timah gamma**, pada fase ini sangat rapuh dan mudah dihancurkan menjadi bentuk yang halus. Timah pada temperatur dibawah 13°C berubah menjadi **timah alpa**, pada fase ini struktur kristalnya adalah **diamond**. Bijih timah yang banyak kita kenal adalah bijih **cassiterite (batu timah)**, bijih ini berwarna kuning muda hingga coklat tergantung zat yang dikandungnya. Logam lain yang sering menyertai casiterite adalah **tugsten, tembaga, seng, timbel** dan berupa mineral lainnya.

Sebelum bijih timah dilebur untuk proses pemurnian, bijih ini diposes pendahuluan yang meliputi : **pemanggangan, leaching, dan pemisahan secara magnetic.**

- **Pemanggangan (roasting)** dimaksudkan untuk memisahkan **belerang, arsen** dan **antimony**. Proses ini memerlukan temperatur yang cukup tinggi, hingga belerang terbakar.



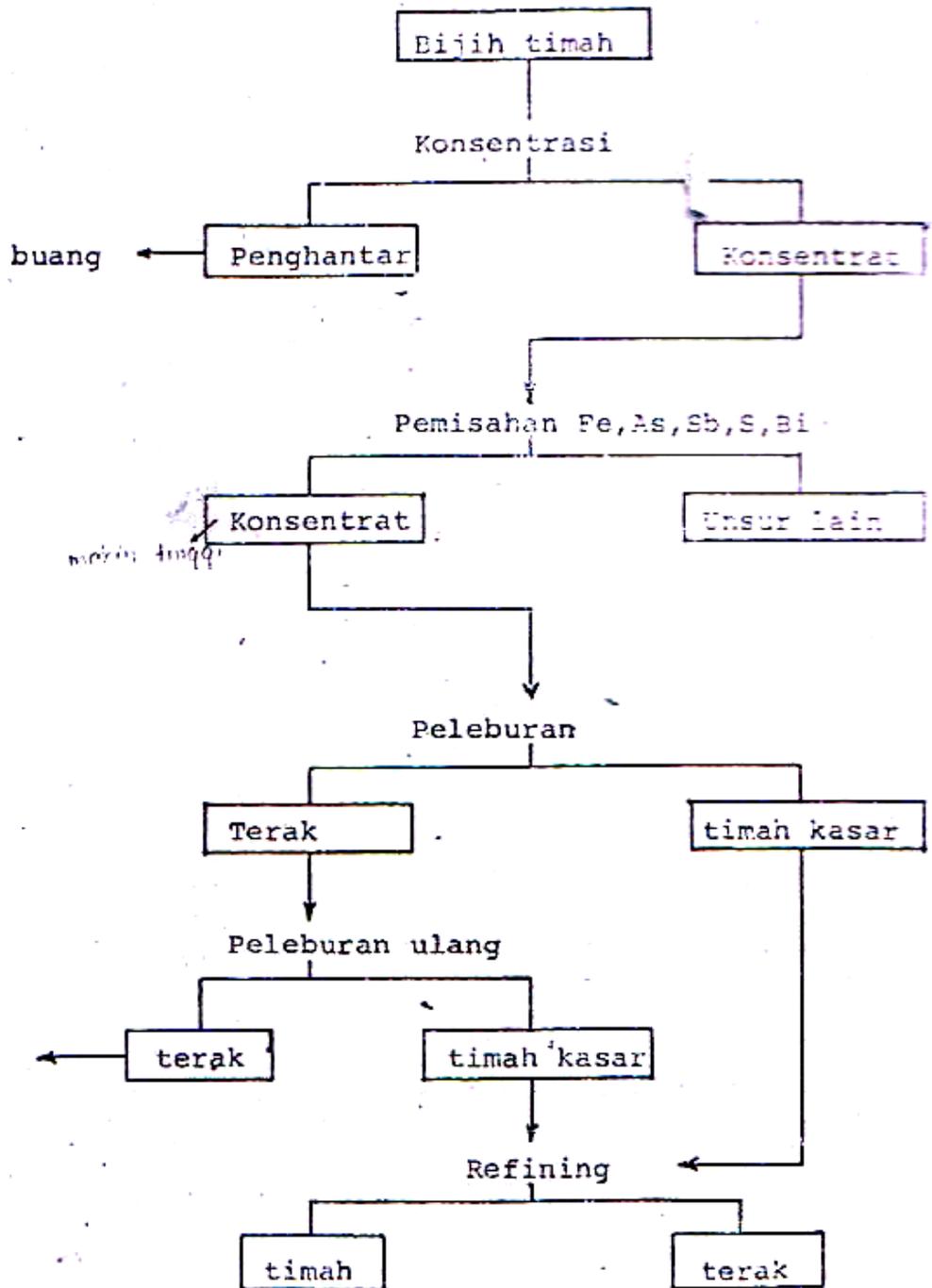
Gambar 4.9. Autoclave untuk meleaching timah

- **Leaching** : pada leaching ini digunakan larutan **asam hydrochloride (HCl)**. Hal ini dimaksudkan untuk memisahkan unsur – unsur **Fe, Pb, As** pada temperatur ± 130 °C.
- **Pemisahan** : secara magnetis, setelah dileaching bijih perlu dipisahkan dari unsur – unsur yang magnetis (magnetive). Setelah magnetic (Tangstate) dan didapatkan unsur **non magnetic (cassiteric)**.

Setelah itu proses pendahuluan dilanjutkan dengan peleburan (reduction melting). Pemurnian konsentrat ini menggunakan metode pyrometallurgy, metode hydrometallurgy tidak dapat digunakan karena cassiteric tidak dapat larut pada larutan asam dan alkalis. Proses ini dapat dilakukan pada dapur Reverberatory atau dapur listrik. Hasil dari smelting didapatkan **timah kasar (pig tin)**. Sebelum dipasarkan timah kasar ini harus diproses lagi pada refining untuk mencapai standard tertentu.

Sifat – sifat timah :

- Rapat massa relatif : 7,3 _gr/ cm³
- Titik lebur : 232 °C
- Kekuatan tarik : 40 – 50 N/ mm²
- Sifat – sifat : tahan korosi
- Penggunaan : - untuk melapisi pelat baja lunak
- digunakan unuk sifat solder
- dipadu dengan logam lainnya.



Gambar 4.10. Diagram pemurnian timah

4.2. Paduan Non Ferro

Logam-logam Non Ferro dan paduannya tidak diproduksi secara besar-besaran seperti logam besi, tetapi cukup vital untuk kebutuhan industri karena memiliki sifat – sifat yang tidak ditemukan pada logam besi dan baja. Sifat-sifat paduan logam non ferro adalah :

- mampu dibentuk dengan baik

- massa jenisnya rendah
- penghantar panas dan listrik yang baik
- mempunyai warna yang menarik
- tahan karat
- kekuatan dan kekakuannya umumnya lebih rendah dari pada logam fero.
- sukar dilas.

4.2.1. Paduan Aluminium (Aluminium Alloy)

Paduan aluminium banyak dipakai dalam industri yang dibagi dalam dua golongan utama :

1. **Wrought Alloy** : dibuat dengan jalan rolling (paduan tempa), forming, drawing, faging, dan press working.
2. **Casting Alloy** : dibuat berdasarkan pengecoran paduan tempa.

Paduan Aluminium tempa mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi mendekati baja paduan ini dibedakan lagi berdasarkan :

- a. dapat di heat treatment
- b. tak dapat di heat treatment

Paduan aluminium yang tak dapat di heat treatment yaitu : **Al – Mn (1,3% Mn) dan Al – Mg – Mn (2,5% Mg dan 0,3% Mn)**, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, ductile, tahan korosi dan dapat dilas.

Paduan Aluminium Tuang merupakan paduan yang kompleks dari aluminium dengan tembaga, nikel, besi, silikon dan unsur lain. Duraluminium (dural) adalah paduan Al – Cu – Mg, dimana Mg dapat ditambahkan (Meningkatkan Kekuatan, dan ketahanan korosi) dan begitu juga dengan penambahan Si dan Fe. **Komposisi dural** : 2,2 – 5,2%Ca, diatas 1,75% Mg, diatas 1% Si, diatas 1% Fe, dan diatas 1% Mn. Paduan aluminium yang terdiri dari 8-14% Si disebut **Silumin**. Paduan aluminium dengan (10 – 13% Si dan 0,8% Cu) dan (8-10%Si, 0,3%Mg dan 0,5 Mn) mempunyai sifat – sifat dapat dituang dengan baik dan tahan korosi serta *ductile*.

Aluminium paduan yang banyak digunakan untuk paduan logam ringan, misalnya duralumin biasanya digunakan untuk badan pesawat terbang, kendaraan bermotor, kapal pesiar, alat-alat rumah tangga dan sebagainya.

4.2.2. Paduan Magnesium

Paduan magnesium digunakan hanya bila dalam konstruksi mesin yang factor berat menjadi pertimbangan utama. Sebab magnesium mempunyai daya gabung yang tinggi terhadap oksigen dan mudah terbakar.

Sifat – sifat mekanik magnesium terutama memiliki kekuatan tarik yang sangat rendah. Oleh karena itu magnesium murni tidak dibuat dalam teknik. Paduan magnesium memiliki sifat – sifat mekanik yang lebih baik serta banyak digunakan. Unsur – unsur paduan dasar magnesium adalah aluminium, seng dan mangan. Penambahan Al diatas 11%, meningkatkan kekerasan, kuat tarik dan fluidity (keenceran). Penambahan Seng meningkatkan ductility (perpanjangan relative dan castability (mampu tuang). Penambahan 0,1 – 0,5 % Mn, meningkatkan ketahanan korosi. Penambahan sedikit Cerium, zirconium dan beryllium dapat membuat struktur butir yang halus dan meningkatkan ductility dan tahan oksidasi pada peningkatan suhu. Ada dua kelompok besar magnesium paduan :

1. **Wrought alloy** : (0,3% Al, 1,3 – 2,5% Mn) dan
(3 – 4% Al, 0,6% Zn & 0,5% Mn)
2. **Casting alloy** : (5 – 7% Al, 2 – 3% Zn & 0,5% Mn) dan
(8% Al,),6% Zn & 0,5% Mn).

4.2.3. Paduan Tembaga

a. Kuningan (*Brass*)

Paduan tembaga dan seng dinamakan Brass. Penambahan sedikit timah, nikel, mangan, aluminium dan unsur – unsur lain dalam paduan tembaga, seng dapat dipertinggi kekerasan dan kekuatan serta tahan korosi (special brass).

b. Perunggu (Bronze)

Paduan tembaga dan timah dengan penambahan sedikit aluminium, silikon, mangan, besi dan beryllium disebut bronze. Bronze dengan penambahan besi dan nikel memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, tahan panas, digunakan untuk fitting dapur dan bagian-bagian mesin yang permukaannya bersinggungan. Dalam prakteknya yang paling banyak digunakan adalah perunggu dengan 25 – 30 % Sn. Berbagai jenis bronze, antara lain :

- **Wrought bronze**, terdiri dari paling tinggi 6% Sn dan Casting Bronze lebih dari 6% Sn.
- **Special Bronze**, yaitu paduan dengan dasar tembaga dicampur Ni, Al, Mn, Si, Fe, Be, dll.
- **Aluminium Bronze**, terdiri dari 4 – 11% Al, mempunyai sifat – sifat mekanik yang tinggi dan tahan korosi serta mudah dituang.
- **Gunmetal**, yaitu perunggu dengan penambahan seng.
- **Phosphor Bronze**, terdiri dari \pm 95 % Cu, 5% Sn dan 0,2 % P, digunakan untuk saringan kawat, koil, dan pegas pelat.
- **Silicon Bronze**, memiliki sifat – sifat mekanik yang tinggi, tahan aus dan anti korosi dan mudah dituang maupun dilas.
- **Beryllium Bronze**, memiliki sifat mekanik yang tinggi, tahan korosi, tahan aus dan ductile, daya hantar panas / listrik yang tinggi.
- **Monel**, komposisinya 31 % Cu, 66 % Ni, 1,35 % Fe, 0,9 % Mn dan 0,12 % C, sifat tariknya bagus dan ductile, tahan korosi dalam air laut dan larutan kimia.

4.2.4. Paduan Tahan Aus (anti friction alloy)

Bahan paduan tahan aus banyak digunakan untuk permukaan bantalan (bearing). Logam bantalan mempunyai syarat – syarat sebagai berikut :

- koefisien gesek antar poros dan bantalan harus serendah mungkin
- mampu menahan panas akibat gesekan.
- tahan tekanan akibat beban, dll.

Beberapa macam logam bantalan yaitu :

- babbitt metal
- bronze tahan aus
- besi tuang tahan aus

Babbitt

Babbitt terdiri dari timah, antimony, timbel dan tembaga serta unsur lain yang memiliki sifat tahan aus. Bahan dasar babbitt yang digunakan di industri adalah timbel atau logam lain sebagai pengganti timah yang mahal. *Calcium Babbitt* terdiri dari : 0,8–1,1% Ca, 0,75–1 % Ni dan sisanya adalah Pb.

Bronze Tahan Aus

Digunakan untuk bantalan biasa dengan beban spesifik yang tinggi.

Besi Tuang Tahan Aus

Cocok untuk bantalan biasa yang bekerja dengan tekanan spesifik tinggi, tetapi kecepatan / putaran dari poros rendah. Komposisinya : 3,2 – 3,6% C, 2,2 – 2,4% Si, 0,6 – 0,9% Mn dan memiliki struktur pearlit dengan sejumlah grafit normal dan kekearasannya 170 – 229 Hb.

4.2.5. Paduan Titanium (Titanium Alloy)

Sebagai bahan teknik, titanium banyak penggunaannya. Titanium adalah logam dengan warna putih keperak-perakan, titik lebur 1.668 °C dan massa jenisnya 4,505 kg/dm³. Titanium tidak murni/campuran dalam perdagangan dapat digolongkan menjadi :

- Unsur – unsur yang membentuk interstisi larutan padat (solid solution) : O₂, N, C dan H₂, dll.
- Unsur – unsur yang membentuk substitusi larutan padat (Fe dan unsur logam lainnya).

Oksigen dan Nitrogen dengan persentase kecil dalam titanium alloy dapat mengurangi ductility dengan drastic. Kandungan karbon dengan lebih dari 0,2 % menurunkan ductility dan kekuatan pukul dari titanium alloy. Paduan titanium terdiri dari vanadium, molybdenum, chromium, mangan, aluminium, timah, besi, dan lain-lain, memiliki sifat – sifat mekanik tinggi, dengan massa jenis yang rendah, sangat tahan korosi dan banyak digunakan dalam industri pesawat terbang.

BAB 5

NON LOGAM

Bahan bukan logam (non logam) ternyata selalu dibutuhkan, baik dalam teknik bangunan dan mesin, bangunan umum, teknik proses, maupun keperluan lainnya. Bukan logam selain digunakan sebagai bahan pengganti logam untuk beberapa keperluan juga sangat dibutuhkan sebagai bahan utama sesuai dengan kemampuan yang dimiliki dan sifat-sifatnya yang khas untuk berbagai keperluan. Bahan bukan logam yang penting untuk bahan teknik diklasifikasikan dalam 2 kelompok, yaitu ;

1. Bahan alam (*natural material*)
2. Bahan tiruan (*cyntetic material*)

5.1. Bahan Alam

Bahan alam merupakan bahan baku prorduk yang diperoleh dan digunakan secara langsung dari bahan alam, oleh karena itu produk akhir yang menggunakan bahan baku ini akan memiliki sifat yang sama dengan bahan asalnya, yang termasuk dalam kelompok ini antara lain oksigen, nitogen, senyawa karbon, senyawa fosforus, kayu, batu, karet, keramik, kulit, dan lain-lain.

5.1.1. Oksigen

Keberadaan oksigen ditemukan oleh Joseph Priestley pada tahun 1774, seorang ilmuwan dari Inggris. Ia menemukan bahwa lilin menyala lebih terang dalam gas tersebut daripada dalam gas biasa. sifat ini yang mendasarinya untuk menunjukkan oksigen.

Setiap orang mengetahui pentingnya gas oksigen. Tanpa oksigen pembakaran mustahil terjadi, dan gas oksigen diperlukan dalam proses metabolisme tubuh. Para penyelam, antariksawan dan penderita penyakit saluran pernapasan selalu

dilengkapi dengan tabung gas oksigen. Di bidang industri, oksigen diperlukan untuk zat pengoksidasi serta sebagai bahan baku untuk memproduksi berbagai senyawa.

Beberapa sifat gas oksigen antara lain :

- Oksigen tidak berwarna , tidak berbau dan tidak berasa sehingga tidak terdeteksi oleh panca indera kita.
- Oksigen mengembun pada -1830C dan membeku pada -21840C
- Oksigen cair dan padat dapat berwarna biru dan sedikit larut dalam air
- Pada suhu dan tekanan normal oksigen tidak begitu reaktif tetapi menjadi sangat reaktif pada suhu tinggi.
- Oksigen merupakan unsur yang terbanyak di kulit bumi.
- Oksigen dalam udara sekitar 21% dari volum udara.

Penggunaan oksigen :

- Untuk pernapasan para penyelam, antariksawan dan penderita penyakit tertentu.
- Sebagian besar dari produksi oksigen digunakan dalam industri baja, yang mengurangi kadar karbon dalam besi gubal.
- Bersama-sama dengan gas asetilena digunakan untuk mengelas baja.
- Oksigen cair bersama dengan hidrogen cair digunakan sebagai bahan bakar roket untuk mendorong pesawat ruang angkasa.

5.1.2. Nitrogen

Nitrogen atau zat lemas terdapat dalam udara sekitar 78% dari volum udara. Akan tetapi kelimpahan nitrogen dalam kulit bumi hanya sekitar 0,03 %. Sifat-sifat nitrogen adalah :

- Tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.
- Nitrogen mengembun pada $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan membeku pada $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tergolong unsur yang sukar bereaksi dan hanya bereaksi pada suhu tinggi dengan bantuan katalisator.

Penggunaan Nirtogen :

- Untuk membuat Amoniak
- Membuat atmosfer inert dalam berbagai proses yang terganggu oleh oksigen, misalnya dalam industri elektronika.
- Sebagai atmosfer inert dalam makanan kemasan untuk memperpanjang masa penggunaan.
- Nitrogen cair sebagai pendingin.

Pengolahan nitrogen

Pemisahan nitrogen dan oksigen dari udara dilakukan dengan cara distilasi bertingkat udara cair. Mula-mula disaring untuk membersihkan dari debu. Udara bersih lalu dikompresikan yang menyebabkan suhu yang meningkat. Kemudian dilakukan pendinginan. Pada tahap ini air dan karbondioksida sudah membeku dan dapat dipisahkan. Setelah melalui menara pendingin, udara kemudian dialirkan ke menara yang lebih besar sehingga udara turun dan sebagian udara akan mecair. Udara yang belum mencair di sirkulasikan, dialirkan lagi ke dalam kompresor.

5.1.3. Senyawa Karbon

Unsur karbon memiliki beberapa bentuk yang berbeda yaitu intan, grafit, arang karbon black, batubara, karbon monoksida, karbon dioksida, natrium bikarbonat, karbonat dan sebagainya.

a. Intan

Intan merupakan zat padat yang bening berkilauan dan merupakan zat yang sangat keras. Penggunaannya sesuai dengan sifatnya yang mengkilap dan keras. Intan buatan dibuat dari grafit melalui pemanasan pada suhu 3300°C dan pada tekanan 125.000 atm.

Sifat-sifat intan antara lain ; keras, tidak berwarna, transparan, indeks bias tinggi, bukan konduktor listrik, tahan asam dan alkali, terbakar pada suhu 8000°C .

Beberapa penggunaan intan antara lain ;

- untuk perhiasan,
- untuk membuat alat pemotong (seperti pemotong kaca), gerinda, dan mata bor.
- untuk membuat amplas untuk memoles benda yang sangat keras, seperti baja tahan karat.

b. Grafit

Grafit mempunyai struktur yang berbentuk lapisan. Jarak antar lapisan hampir 2,5 kali lebih besar dari jarak antar atom dalam satu lapisan. Hal ini menyebabkan grafit bersifat licin karena satu lapisan dapat meluncur di atas lapisan lainnya. Hubungan antar lapisan dalam grafit dapat di ibaratkan dengan tumpukan lembaran kaca yang basah.

Grafit juga mempunyai titik leleh yang tinggi. Elektron yang digunakan untuk membentuk ikatan antar lapisan terikat relatif lemah, sehingga dapat mengalir dari satu atom ke atom lain sehingga grafit dapat menghantarkan listrik.

Sifat-sifat grafit adalah : berwarna hitam, buram, dapat menghantar listrik, dapat di hancurkan menjadi serbuk yang lebih kecil, licin dan tahan panas.

Penggunaan grafit

- Sebagai anode dalam batu baterai dan dalam berbagai proses industri yang menggunakan elektrolisis, misalnya peleburan aluminium.
- Grafit dicampur dengan tanah liat untuk membuat pensil, dan bahan kosmetik.
- Bahan pelumas.
- Sebagai komponen dalam pembuatan komposit (paduan material).

c. Arang

Arang dibuat dari kayu atau serbuk gergaji dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa udara. Arang merupakan kristal halus dengan struktur seperti grafit. Ruang antar lapisan atom dalam arang yang dibubuk halus dapat

menjerap atom, sehingga zat itu mempunyai daya absorpsi yang besar. Oleh karena itu zat ini digunakan dalam topeng gas.

Penggunaan arang :

- Untuk mengadsorpsi zat warna, dan bahan polutan lain dalam pengolahan air.
- Untuk mengadsorpsi zat warna yang terdapat dalam air tebu pada pengolahan gula.
- Sebagai obat sakit perut.

d. Karbon black

Karbon black adalah jelaga yang dibuat pada pembakaran hidrokarbon dengan oksigen yang terbatas. Penggunaan karbon black :

- Vulkanisasi karet pada industri ban.
- Membuat ebonit.
- Pigmen dalam cat, tinta, kertas dan plastik.

e. Batu bara

Batu bara terbentuk dari proses fosilisasi tumbuhan. Selain hidrokarbon, dalam batubara juga terkandung belerang dan nitrogen. Sebenarnya batu bara dapat di ubah menjadi bahan bakar gas melalui proses yang di sebut gasifikasi Batu bara. Akan tetapi proses seperti ini baru dalam tahap pengembangan. Salah satu kendala ialah besarnya investasi yang diperlukan sementara masih tersedia bahan bakar lain yang lebih murah.

Batubara merupakan sumber energi yang lebih murah daripada sumber minyak bumi. Selain itu juga lebih melimpah. Tempat penambangan batubara terdapat di Pulau Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sumatera Barat (Umbilin), Sumatera Selatan (Bukit Asam).

Penggunaan utama batu bara adalah untuk :

1. Bahan bakar dalam industri dan PLTU
2. Bahan bakar rumah tangga dalam bentuk briket.

f. Karbonmonoksida(CO)

Karbonmonoksida lebih dikenal karena sifatnya yang beracun daripada penggunaannya. Gas ini dapat berikatan dengan haemoglobin dalam darah sehingga menghalangi fungsi utama darah sebagai pengangkut oksigen. Gas CO tidak berbau, berwarna, dan tidak berasa. Karbonmonoksida berasal dari pembakaran tak sempurna kendaraan bermotor dan industri. Udara bersih praktis tidak mengandung gas CO.

Penggunaan gas CO :

1. Sebagai reduktor pada pengolahan berbagai jenis logam,.
2. Sebagai bahan baku untuk membuat metanol.
3. Komponen dari berbagai jenis bahan bakar gas, seperti gas air dan gas kokas.

g. Gas karbondioksida (CO₂)

Karbon dioksida terdapat di udara dengan kadar 0,035%. Juga terdapat dalam air terutama air laut. Karbon dioksida lebih mudah larut dalam air laut karena sifatnya yang basa, sedang CO₂ bersifat asam. Karbon dioksida terbentuk pada pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon seperti batu bara, minyak bumi, gas alam dan kayu. Gas ini juga dihasilkan pada pernapasan makhluk hidup. Karbondioksida merupakan komponen utama siklus karbon di alam. Karbon dioksida komersial diperoleh dari pembakaran residu penyulingan minyak bumi.

Penggunaan gas CO₂ :

- Di udara : Untuk proses fotosintesis, menentukan suhu global iklim
- Di air : untuk proses fotosintesis tumbuhan air, digunakan oleh siput dan sejenisnya untuk membuat cangkang.

- Komersial : karbon dioksida mudah di padatkan, karbondioksida padat disebut es kering, untuk memadamkan kebakaran, untuk membuat minuman ringan (soft drink).

h. Natrium bikarbonat

Disebut juga soda kue atau bikarbonat. Bahan ini sering digunakan sebagai bahan pengembang kue. Bubuk pengembang kue merupakan campuran dari serbuk NaHCO_3 dengan suatu zat yang bersifat asam, dapat berupa natrium, aluminium sulfat atau kalsium asam tartrat. Natrium hidrogen karbonat dan asam tersebut tidak bereaksi dalam keadaan kering, tetapi begitu berada dalam adonan segera bereaksi membebaskan gas CO_2 yang akan memekarkan adonan.

i. Karbonat

Karbonat adalah senyawa yang mengandung ion CO_3^{2-} . Senyawa karbonat yang terpenting adalah natrium karbonat dan kalsium karbonat. Natrium karbonat disebut juga soda pembersih digunakan untuk membuat gelas dan untuk melunakkan air sadah. Beberapa bentuk kalsium karbonat antara lain batu kapur dan marmer.

Penggunaan batu kapur :

1. Sebagai bahan bangunan yang disebut batu alam.
2. Sebagai fluks pada peleburan besi.
3. Bahan pembuat gelas bila dicampur dengan natrium bikarbonat.
4. Dipanaskan dengan tanah liat untuk membuat semen.
5. Dipanaskan dengan tanur untuk membuat kapur (CaO) yang banyak digunakan untuk mengurangi keasaman tanah pertanian.

5.1.4. Senyawa Fosforus

a. Fosforus

Dalam tubuh manusia terdapat fosforus di antaranya nukleat yaitu DNA dan RNA yaitu senyawa yang bertanggung jawab dalam sintesis protein dan sifat genetik, senyawa yang berperan dalam pertukaran energi dalam sel, serta kalsium fosfat senyawa utama penyusun matriks tulang. Unsur fosforus mempunyai beberapa bentuk alotropi, yaitu fosforus putih dan fosforus merah. Fosforus putih berupa zat padat seperti lilin berwarna putih, mencair pada 44 °C dan mendidih pada 280 °C. Fosforus putih sangat reaktif, terbakar sendiri bila tercampur dengan udara beracun, dan bercahaya dalam gelap. Fosforus merah juga merupakan zat padat lebih padat daripada fosforus putih, dan berwarna merah. Fosforus merah juga tidak terbakar jika bercampur udara kecuali dipanaskan hingga suhu 2500 C, tidak bersifat racun dan tidak bercahaya dalam gelap. Fosforus putih dibuat dengan memanaskan batuan fosfat, pasir dan kokas. Fosforus merah dibuat dengan memanaskan fosfor putih pada suhu 2400 C dalam atmosfer inert.

Penggunaan fosforus :

- a. Sebagian besar fosforus putih digunakan untuk membuat asam fosfat.
- b. Fosforus merah digunakan untuk membuat korek api jenis safety matches, yaitu korek api biasa. Ada jenis korek api lain yang dapat dinyalakan di sembarang tempat asal kering dan sedikit kasar, yaitu strike anywhere matchess.
- c. Pembuatan aliase perunggu tertentu, campuran untuk bom asap, dan untuk membuat senyawa fosforus.

b. Asam Fosfat

Asam Fosfat berupa cairan kental tak berwarna dan mudah larut dalam air. Asam Fosfat digunakan untuk membuat pupuk super fosfat juga untuk membuat bahan penunjang dalam deterjen, bahan pembersih lantai, insektisida dan makanan hewan.

C. Pupuk Super Fosfat

Fosforus termasuk unsur makro, yaitu unsur yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah besar. Sementara itu, fosforus di alam terutama terdapat sebagai batuan fosfat yang tidak larut dalam air sehingga tidak dapat diserap tumbuhan. Pupuk yang mengandung senyawa $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ disebut pupuk Super Fosfat karena mudah larut dalam air.

D. Natrium Tri Fosfat ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)

Senyawa ini digunakan untuk bahan penunjang dalam detergen, yaitu untuk mengikat ion-ion kalsium / magnesium dari air sadah sehingga tidak mengganggu (mengendapkan) detergen. Salah satu akibat dari penggunaan senyawa fosfat ini adalah pencemaran air karena akan menyuburkan pertumbuhan eceng gondok dan ganggang. Bila masa tumbuhan ini mati, reaksi pembusukannya akan menghabiskan oksigen terlarut sehingga kehidupan binatang air tidak dimungkinkan.

E. Iodin

Iodin adalah unsur non logam yang pada suhu kamar berupa zat padat yang berwarna hitam dan mudah menyublim. Uap iodin berwarna ungu. Iodin tergolong unsur halogen (VII A). Satu-satunya tambang iodin di tanah air adalah simir iodin yang dikelola kimia farma yang terdapat di Watu Dakon, Jawa timur. Akan tetapi sumber ini hampir habis di eksploitasi. Penggunaan unsur ini terutama untuk membuat obat. Larutan iodin dalam alkohol dikenal sebagai iodine tincture, digunakan sebagai bahan antiseptik. Iodin unsur juga digunakan dalam analisis kimia untuk menunjukkan amilum. Yang berwarna ungu.

Salah satu senyawa iodin yang terpenting adalah NaI atau NaIO_3 yang dicampurkan ke dalam garam dapur yang bermanfaat untuk mengatasi kekurangan iodin dalam tubuh. Kekurangan iodin dalam tubuh dapat menyebabkan gondok dan keterbelakangan mental. Perak iodida digunakan

untuk membuat film atau kertas fotografi karena senyawa perak lodida mudah terurai jika kena sinar.

5.1.5. Kayu

Kayu adalah bahan yang paling sering digunakan orang-orang untuk membangun sebuah bangunan. Merupakan SDA yg dapat diperbaharui. Kayu termasuk material yang mudah diproses untuk dijadikan barang lain. Kayu mempunyai sifat-sifat spesifik yang tidak bisa ditandingi material buatan manusia seperti baja dan beton. Kayu bersifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus atau sejajar dengan seratnya. Makin berat kayu, makin kuat pula kayunya. Berat jenis suatu kayu ditentukan oleh ketebalan dinding sel dan ukuran rongga sel. Kayu mempunyai kekukuhan terhadap gaya tarik, tekan, geser, lentur, puntir, dan belah.

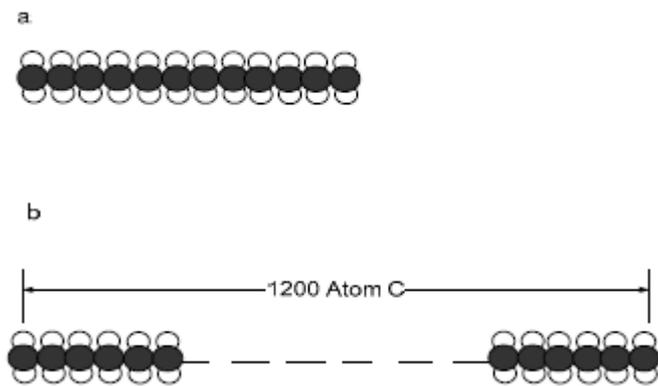
Sifat-sifat kayu

1. Sifatnya isolator.
2. Permukaan kayu akan berubah warna menjadi lebih muda apabila terjadi kontak langsung dengan udara.
3. Kayu akan menjadi sangat kuat apabila tekanan yang diberikan sejajar dengan serat yang ada pada kayu.
4. Kayu itu adalah bahan bangunan yang lebih lentur disbanding dengan bahan-bahan bangunan yang lain.
5. Balok kayu structural biasanya lebih tahan terhadap keruntuhan dibandingkan dengan balok baja.

5.2. Bahan-Bahan Tiruan (*Syntetic Materials*)

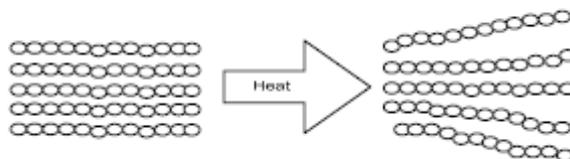
Bahan-bahan tiruan (*syntetic materials*) biasanya diperoleh dari senyawa kimia dengan komposisi berbagai unsur akan diperoleh suatu sifat tertentu secara spesifik atau sifat yang menyerupai sifat bahan alam. Bahan ini dikenal sebagai bahan plastic (*Plastics Materrials*), yakni suatu bahan yang pertama kali dibuat oleh Leo Baekeland seorang Belgia tahun 1907 dan dipatenkan dengan nama

Baklite. Molekul yang kita sebut sebagai “Polymer” yang berarti, Materials Plastics yang terbentuk dari ikatan rantai atom-atom serta terdiri atas “beberapa Unit” ikatan rantai atom-atom tersebut. Oleh karena itu proses pengikatan dengan molekul-molekul kecil ini dikenal sebagai “Polymerization”. Contoh dari bahan jenis ini ialah Polythene yakni Polymer yang terdiri atas 1200 atom Carbon pada setiap 2 atom Hydrogen (lihat gambar 5.1) sehingga memiliki tegangan serta keuletan yang tinggi. dan pada beberapa jenis plastic memiliki regangan yang besar yang diakibatkan oleh rantai ikatan yang panjang.



Gambar 5.1 : Polythene yakni Polymer yang terdiri atas 1200 atom Carbon pada setiap 2 atom Hydrogen

Untuk bahan Plastic ini dapat dibedakan kedalam dua kelompok yaitu : *Thermoplastic* dan *Thermosetting* yang membedakan dari kedua jenis ini ialah panjang rantai ikatan polimernya yang tentu saja akan berpengaruh terhadap perbedaan sifat dari bahan Plastik tersebut antara lain ketahanan terhadap temperature tinggi atau pemanasan lihat diagram pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 : Panjang rantai ikatan dalam polimerisasi bahan plastic

Gambar 5.2 diatas menunjukkan pengaruh panas terhadap rantai polymer dimana panas dapat mengakibatkan terbukanya ikatan atom sehingga plastic menjadi lembek hingga cair tergantung tingkat pemanasannya.

5.2.1. Plastik

Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industri modern. Plastik adalah bahan sintetis berasal dari minyak mineral, gas alam, atau dibuat dari bahan asal batu bara, batu kapur, udara, air dan juga dari binatang dan tumbuh-tumbuhan. Pengolahannya dapat dikerjakan pada proses panas dan tekanan. Sifat-sifat plastik pada umumnya adalah sebagai berikut :

- a. Tahan korosi oleh atmosfer ataupun oleh beberapa zat kimia.
- b. Berat jenisnya cukup rendah, sebagian dapat mengapung dalam air.
- c. Cukup ulet dan kuat, tetapi kekuatannya di bawah logam.
- d. Bahan termoplastik mulai melunak pada suhu yang rendah, sedikit mempunyai wujud yang menarik dan dapat diberi warna, ada yang transparan

Sifat mekanik dari plastik adalah tidak mudah pecah dan rapuh. Beberapa bahan plastik koefisien geseknya sangat rendah sehingga sering digunakan sebagai bantalan kering.

Keburukan-keburukan dari plastik adalah sebagai berikut ;

- a. Kecenderungan memuai yaitu menjadi lebih panjang dengan adanya beban.
- b. Suhu diatas 200o C sifatnya menjadi kurang baik.
- c. Terjadi perubahan polimer selama pemakaian yang kemungkinan sekali karena aksi dari sinar ultra violet.

5.2.1.1. Thermoplastik

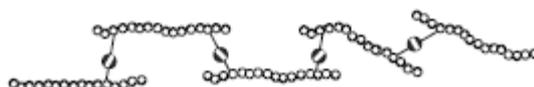
Thermoplastik tersusun dari molekul-molekul panjang. Jikalau molekul panjang itu diumpakan sebagai sebuah garis yang ditarik dan kita letakkan dua buah

molekul panjang berdampingan maka memperlihatkan suatu gambaran dari suatu termoplas dalam keadaan padat. Jika termoplas dipanaskan untuk menjaga keseimbangan maka molekul panjang akan bergerak lebih banyak. Suhu pemanasan yang menyebabkan proses ini dinamakan suhu pelunak. Bila termoplastik dipanaskan lebih lama, molekul panjang akan bergerak keluar dari keseimbangannya dan berpindah tempat terhadap satu sama lain. Suhu pada saat tersebut dinamakan suhu lumer dan bahan menjadi cair. Antara fasa padat dan cair terdapat fasa antara tambahan, saat itu bahan berada dalam keadaan lunak. Dalam keadaan itu bahan dikatakan plastis. Jadi termoplastik adalah bahan yang menjadi plastis karena pemanasan dan bentuknya dapat diubah dalam keadaan plastis itu. Bahan-bahan termoplastik adalah polietilen, polivinil klorida, polistiren, poliamide dan poliester

5.2.1.2. Thermoseting

Bahan ini keras dan mempunyai daya tahan panas yang tinggi. Proses pengerjaan plastik thermoseting adalah sebagai berikut. Bahan baku (resin) berbentuk biji-biji kering dan bahan tambahan dimasukkan kedalam cetakan lalu dipanaskan hingga 1500 C, kemudian ditekan dengan gaya kira-kira 150 atm. Bahan ini akan mencair dan memenuhi model. Selanjutnya dipanasi lagi hingga bahan tersebut mengeras, lalu tutup cetakan dibuka dan benda tersebut diangkat. Proses itu berlangsung pada temperatur tinggi. Untuk mendapatkan permukaan benda yang halus cetakan harus dipoles, terutama digunakan dalam pembuatan alat-alat listrik, *tread bushing*, dan *bearing bushing*

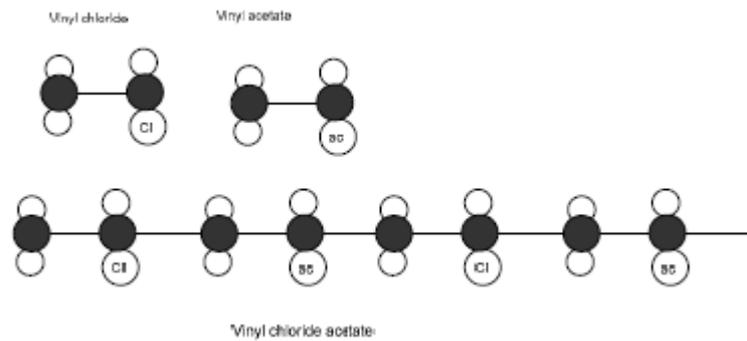
Thermosetting memiliki perbedaan dengan thermoplastics dimana pemanasan akan hanya dapat melakukan perubahan formasi rantai molekul secara kimiawi dalam bentuk ikatan melintang tiga dimensi (lihat gambar 1. 3)



Gambar 5.3 : Bentuk Ikatan kuat rantai Atom-atom

Dengan formasi rantai molekul sebagaimana diperlihatkan pada gambar 5.3, apabila temperature dikembalikan maka thermosetting akan menjadi keras dan kaku (*Rigid*). Dan tidak akan lembek kembali hal ini disebabkan oleh ikatan yang kuat dari rantai molekul, dengan demikian Thermosetting menjadi keras dan stabil. Oleh karena itu thermosetting banyak digunakan sebagai handle tahan panas, asbak rokok, fitting lampu dan lain-lain. Bahan-bahan yang termasuk dalam kelompok ini antara lain Bakelite, melamine, epoxy resins dan polyester. Jenis ini yang berbeda adalah epoxy resins yang digunakan sebagai bahan perkat (Glues) atau Araldite serta bahan pelapis fibre glass akan mengeras karena pengaruh temperatur ruangan.

Apabila jumlah monomernya berbeda maka rantai ikatan dapat menggunakan co-polymer, seperti Poly Vinyl Cloride ditambah Vinyl Acetate yang akan menghasilkan Poly (Vinyl Cloride Acetate) yang digunakan dalam industri rekaman. (Lihat gambar 5.4).



Gambar 5.4 Poly (Vinyl Cloride Acetate)

Gaya tarik antara rantai Molekul dapat terbentuk oleh pergeseran tempat molekul dalam pemisahan diri akibat larutan dari bahan tersebut. Tempat plastisizer memberikan pengaruh terhadap sifat polymer. Contohnya penambahan kapur barus pada Cellulose nitrate yang menghasilkan suatu zat yang perdagangan diketahui sebagai celluloid dan dapat dicetak melalui pemanasan.

Sifat-sifat mekanik dari bahan-bahan plastic dapat diperbaiki dengan penguatan oleh bahan tambah (filler material), serat fibre, serbuk gergaji, sampah kertas, majun dan lain-lain dapat meningkatkan tegangannya, serat asbes dapat meningkatkan ketahanan panasnya dan untuk resistensi arus listrik dapat digunakan mica. Bahan pelapis digunakan lembaran plastic (Plastic-impregnated paper) dengan lapisan Cotton untuk pemakaian pada penguatan panel. Atau lapisan kayu untuk memperbaiki performanya. Serat penguat plastic (Fibre-reinforced) dicoba untuk meningkatkan tegangan dari keadaan rapuh dan lembek. Fibre-glass telah digunakan sejak beberapa tahun yang lalu sebagai bahan pembuat body perahu, body kendaraan dan lain-lain. Penambahan unsur Carbon menjadikannya sebagai bahan composite yang ringan namun memiliki tegangan yang tinggi.

Proses pembentukan thermoseting dan thermoplastik

Proses pembentukan vakum, pembentukan cara ini dilakukan untuk komponen yang relatif besar, dalam metode ini tidak dibutuhkan cetakan yang mahal ataupun mesin yang mahal. Pembentukan dengan injeksi, pembentukan injeksi khususnya dilakukan untuk polistiren, politilen, poliamide. Resin tersebut pertama-tama dipanaskan pada silinder pemanas kemudian ditekan melalui lubang laluan menuju ke cetakan yang mana dengan pendinginan akan menjadi cepat padat.

Pembentukan dengan proses ekstrusi, mesin extruder dapat juga digunakan untuk pembentukan injeksi tetapi terutama untuk menghasilkan bahan-bahan yang panjang seperti lembaran plastik, pelapis kabel, pipa plastik, dan film. Ekstrusi adalah proses yang menggunakan panas dan tekanan untuk melelehkan polietilen dan polivinil klorida yang didorong melewati cetakan dengan ukuran yang sangat teliti pada produksi bersambung.

Thermoplastics dapat mencair melalui proses pemanasan dan dapat diubah bentuknya melalui pencetakan sebagaimana yang dilakukan pada bahan seperti

Polythene, Polystyrene, Poly Vinyl Chloride (PVC), Nylon, Perspex, Propylene dan lain-lain.

5.2.2. Karet *sintetis* (Synthetic-rubbers)

Karet alam diproduksi dari cairan latex atau getah pohon karet polymer yang panjang dengan rantai molekul yang berserakan, Karet alam memiliki kedua sifat yakni elastic dan thermoplastic, deformasi permanent dapat terjadi apabila diregang secara perlahan dengan peningkatan temperature.

Charles Goodyer (1839) mengolahnya dengan mencampurkan latek dengan sulphur dan menghasilkan karet dengan sifat yang lebih kenyal dan elastic lembut serta tahan terhadap temperature tinggi dan dikembangkan menjadi faberik Vulcanizing sebagai mana yang kita kenal saat ini sebagai faberik ban (manufacture of tyre).

The American-developed syntetic rubber, GR-S, yang merupakan polymer hasil pencampuran antara Butadiene dengan styrene, bahan ini memiliki sifat dan karakteristik yang sama dengan karet alam dengan harga yang lebih murah juga digunakan di paberik ban (manufacture of tyre), alas kaki (foot wear), pipa karet (hosepipe) sabuk konveyer serta isolasi kabel.

Neoprene ialah jenis lain dari karet syntetis yang memiliki sifat sama dengan karet alam dengan sifatnya yang sangat tahan terhadap minyak nabati dan oli mineral serta tahan terhadap temperature tinggi. Neoprene merupakan bahan yang relative mahal, pemakaiannya adalah sebagai bahan pipa, sabuk konveyer serta lapisan kabel.

Butyl-rubber merupakan co-polymer dari isobutylene dan isoprene, bahan ini sangat stabil terhadap bahan kimia dan temperratur tinggi, harganya sedikit lebih murah dari karet alam namun kurang tahan, kendati demikian karret ini tidak tembus udara dan gas dan digunakan sebagai bahan innertube, tubeless tyre, air bag peralatan olah raga, cetakan diapragma juga digunakan sebagai bahan hose, lapisan tangki serta sabuk konveyor (Conveyor belts).

5.2.3. Pemakaian secara umum dari bahan-bahan plastic

Poly Vinyl Chloride (PVC)

Dalam keadaan tidak plastis PVC sangat kenyal dan keras, namun apabila melembek maka PVC akan menjadi plexible dan mengaret, ini sifat yang baik dari PVC yang memberikan dimensi yang stabil serta sifatnya yang lain ialah tahan terhadap air, asam, alkalis dan bahan pelarut lainnya.

Pemakaian :

Sifatnya yang kaku (*rigid*) dan dapat mempertahankan bentuknya PVC sangat cocok digunakan pada berbagai bahan tuangan (*Moulding*). Sifatnya yang plexible dari PVC sangat baik digunakan sebagai pelapis permukaan serta pelapis bocor. PVC juga digunakan sebagai bahan pipa, saluran dan kotak kabel, safety helmet serta bahan pelapiss tangki bahan kimia.

Polytetraflouroethylene (PTFE atau Teflon)

Teflon sangat kenyal dan flexible serta unggul dalam ketahanan panas dimana Teflon tidak dapat terbakar, tidak dapat diserang oleh berbagai reaksi bahan pelarut serta bahan isolator listrik yang baik, koefisien gesek yang rendah dengan harga yang relative murah.

Pemakaian :

Sebagai bantalan (Bearing), pipa-pipa bahan baker, gasket dan pita, serta peralatan bahan kimia dimana PTFE sangat tahan terhadap pengaruh bahan kimia.

Polyamides (Nylons)

Polyamides (Nylons) sangat kuat dan ulet namun flexible, tahan terhadap abrasi serta dimensi yang stabil, Nylon dapat meredam air dan bahan pelarut secara umum, memiliki sifat yang baik sebagai bahan isolasi listrik (Electrical insulation). Polyamides (Nylons) akan memburuk jika ditempatkan ditempat terbuka.

Pemakaian :

Nylon digunakan sebagai bahan roda gigi, Valves, kelengkapan alat listrik, handle, knob, bearing, Cams, Shock absorber, Combs, pembalut dan pembungkus obat, jas hujan, serabut sikat, nat dan textile.

Phenol formaldehyde (Bakelite)

Pada keadaan mentah Phenolic sangat rapuh, oleh karenanya dapat bercampur dengan bahan serat untuk meningkatkan kekuatannya dan akan diperoleh diversifikasi sifat dari sifat asalnya tergantung pada komposisi bahan tambah. Benda yang dibuat dari bahan ini akan rapuh jika bentuk/ukuran benda sangat tipis. Bakelite menyerap air namun tahan terhadap alcohol, oli serta bahanbahan pelarut lainnya. Pembentukannya tidak melalui pencairan melainkan dipadatkan pada temperature 2000C.

Pemakaian :

Peralatan listrik, tobol, handle, box radio, mebel (furniture), Vacuum Cleaner part, kamera, assbak rokok, kelengkapan kelistrikan automotive dan pemakaian lainnya seperti hiasan, ornament, bahan pelapis bahkan roda gigi, bantalan peralatan *aircraft* juga peralatan kesehatan, pelapis kopeling dan rem kendaraan.

Polyethylene (Polythene)

Polyethylene (Polythene) merupakan salah satu dari jenis Thermoplastic serbaguna karena sifatnya yang istimewa kenyal dan flexible pada berbagai perubahan rentang temperature serta mempertahankan kestabilan dimensinya. Sifat yang lain dari Polyethylene (Polythene) ialah sangat mudah dicetak dan tahan terhadap berbagai jenis unsur pelarut juga tahan terhadap kelembaban cuaca, akan tetapi untuk jangka waktu yang lama tidak tahan terhadap cahaya.

Pemakaian :

Polyethylene (Polythene) digunakan secara luas sebagai bahan pembungkus serta penutup botol, juga sangat baik digunakan dalam kebutuhan rumah tangga seperti ember, mangkok dan lain-lain disamping pemipaan, kelengkapan kesehatan, serta pelindung kawat atau kabel.

5.3. Bahan Isolasi

Bahan isolasi adalah bahan yang menyekat, artinya yang tidak menghantarkan.

Bahan isolasi dibedakan atas bahan :

- Penyekat listrik,
- penyekat suara,
- penyekat getaran,
- penyekat panas,
- penyekat bangunan,
- penyekat konstruksi bangunan mesin

a. Bahan penyekat listrik

Bahan ini harus tahan terhadap tegangan, arus listrik dan tidak boleh menghantarkan listrik, walaupun lembabnya udara dan buruknya keadaan suhu. Bahan-bahan penyekat listrik yaitu sebagai berikut :

- Produk alam yaitu mika (kolektor) dan asbes (oven listrik).
- Bahan keramik yaitu porselen dan steatif (isolator) dan kaca (lampu dan pipa).
- Zat cair yaitu minyak isolasi (transformator dan kabel) dan lak isolasi (kawat).
- Lapisan tekstil dan kertas yang diintegrasikan yaitu prespan (isolasi alur), kertas isolasi (kondensator), dan tekstil isolasi (kumparan).
- Produk organik sintetis yaitu polieten, polivinil klorida, polisterin dan karet (kawat dan kabel), dan formaldehid (bahan penghubung)

b. Bahan penyekat suara

Bahan ini harus sedikit mungkin dapat ditembus suara dan bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan kapal. Zat penyekat suara yang paling baik ialah udara dinding. Sifat ini digunakan pada konstruksi dinding berganda yaitu terdiri dari dua dinding terpisah sama sekali. Bahan penyekat

suara yang lain adalah pelat serat kayu, pelat kumparan lunak (soft brand plate), dan pelat jerami

c. Bahan penyekat getaran,

Bahan ini harus dapat meredam getaran dalam konstruksi bangunan-bangunan mesin dan kendaraan. Bahan penyekat getaran yang terpenting adalah kulit dan karet

d. Bahan penyekat panas

Bahan ini tidak boleh menghantarkan panas dari konstruksi bangunan gedung dan konstruksi bangunan mesin. Bahan penyekat panas antara lain ialah, kayu, pelat serat kayu, pelat gabus, pelat damar buatan, pelat beton batu apung, pelat semen asbes, dan kertas yang dipreparasikan. Bahan penyekat panas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Koefisien panas harus rendah
- Daya tahan lembab yang baik
- Daya tahan suhu yang tinggi
- Masa jenis yang rendah

5.4. Bahan Paking

Bahan paking ialah bahan yang digunakan untuk perapat ruangan yang berisi zat cair atau gas. Sifat perapatannya dibedakan atas dua jenis yaitu ;

- (a). Perapat statis, adalah perapatan bagian yang tidak bergerak terhadap satu sama lain, seperti paking tutup silinder head, karter, dan lain-lainnya.
- (b). Perapat dinamis, adalah perapatan bagian-bagian yang bergerak terhadap satu sama lain. perapatan dinamis ini dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu perapatan bagian-bagian yang bergerak bolak-balik terhadap satu sama lain dan perapatan bagian-bagian yang berputar terhadap satu sama lain.

Bahan paking dibedakan dalam kelompok : bukan metalik, setengah metalik dan metalik.

a. Bahan paking bukan metalik

Berbagai bahan paking bukan metalik antara lain adalah sebagai berikut :

- Kertas dan karton, bahan yang terbuat dari campuran serat yang ditambah dengan perekat dan bahan pengisi. Sebagai serat digunakan serat kayu, serat kain tua, serat jerami dan serat kertas tua.
- Fiber, bahan terdiri dari lapisan-lapisan kertas yang diimpregnasikan (dijenuhkan) dengan damar buatan, fiber ini biasanya digunakan sebagai paking pelat .
- Gabus, bahan ini berasal dari kulit pohon gabus. Gabus ini diikat berupa pelat dan digunakan sebagai paking pelat.
- Kulit, adalah bahan kulit binatang yang disamak dengan asam krom mineral dinamakan kulit krom. Kulit selain dipakai dalam bentuk gelang juga paking pelat-pelat, terutama digunakan dalam bentuk manset sebagai paking perapat untuk batang.
- Karet, bahan ini terbuat dari karet alam dan jenis karet sintetis karena kekenyalanya yang besar termasuk bahan paking yang terbaik. Akan tetapi bahan paking ini hanya sesuai untuk media tertentu yaitu pada suhu, tekanan, dan kecepatan yang tidak terlampaui tinggi. Paking karet digunakan untuk perapat pipa-pipa air, dan lain-lain.
- Asbes, adalah silikat magnesium yang ditemukan di alam dalam bentuk serat. Dalam bentuk itu daya tahan suhunya kira-kira 500 °C, akan tetapi, asbes biasanya diberi campuran karet dan grafit. Asbes digunakan sebagai paking pelat dan paking sumbat tabung, paking ini dibuat dalam berbagai bentuk.
- Politetrafluoreten, ialah plastik termoplastis dalam keadaan murni daya tahan kimianya baik dan daya tahan suhunya kira-kira 260 °C akan tetapi, bahan ini sering juga ditambahkan kepada asbes sebagai bahan impregnasi. Politetrafluoreten digunakan sebagai paking pelat dan paking sumbat tabung dan tersedia dalam berbagai macam bentuk.

- Katun dan rami, bahan ini berasal dari tumbuh-tumbuhan, seperti benang kenaf, katun, dan rami diimpregnasikan dengan bahan pelumas yang dipilih secara khusus dan dijalin menjadi paking bujur sangkar untuk digunakan sebagai paking sumbat tabung.

b. Bahan paking setengah metalik

Berbagai jenis bahan paking setengah metalik, yaitu :

- Karet dengan kasa tembaga, tersedia dalam bentuk palet.
- Asbes dengan kasa tembaga, paking ini terdiri dari kain asbes yang ditenun dengan tembaga. Keseluruhannya diimpregnasikan dengan suatu massa tahan panas dan kemudian diberi grafit pada salah satu sisi atau kedua belah sisinya.
- Asbes dengan kasa baja, pada kedua belah sisi kasa baja yang ditenun rapat dan kuat ditempelkan dengan tekanan tinggi suatu lapisan tipis.
- Asbes dengan salut tembaga yang tipis, asbes diberi satu lapisan tipis salut tembaga dan dapat diperoleh sebagai barang jadi (gelang dan paking kepala).

c. Bahan paking metalik

Berbagai jenis bahan paking metalik, yaitu :

- Alat perapat statis, terbuat dari baja, tembaga, loyang, timbel, aluminium, dan nikel. Bahan ini digunakan dalam bentuk gelang persegi panjang, bulat, bulat telur, bentuk lensa, atau bentuk lain yang diinginkan.
- Alat perapat dinamis terbuat dari bahan logam putih yang digunakan sebagai paking sumbat tabung dalam berbagai bentuk

BAB 6

LOGAM SINTER (POWDER METALLURGY)

6.1. Pendahuluan

Powder metallurgy adalah proses dimana sejumlah kecil komponen dihasilkan dengan pengepresan dan sinter serbuk logam dan serbuk keramik bersama-sama. Proses ini mempunyai keuntungan, ini disebabkan oleh :

1. kebutuhan akan bahan serbuk berkualitas tinggi yang makin besar.
2. mengurangi ongkos pengerjaan selanjutnya.
3. cara praktis untuk mnghasilkan komponen yang istimewa.

Keuntungan dari proses ini adalah :

1. komponen dapat dibuat sampai tingkat ukuran yang teliti tanpa finising
2. proses ini mampu memproduksi komponen – komponen dengan titik cair tinggi seperti misalnya perkakas tungsten karbid.
3. komposisi yang dikehendaki lebih teliti dari pada pengecoran
4. mampu memroduksi paduan logam yang tidak mampu bercampur dalam keadaan cair, missal tembaga-timah hitam, tembaga tungsten.
5. non logam seperti grafit dapat dicampurkan secara merata dalam konsentrasi tembaga.
6. komponen dapat dibuat dengan sifat – sifat tenpa bentuk yang khusus termasuk control kerapatan dan tahan pakai.

Kerugiannya :

1. tidak ekonomis untk produksi dalam jumah kecil
2. proses terbatas untuk komponen – komponen yang ukurannya relative kecil.
3. proses biasanya tidak sesuai untuk komponen – komponen yang bekerja dilingkungan yang porosip.

6.2. Produksi Serbuk

Sebelumnya serbuk – serbuk itu digiling dengan ballmill untuk menghasilkan ukuran yang homogen. Penggilingan bulatan – bulatan dapat dilakukan jika diprlukan. Meskipun besi dan nikel itu bahan yang ductile, tujuan penggilingan adalah untuk membuat serbuk agak berlapis yang membuatnya baik untuk diproses.

Serbuk logam lainnya dibuat dengan reduksi dari oksidanya yang terdapat dalam bijihnya. Ball milling kemudian digunakan untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran pertikel yang dikehendaki.

6.3. Cara Mencampur Serbuk

Bila dua serbuk yang berbeda atau lebih dicampur untuk menghasilkan paduan, pencampuran harus homogen untuk menghasilkan campuran yang sebaik – baiknya. Pada beberapa prosuk paduan diinginkan bahwa ukuran serbuk dibuat mirip untuk menghasilkan pencampuran yang terbaik.

Sebagi contoh bahan lumas paraffin, lilin atau grafit biasa digunakan untuk membantu pencampuran yang homogen dan akhirnya padat selama pengepresan. Karbon tetracorida (uap beracum) digunakan dalam pencampuran serbuk karbit dan cobalt secara basah dlam memproduksi perkakas – perkakas karbid.

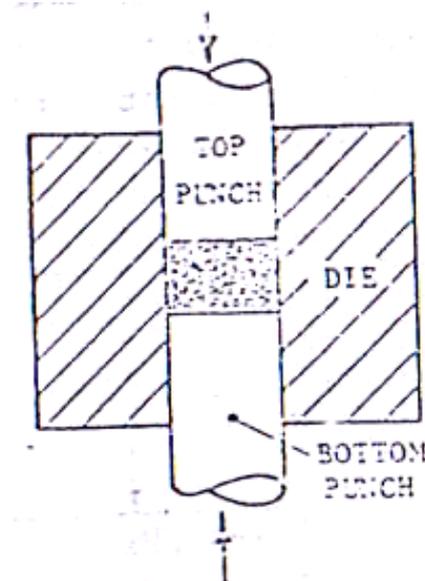
6.4. Proses

6.4.1. Pengepresan

Pengepresan adalah operasi yang paling penting. Komponen dalam bentuk tertentu diperoleh dengan pemadatan serbuk dalam cetakan (die) dengan tenaga yang cukup, maksudnya :

1. kerapatan yang diperlukan produk terpenuhi.
2. terjadi deformasi plastis partikel serbuk dengan demikian luas kontak cukup memberikan kekuatan.
3. menghasilkan adhesi dan penempelan secara dingin.
4. memungkinkan partikel akhirnya terikat bersama selama penyinteran.

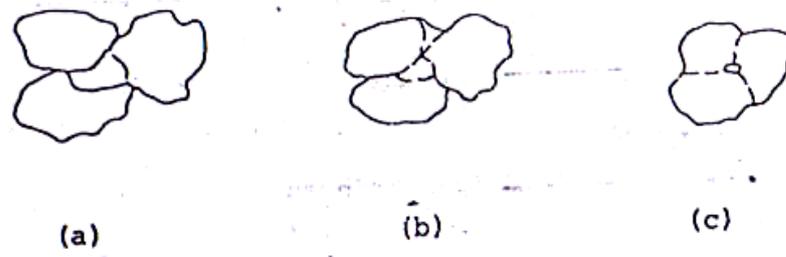
Pengepresan komponen - komponen tipis biasanya menggunakan penekan tunggal. Sedangkan untuk benda - benda tebal menggunakan penekan (punch) ganda. Untuk mengepres komponen - komponen yang bentuknya tidak teratur menggunakan multiple punch. Pengepresan - pengepresan ini dilakukan dengan system mekanis atau hidrolis.



Gambar 6.1. Penekan (punch)

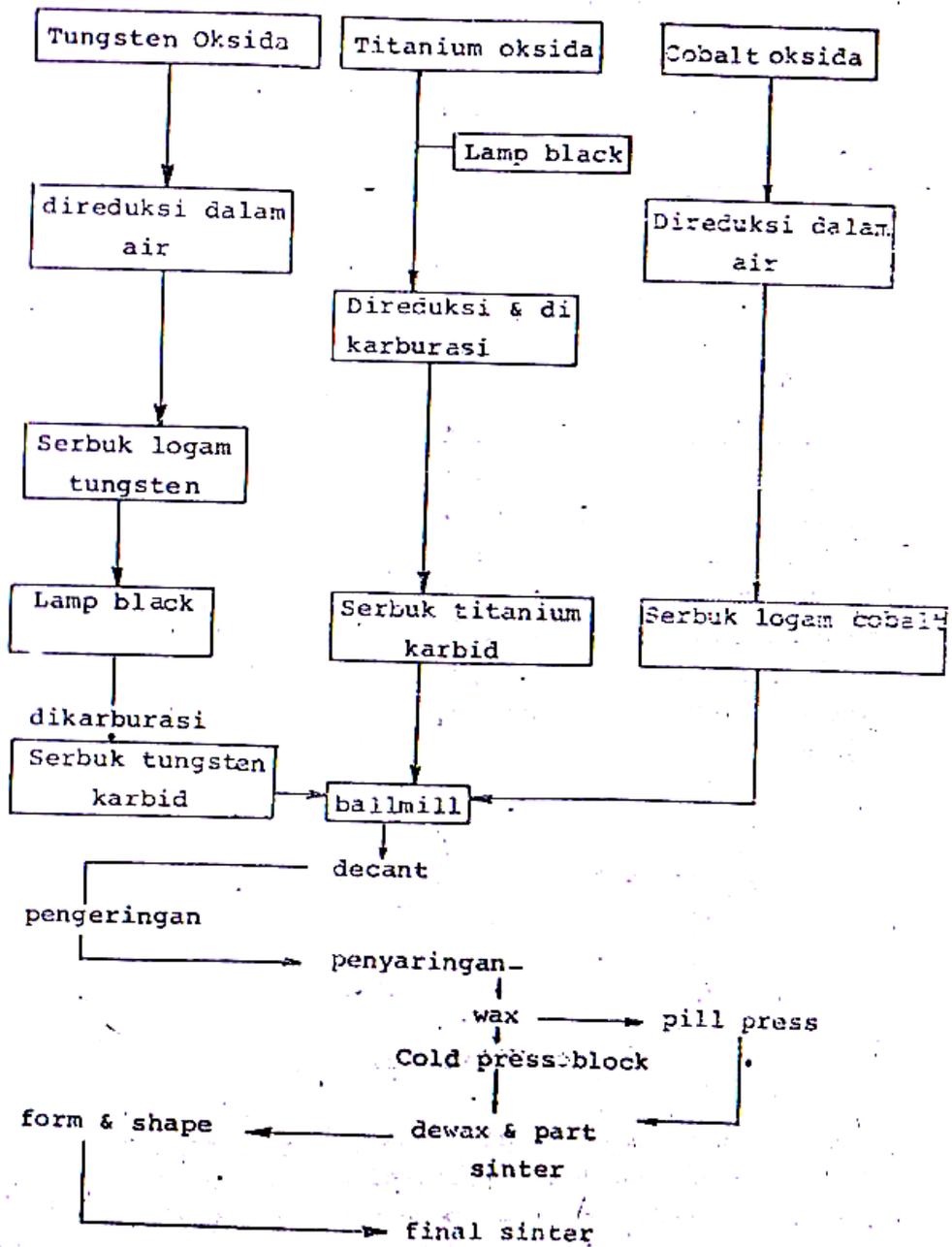
6.4.2. Sintering

Untuk perkakas – perkakas karbid sebelum sintering yang sesungguhnya diperlukan sinter pendahuluan (prasinter). Maksudnya sebagai dewaxing untuk memberikan kekuatan pada cetakan (die). Suhu prasinter ± 800 °C. Sintering menambah kekuatan dan kekerasan bahan, ini dapat dilakukan dengan mengontrol waktu dan suhu sinter. Keadaan yang dapat terjadi selama sinter adalah difusi, rekristalisasi dan pertumbuhan butir.



Gambar 6.2. Perubahan bentuk partikel sintering

Pada (a) partikel membuat kontak titik setempat. Pada (b) luas kontak bertambah dan partikel menjadi merata oleh tarikan permukaan; difusi dimulai pada boundary butiran (partikel). Pada (c) menunjukkan ikatan mendekati lengkap. Bila kerja mekanik dilakukan pada komponen yang telah terpadatkan, misalnya membentuk ukuran maka akan terjadi distorsi (kerusakan) pada boundary butir, ini memungkinkan untuk rekristalisasi. Beberapa logam dapat mengalami rekristalisasi tanpa kerja mekanik.



Gambar 6.3. Diagram alir proses sintering

6.4.3. Pengepresan Panas dan Pengepresan Dingin

Perkembangan terakhir dalam memproduksi komponen dengan powdermetallurgy adalah :

1. pengepresan panas atau tempa, dikenal sebagai sinterforging / hot forging
2. pengepresan ulang dingin, dikenal sebagai cold re-pressing.

a. Pengepresan ulang dingin

Setelah serbuk yang telah dipres dalam cetakan yang pertama padat maka komponen yang telah dingin itu dipres lagi dalam cetakan kedua. Hasilnya kekuatan pukul komponen bertambah, misalnya gear box, dsb.

b. Pengepresan Panas

Cara ini adalah pemindahan komponen dari hot pre-sintered compact kecetakan lain dimana ia dipres dengan cepat.

6.4.4. Sizing (Coining)

Sizing adalah salah satu cara finishing komponen. Ini menghilangkan distorsi bentuk yang kecil dan menjaga komponen dalam toleransi yang dikehendaki. Bantalan bronze adalah contoh komponen yang disizing sebagai pengerjaan akhir.

Hasil

1. Perkakas pahat karbid. Ini biasanya digunakan dalam permesinan logam, pengeboran karang, ekstrusi dan sebagainya.
2. Cemented oksida dan cemented carbide oksida, produk ini biasa digunakan untuk permesinan logam seperti halnya pahat karbid. Pahat dari bahan ini untuk pemesisan dengan kecepatan sangat tinggi dimana pahat karbid tidak mampu bekerja pada kondisi tersebut.
3. Komponen – komponen mobil dan komponen mesin ringan. Beberapa komponen seperti gear box, suku cadang pompa, roda gigi, cam dan

komponen – komponen kecil mesin tik, mesin telex, mesin hitung dan computer dibuat dari logam serbuk. Bahan komponen ini dari paduan – paduan seperti besi – tembaga, besi – tembaga – karbon, besi – nikel – karbon, besi – nikel – molibden (4% Ni, 0,5% Mo) dan besi - nikel – mangan. Kekuatan bahan yang maksimum dicapai dengan paduan besi – nikel – molibden, sedang ketahanan pakai yang terbaik paduan besi – nikel – mangan.

4. Kontak listrik, paduan yang dipakai perak – nikel, perak – grafit, perak – molibden, perak – tungsten dan tembaga – tungsten – karbid.
5. Bantalan Bronze. Paduan yang digunakan tembaga – timah putih – grafit. Serbuk – serbuk paduan ini menghasilkan sifat poreus.
6. Komponen – komponen tahan friksi (metal ceramics) misalnya clutch – facing, brake – lining, yang biasa digunakan untuk pemakaian mekanik yang keras dan panas. Pemakaian yang lain, misalnya punch presses, rem traktor dan pesawat terbang, pahat mesin bubut turret dan sebagainya. Paduan – paduan yang dipakai serbuk Cu,Pb, Fe, Sn, grafit dan serbuk silica dalam bermacam – macam komposisi.
7. Magnet permanent. Magnet yang dibuat dengan powder metallurgy lebih kuat dari pada dibuat dengan pengecoran. Bahan untuk komponen ini paduan, Al – Ni – Fe dan Al – Ni – Co – Fe. Komponen yang lain seperti sikat pembagi arus untuk armature motor dan generator DC, penguat suara, radio transformen, koil induksi sendiri berturut – turut dibuat dari paduan serbuk Ni – Fe, Ba – Fe, Zn – Fe dan Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1983, "*Ilmu Bahan*", Departemen Mesin PEDC, Bandung
- Bangyo Sucahyo, 1999, *Ilmu Logam*, PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, Surakarta.
- Cubberly William H, 1983, *Metals Handbook Ninth Edition Vol. 1, Properties and Selection Iron and Steels*, American Society For Metals, New York.
- Hari Amanto dan Daryanto, 1999, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Hari Amanto dan Daryanto, 2006, "*Pengetahuan Bahan*", PT. Radjawali, Jakarta.
- Lawrence H. Van Vlack (terjemahan), 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1995, *Pengetahuan Bahan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tata Surdia dan Saito Shinroku, 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack, L.H., diterjemahkan Djaprie, S., Ir. M.E., M.Met., "*Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*", edisi kelima, Erlangga, Jakarta.
- William D. Callister Jr, 2004, *Materials Science and Engineering, An introduction*, Wiley.
- William F. Smith, 1996, *Principle of Materials Science and Engineering*, Mc Graw Hill,.