

METALURGI DAN ALOI

(Tugas Mata Kuliah Prinsip-Prinsip Kimia Anorganik)

Dosen Pengampu:

Dr. Noor Fadiawati, M.Si.

Dra. Nina Kadaritna, M.Si.



Disusun oleh:

1. Alvira Melinda (2013023030)
2. Hardini Anggun (2013023010)

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2020

LEMBAR KERJA MAHASISWA 13

METALURGI DAN ALOI

➤ Metalurgi

1. Uraikan terkait klasifikasi mineral-mineral logam

Jawaban :

Bentuk kelimpahan logam di dalam kerak bumi tergantung pada reaktivitas logam yang bersangkutan, kelarutan garamnya dan kemudahan garamnya bereaksi dengan air atau teroksidasi. Keterdapatn logam di alam dapat diuraikan seperti berikut :

- Logam-logam yang tidak reaktif seperti logam emas, perak dan platina biasanya terdapat sebagai unsurnya di alam.
- Sedangkan logam-logam yang kurang reaktif biasanya terdapat sebagai sulfida, seperti CuS, PbS dan ZnS. Sulfida-sulfida ini sangat rendah kelarutannya terhadap air dan tahan terhadap oksidasi.
- Logam yang sedikit lebih reaktif dibandingkan logam yang ditemui sebagai sulfida, berada dalam bentuk oksidasinya, misalnya MnO₂, Al₂O₃, dan TiO₂.
- Logam yang sangat reaktif seperti natrium dan kalium membentuk garam-garam yang larut dalam air laut atau air alam dan garam ini biasa dikenal sebagai garam-garam halide. Logam-logam ini ditemukan juga sebagai garam-garam yang tak larut dalam air laut maupun air alam seperti *albit* NaAlSi₃O₈ dan *ortoklas* KAlSi₃O₈.
- Magnesium dan Kalsium umumnya dialam dijumpai sebagai karbonat, sulfat dan silikat. Magnesium Bersama dengan natrium dan kalium ketersediaannya melimpah di dalam air laut.
- Aluminium banyak ditemukan dalam bentuk aluminosilikat, seperti muskovit (KAl₂(OH)₂Si₃AlO₁₀) yang merupakan salah satu bentuk mika, dan kaolin H₄Al₂Si₂O₉ yang biasa dikenal dengan tanah lempung. Dan terkadang aluminium terdapat juga sebagai oksida tak larut seperti Al₂O₃nH₂O dan garam kompleks fluoride (Na₃(AlF₆)).

Berikut ini tabel beberapa mineral logam dan komposisi utamanya.

Tabel 4. 1 Beberapa mineral logam

Logam	Mineral	Komposisi utama
Aluminium (Al)	Korundum Bauksit	Al ₂ O ₃
Kromium (Cr)	Kromit	FeCr ₂ O ₄
Tembaga (Cu)	Kalkosit Kalkopirit Malasit (<i>malachite</i>)	Cu ₂ S CuFeS ₂ Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂
Besi (Fe)	Hematit Magnetit	Fe ₂ O ₃ Fe ₃ O ₄
Timbel (Pb)	Galena	PbS
Mangan (Mn)	Pirrolusit	MnO ₂
Merkuri (Hg)	Cinnabar	HgS
Molibdenum (Mo)	Molibdenit	MoS ₂
Timah (Sn)	Kaserit	SnO ₂
Titanium (Ti)	Rutil Ilmenit	TiO ₂ FeTiO ₃
Seng (Zn)	Sfalerit	ZnS

2. Uraikan terkait tahapan pemerolehan bijih

Jawaban :

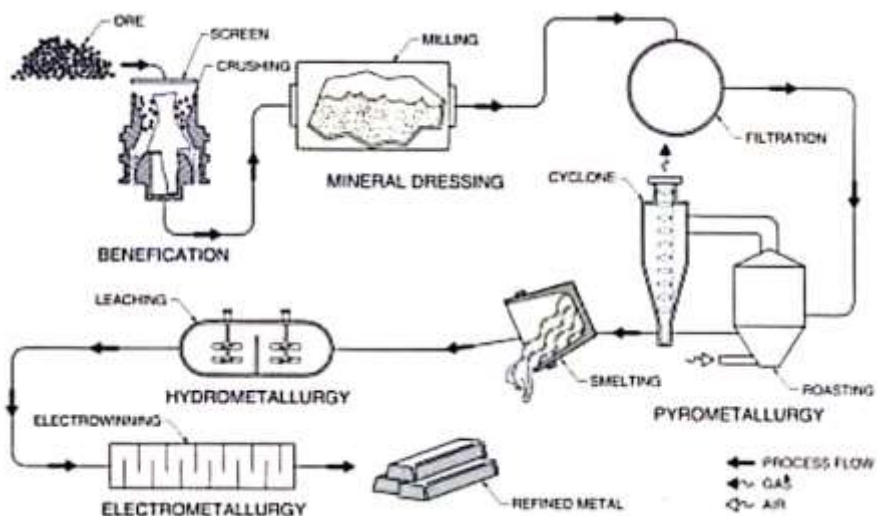
Prosedur pengolahan logam dari bijihnya melewati tiga tahap yang umum yakni pemekatan bijih, ekstraksi logam dari bijihnya termasuk reduksi logam, dan pemurnian (refining) logam. Metalurgi adalah ilmu pengetahuan dan teknologi logam, pengolahan dari bijihnya, serta studi sifat maupun penggunaannya.

Secara keseluruhan proses metalurgi meliputi :

- 1) Penambangan bijih (*ore*) atau disebut juga *mining* .
- 2) Pemrosesan bijih melalui proses *comminution*.
- 3) Pemekatan bijih melalui beberapa tahap.
- 4) Reduksi bijih untuk mendapatkan logam bebas (*extraction*)
- 5) Pemurnian logam (*refining*)
- 6) Pencampuran logam membentuk paduan logam (*alloys*) yang memiliki sifat-sifat tertentu yang diinginkan.



Berikut merupakan gambaran umum proses pengolahan logam mulai dari bijihnya (*ore*) hingga menjadi logam murni (*refined metal*).



3. Uraikan terkait tahapan pemrosesan bijih:

- a. proses *comminution* (meliputi: *crushing*, *screening*, dan *grinding*) dan peralatannya

Jawaban :

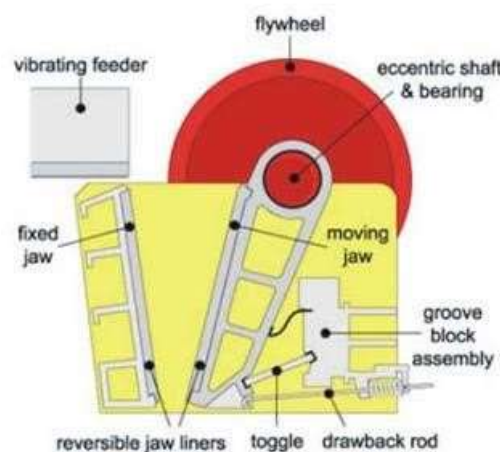
Proses *comminution* merupakan salah satu dari berbagai tahapan dalam pengolahan mineral yang terbesar. Tahapan ini dikenal juga dengan nama proses reduksi ukuran yang terdiri dari *crushing* (peremukuan), *screening*, dan *grinding* (penggerusan).

1. Crushing

Crushing didefinisikan sebagai serangkaian operasi dalam sebuah *plant mineral dressing* yang memiliki upaya untuk mengecilkan bongkahan- bongkahan mineral menjadi pecahan-pecahan yang lebih kecil. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran hasil akhir yang relatif halus, sekitar 100 mikron (150 mesh). *Crushing* pada umumnya dilakukan dengan menggunakan prinsip tekanan pada permukaan bijih dengan media yang kaku ataupun dengan beban impak dalam suatu wadah kaku yang dipaksa. *Crushing* biasanya dilakukan pada kondisi kering (*dry condition*) dan terdiri dari beberapa tahap, dengan *reduction ratio* yang kecil berkisar antara 3 sampai 6 untuk tiap tahap. Mesin yang sering digunakan adalah *jaw crusher* dan *gyratory crusher*.

a) Jaw Crusher

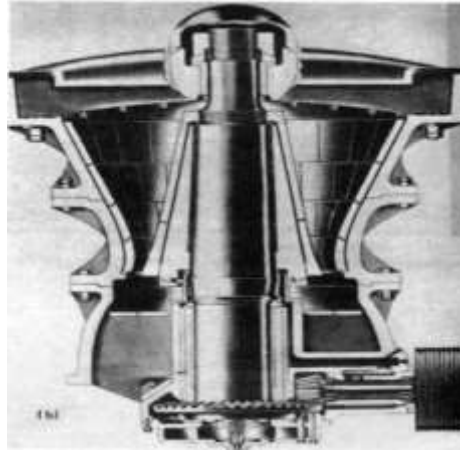
Jaw crusher terdiri dari dua bidang penghancur atau *jaw* yang salah satunya diam, yang diletakkan secara kaku dalam bingkai *crusher*, dan bagian yang bergerak bolak-balik terhadap permukaan bagian yang diam.



(Gambar : Jaw Crusher)

b) Gyratory Crusher

Gyratory Crusher merupakan jenis *crusher* yang paling sering dikembangkan dibandingkan *jaw crusher*. *Gyratory crusher* terdiri dari dua *conical shell vertical* yang terpotong bagian atasnya, *shell* bagian luar memiliki puncak ke bawah dan *shell* dalam memiliki puncak ke atas. *Shell* bagian luar statis, dan bagian dalam dibuat untuk berputar, jadi bolak-balik mundur dan mencapai semua puncak pada keliling *shell* bagian luar, karena *gyratory Crusher* merupakan *crusher* yang kontinu, maka ketika umpan masuk dia akan terjepit diantara *head* dan *shell*. Oleh karena gerakan eksentrik dari sumbunya, umpan turun dan tertekan hingga pecah lalu keluar sebagai produk.



(Gambar : Gyratory Crusher Gyratory crusher)

Gyratory Crusher memiliki keuntungan yang lebih besar (untuk kapasitas produksi yang besar) daripada *jaw crusher*. Hal ini dikarenakan *gyratory* menghancurkan secara berkesinambungan (kontinu), sementara *jaw crusher* bekerja terputus-putus (siklus). *Gyratory crusher* terkadang lebih sering dipilih untuk digunakan karena kapasitas yang besar dan prosesnya yang berkesinambungan.

c) *Cone Crusher*

Cone crusher adalah alat yang digunakan pada *secondary crusher*, dimana kerjanya lebih ringan dari *primary crusher*. Umpan *secondary crusher* berasal dari hasil *primary crusher* sehingga ukuran diameternya kurang dari 15 cm, dan karena elemen-elemen perusak dan pengotor seperti kayu, *clay*, dan lumpur telah dihilangkan proses ini lebih mudah dilakukan.

Prinsip kerja dari *Cone crusher* ini sama dengan *gyratory crusher* karena alat ini adalah modifikasi dari *gyratory crusher* yang berbentuk kerucut (konus). Perbedaan yang mendasar terdapat pada *spindle* yang lebih pendek, tidak digantung seperti pada *gyratory crusher*, akan tetapi ditopang dalam cekungan, yang merupakan penahan tekanan besar.

Cone crusher memiliki sudut *head* lebih besar dari *gyratory* sehingga kapasitas yang dimiliki juga lebih besar dalam perbandingan diameter *head* yang sama. *Cone crusher* memiliki kolom dengan batas ukuran 559 mm sampai 3,1 m dan memiliki kapasitas sampai 1100 t/h dengan umpan sebesar 19 mm.

Di dalam *Cone crusher* material dihantam dengan palu, tidak seperti pada *gyratory* yang ditekan dengan *head* yang bergerak secara lambat. Pergerakan yang cepat membuat partikel bergerak bebas di dalam *crusher*, dan lebarnya *head* menciptakan bukaan yang besar di antara *head* dan *bowl* ketika pada posisi bukaan penuh.

Hal tersebut membuat butiran yang dihancurkan diisi secara cepat dan membuat ruang tambahan untuk umpan selanjutnya. *Cone crusher* yang sering digunakan adalah tipe *Symons cone crusher*.



Gambar Cone Crusher

2. Screening

Screening pada prinsipnya menggunakan pola geometri untuk mengontrol ukuran, secara umum digunakan untuk mengontrol ukuran mencapai ukuran 250 μm . Batas antara dua metode tersebut bergantung dari beberapa faktor, seperti jenis bijih, perencanaan *plant*, dan lain-lain. Performa dari *screening* ini ditentukan oleh tiga parameter, yaitu *motion* (pergerakan), *inclination* (kemiringan), dan media *screen*.

Tujuan utama *screening* di dalam industri mineral adalah sebagai berikut:

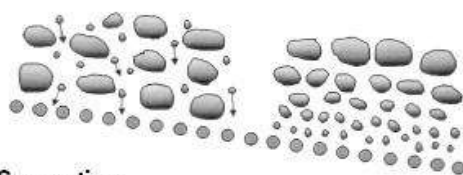
- a. Mencegah masuknya *undersize* ke dalam mesin *crushing*, sehingga meningkatkan kapasitas dan efisiensi,
- b. Mencegah material *oversize* lewat ke tahap selanjutnya pada sirkuit
- c. Mempersiapkan umpan dengan ukuran presisi ke dalam proses *gravity concentration* tertentu
- d. Untuk menghasilkan produk dengan ukuran presisi. Hal ini penting dalam pertambangan, dimana ukuran produk akhir adalah sebuah bagian penting dalam spesifikasi.

- Media Jatuhnya Bijih Screen

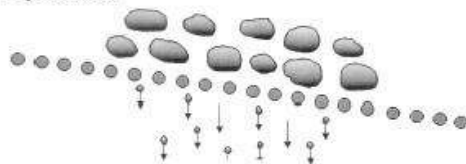
1) Screening Susun

Dengan menyusun material bijih pada *screen*, kondisi material bijih akan terbagi dalam tingkatan-tingkatan. Pada saat *screen* digerakkan akan terjadi perbedaan gaya gesek antara permukaan material, yang akan menyebabkan menurunnya gaya gesek internal antar material. Dengan demikian berarti partikel yang memiliki ukuran lebih kecil akan dapat melewati rongga antar partikel yang ukurannya lebih besar, sehingga akan terjadi proses pemisahan secara signifikan.

Stratification

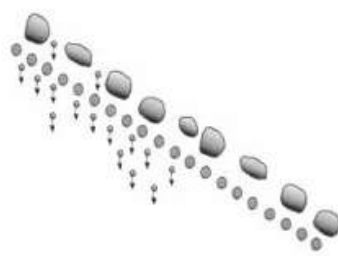


Separation




2) Screening Free Fall

Tipe screening yang digunakan jika dari screening disusun dinaikkan sudut kemiringannya dari 10-15 menjadi 20-30 derajat dinamakan screening jatuh bebas (free fall). Digunakan screening free fall ini karena dalam keadaan yang demikian tidak ada lapisan partikel bijih yang menumpuk di atas screen. Pada metode ini yang berperan utama dalam memisahkan partikel bijih yang kecil dengan yang besar adalah media *screen* itu sendiri, sehingga kapasitasnya semakin bertambah, tetapi pemisahan yang terjadi tidak signifikan (distribusi ukuran masih bervariasi). Penggunaan media jenis ini disarankan untuk partikel bijih dalam jumlah besar dengan distribusi ukuran rata-rata sudah baik (hampir seragam) sehingga pemisahan ini akan terjadi dengan cepat dan optimal.



Ada banyak jenis-jenis *screen*, tetapi secara umum jenis *screen* dibedakan menjadi tiga jenis, seperti yang terlihat pada gambar didalam tabel di bawah ini.. Dari ketiga jenis *screen* tersebut, yang paling banyak digunakan di seluruh dunia (sekitar 80% pengguna) adalah *screen* dengan jenis *single inclination*, untuk media jatuh *stratifications screen*. Jenis yang lainnya adalah *double inclination*, *triple inclination*, atau *multiple inclination*, yang mana penggunaan *screen* dengan metode jatuhnya bijih yakni dengan *stratification* (susun) maupun *free fall* (jatuh bebas) dikombinasikan untuk jenis-jenis aplikasi yang berbeda.

No	Jenis Screen	Karakteristik	Gambar
1.	Single Inclination	<ul style="list-style-type: none"> • Screen Susun • Gerakan Circular (15 derajat) • Gerakan Linear(0-5 derajat) • Selektifitas tinggi 	
2.	Double Inclination	<ul style="list-style-type: none"> • Screen Jatuh Bebas • Padat – untuk kapasitas besar tetapi selektifitas rendah • Digunakan pada sirkuit Screening 	

3.	Triple Inclination	<ul style="list-style-type: none"> • Gabungan dari kapasitas dan selektifitas • Digunakan untuk produk fraksi bijih yang tinggi 	
----	--------------------	---	---

3. Grinding

Grinding adalah proses terakhir dari *comminution* dimana proses kerjanya menggunakan prinsip gabungan dari impact (tumbukan) dan abrasi pada bijih dengan gerakan bebas dari media yang tidak terhubung dengan sesuatu, seperti *rod*, bola pejal, ataupun *pebble*. Pada proses *grinding* partikel direduksi dari 5 sampai 250mm menjadi 10 sampai 300 μm . Grinding biasanya dilakukan pada kondisi basah (*wet condition*) untuk mendapatkan *slurry* yang akan diumpankan pada proses *concentration*, namun ada beberapa keadaan dari *grinding* yang dilakukan pada kondisi kering (*dry condition*) dilakukan pada aplikasi yang terbatas. Berikut merupakan mesin-mesin yang dijumpai pada proses grinding :

a) *Rod Mill*

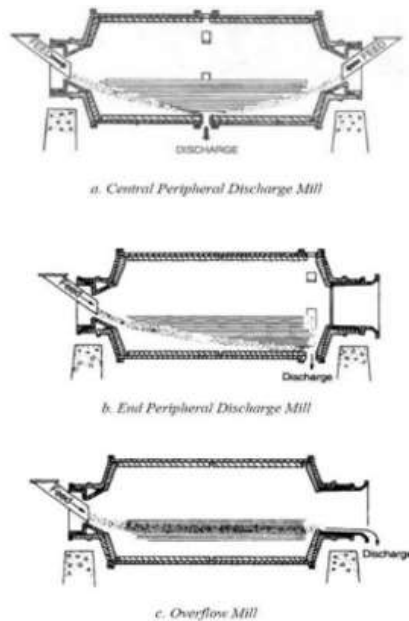
Rod Mill disebut juga mesin *fine crusher* atau *coarse grinding*. . Ciri khusus dari *rod mill* adalah panjang *shell* silinder antara 1,5 sampai 2,5 kali diameternya, perbandingan ini sangat penting agar batang (*rod*), yang panjangnya beberapa *centimeter* lebih pendek dari *shell*, harus dicegah dari pembengkokan agar dapat mendesak diameter silinder, perbandingan tidak boleh terlalu besar untuk diameter maksimum *shell* dalam penggunaannya karena akan mengakibatkan *rod* berubah bentuk dan patah. *Rod mill* diklasifikasikan berdasarkan sifat keluaran produknya, dengan didasarkan pada suatu konsep bahwa semakin dekat keluaran produk dengan batas luar *shell* maka akan semakin cepat material melewati proses *grinding* sehingga kelebihan material hasil *grinding* akan lebih sedikit terjadi.

Ada tiga jenis *rod mill* yaitu *centre peripheral discharge mills*, *end peripheral discharge mills*, dan *overflow mills*. Perbedaan dari ketiga *mill* tersebut adalah pada jalur pengumpanan (*opening*) dan pengeluaran (*discharge*).

- Pada *center peripheral discharge mill* umpan dimasukkan melalui *trunnion* pada kedua sisi *mill* dan pengeluaran dilakukan pada bagian bawah melalui lubang di tengah *shell*, *mill* ini bisa digunakan untuk *grinding* basah dan kering dan menghasilkan lebih banyak partikel kasar daripada halus.
- *End peripheral discharge mill* memiliki jalur pengumpanan pada satu sisi *trunnion* dan pengeluaran dilakukan pada bagian bawah *shell* di seberang sisi pengumpanan, biasanya digunakan untuk *grinding* kering dan lembab.

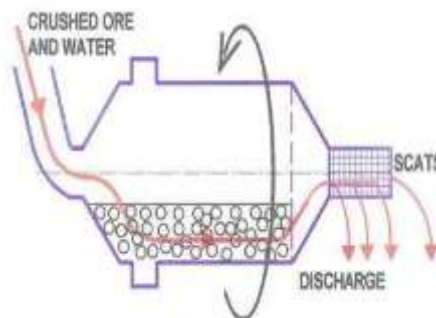
- Dan yang paling banyak digunakan adalah *overflow (trunnion) mill* dimana pengumpanan dilakukan melalui salah satu *trunnion* dan pengeluaran dilakukan melalui *trunnion* lainnya, biasanya *mill* ini digunakan untuk *grinding* basah dan fungsinya untuk konversi dari produk *crusher* menjadi umpan untuk *ball-mill*.

Rod mill menggunakan *rod* selektif yang ukurannya ditentukan sehingga nantinya akan didapatkan *grinding* yang optimum, biasanya *rod* terbuat dari *high carbon steel* dengan diameter berukuran 25 sampai 150 mm, semakin kecil diameter *rod* maka *surface area* (luas permukaan sentuhnya) lebih luas sehingga didapat efisiensi *grinding* yang lebih besar.



b) Ball Mill

Bagian akhir dari *comminution* dilakukan dalam *tumbling mill* dengan menggunakan *medium grinding* berupa bola-bola baja yang disebut *ball mill*. Karena *balls* (bola-bola) memiliki luas permukaan per unit berat lebih besar dari *rod*, maka *balls* lebih baik untuk hasil akhir yang bagus (halus), *ball mill* memiliki perbandingan panjang terhadap diameter sebesar 1,5 sampai 1 atau lebih kecil lagi. Jika perbandingan antara 3 sampai 5 maka disebut *tube mill*.



Prinsip kerja *ball mill* adalah memutar silinder yang berisi bola-bola *grinding* yang terbuat dari baja dan material (bijih) di dalamnya, proses *grinding* terjadi dengan pergerakan bola-bola seperti pada gambar dimana *balls* berputar di dalam dan menggerus bijih. Semakin besar diameter silinder maka kecepatan rotasi akan semakin lambat. Jika kecepatan terlalu besar

maka akan terjadi gaya sentrifugal pada silinder sehingga *balls* akan menempel pada tepi silinder dan proses *grinding* akan menjadi tidak optimum.

Seperti halnya *rod mill*, *ball mill* juga diklasifikasikan berdasarkan sifat keluaran produknya. Terbagi menjadi tiga jenis yaitu, *peripheral discharge mill*, *overflow mill*, dan *grate mill* sebagai produk yang paling sering digunakan.

c) SAG Mill

Semi Autogenous Grinding (SAG) mill adalah peralatan/sirkuit grinding yang paling sering diminati dibandingkan dengan sirkuit konvensional dikarenakan memiliki beberapa keuntungan-keuntungan, seperti biaya yang lebih rendah, kemampuan menangani material basah dan lengket, *flowsheet* yang lebih sederhana, peralatan berukuran besar, kebutuhan operator yang sedikit, dan konsumsi *medium grinding* yang sedikit.



SAG mill menggunakan metode *grinding* dengan kombinasi *medium grinding* dan partikel bijih itu sendiri. Sedangkan *Autogenous mill* bekerja berdasarkan metode grinding yang hanya menggunakan partikel-partikel bijih itu sendiri sebagai media untuk melakukan kominusi. Ukuran terbesar dari *SAG* adalah dengan diameter 11 m dan panjang 4,3 m dengan berat 1100 ton.

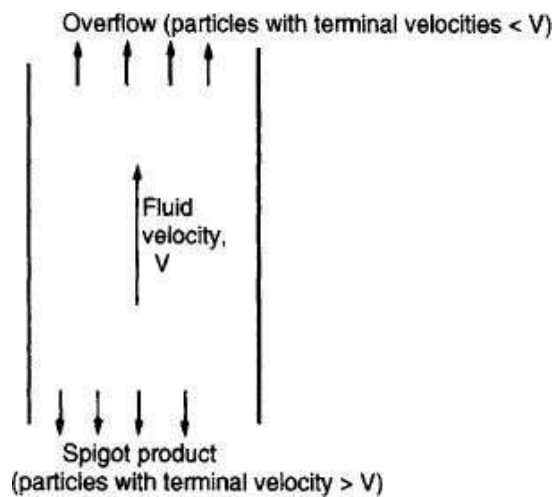
b. Pengklasifikasian berdasarkan bentuk

Jawaban :

Klasifikasi merupakan salah satu metode untuk memisahkan campuran mineral menjadi dua atau lebih produk berdasarkan pada kecepatan aliran fluida (bisa air ataupun udara), sehingga nantinya akan didapatkan butiran-butiran yang jatuh di dalam medium fluida tersebut. Dalam pengolahan mineral biasanya media yang digunakan adalah air (pada klasifikasi basah). Hal demikian diterapkan pada pengolahan mineral karena bertujuan untuk mendapatkan kandungan mineral yang lebih halus agar dapat dipisahkan secara efisien.

Dalam *classification*, partikel dengan beragam ukuran, bentuk, dan *specific gravity* (berat jenis) dipisahkan dengan cara diendapkan pada fluida, disini akan terlihat bahwa butiran yang lebih kasar, berat, dan bulat akan mengendap lebih cepat daripada butir yang lebih halus, ringan, dan memiliki sudut. Fluida tersebut bergerak membawa butiran-butiran yang mengendap dengan perlahan tadi (yakni butiran

dengan butir yang lebih halus, ringan dan bersudut) sementara dengan cara yang bersamaan butiran yang mengendap lebih cepat tadi dipindahkan dari *classifier*.



(Gambar : Prinsip Kerja Classifier)

Berdasarkan metodenya, classifier dibedakan menjadi tiga jenis

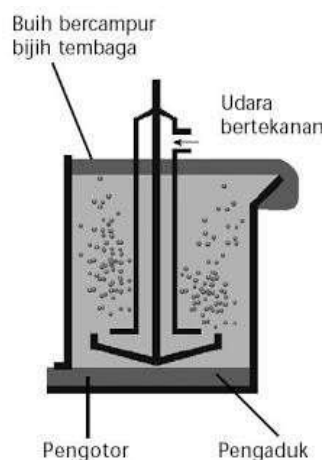
- a) Klasifikasi dalam kondisi basah dengan *hydrocyclone*, proses pemisahan partikel dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Kisaran ukuran partikel yang dihasilkan dari 100 – 10mikron.
- b) Klasifikasi dalam kondisi basah dengan *spiral classifier*, proses pemisahan partikel dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Kisaran ukuran partikel yang dihasilkan dari 100 – 1000mikron.
- c) Klasifikasi dalam kondisi kering, memanfaatkan gaya sentrifugal dengan kisaran ukuran partikel produk sebsar 150 – 5mikron.

4. Uraikan terkait tahapan dalam pemekatan bijih secara:

a. Floating

Jawaban :

Flotasi (pengapungan) busa (*froth flotation*) digunakan untuk memekatkan biji tembaga. Contoh dari proses floating adalah pemekatan tembaga dari bijihnya dilakukan dengan cara pengapungan (flotasi), seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Pada proses ini, bijih dihancurkan menjadi serbuk, kemudian dicampurkan dengan zat pengapung, dan udara dialirkan hingga berbusa. Zat pengapung berupa surfaktan (memiliki ujung polar dannonpolar), misalnya saponin.

Partikel-partikel yang terbasahi oleh air seperti pengotor berada di dasar tanki.

Adapun partikel yang tidak terbasahi menempel pada busa dan mengapung di atas permukaan tanki.

Adapun langkah-langkah flotasi adalah sebagai berikut :

1. Biji yang telah halus dimasukkan ke dalam tangki berisi campuran air dan agen pelengkap (misalnya minyak tusam atau pine oil). Agen pelengkap ini berfungsi seperti suatu molekul sabun atau deterjen.
2. Selanjutnya campuran diaduk dengan kuat sambil disemprotkan arus udara secara kuat melalui tangki.
3. Partikel-partikel mineral akan terbawa ke permukaan oleh gelembung udara sebagai buih sehingga dapat dipisahkan. Sebagian besar batu reja akan tenggelam ke dasar tangka.

b. Sintering

Jawaban :

Proses sintering adalah suatu proses pemadatan dari sekumpulan serbuk pada suhu tinggi mendekati titik leburnya hingga terjadi perubahan struktur mikro seperti pengurangan jumlah dan ukuran pori, pertumbuhan butir. Proses sintering meliputi 3 tahap mekanisme pemanasan:

1. Presintering

Presintering merupakan proses pemanasan yang bertujuan untuk:

- a) Mengurangi residual stress akibat proses kompaksi (green density)
- b) Pengeluaran gas dari atmosfer atau pelumas padat yang terjebak dalam porositas bahan komposit (degassing)
- c) Menghindari perubahan temperatur yang terlalu cepat pada saat proses sintering (shock thermal) Temperatur presintering biasanya dilakukan pada $1/3 T_m$ (titik leleh).

2. Difusi permukaan.

Pada proses pemanasan untuk terjadinya transportasi massa pada permukaan antar partikel serbuk yang saling berinteraksi, dilakukan pada temperatur sintering ($2/3 T_m$). Atom-atom pada permukaan partikel serbuk saling berdifusi antar permukaan sehingga meningkatkan gaya kohesifitas antar partikel.

3. Eliminasi porositas.

Tujuan akhir dari proses sintering pada bahan komposit berbasis metalurgi serbuk adalah bahan yang mempunyai kompaktibilitas tinggi. Hal tersebut terjadi akibat adanya difusi antar permukaan partikel serbuk, sehingga menyebabkan terjadinya leher (liquid bridge) antar partikel dan proses akhir dari pemanasan sintering menyebabkan eliminasi porositas (terbentuknya sinter density).

c. Calcining

Jawaban :

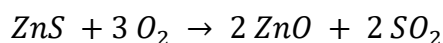
Kalsinasi adalah dekomposisi panas material. Contohnya dekomposisi hydrate seperti ferric Hidroksida menjadi ferric oksida dan uap air atau dekomposisi kalsium karbonat menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida dan atau besi karbonat menjadi besi oksida. Proses kalsinasi membawa dalam variasi tungku/furnace termasuk shaft furnace, rotary kilns dan fluidized bed reactor.

d. Roasting

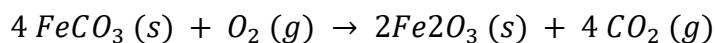
Jawaban :

Jika bijih-bijih tidak cukup dipisahkan dengan cara fisika, maka digunakan proses kimia seperti diuraikan berikut ini :

Beberapa mineral tertentu, proses pemekatan dilakukan dengan cara kimia. Bijih dipanggang (*roasting*) untuk mengusir keluar bahan kotoran yang lebih mudah menguap, untuk membakar habis bahan-bahan organik yang melekat dan untuk membentuknya menjadi senyawaan-senyawaan yang mudah dilebur. Pada pemanggangan dalam udara ini biasanya sulfida dan karbonat menjadi oksida. Pemanggangan dilakukan di bawah titik leleh yang bersangkutan, contohnya :



Suatu karbonat dapat berubah menjadi oksida, contohnya ;



Bijih umumnya mengandung banyak sekali batu-reja bahkan setelah dipekatkan. Seringkali, untuk menghilangkan batu-reja yang terakhir, suatu fluks (bahan pelebur) ditambahkan sewaktu langkah peleburan. Fluks adalah zat yang bergabung dengan batu reja, dan membuat suatu bahan yang meleleh yang disebut terak (slag) sementara campuran dipanaskan dalam tanur. Pada temperatur tinggi, terak berupa cairan yang tak larut dalam logam yang meleleh itu akan membentuk lapisan terpisah.

Jika batu-reja berupa oksida yang bersifat asam seperti silika, SiO_2 maka yang digunakan sebagai fluks adalah oksida basa yang murah seperti kapur, CaO . Jika batu-reja bersifat basa, misalnya kalsium atau magnesium karbonat, fluks yang digunakan adalah oksida asam yang murah, contohnya silika (SiO_2). Oleh karena itu, metode pemanggangan pada masa kini semakin banyak dihindari. Sebagai gantinya digunakan metode kimia basah, yaitu dengan cara melarutkan sebagian atau seluruh bijih dengan suatu asam atau basa. Kadang-kadang suatu senyawaan dari logam yang dikehendaki diendapkan dari larutan atau dapat juga bahan kotorannya yang diendapkan.

5. Uraikan dengan disertai contoh terkait tahapan ekstraksi dalam metalurgi:

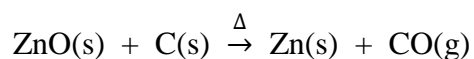
Ekstraksi logam dari bijih pekat melibatkan proses reduksi logam dari tingkat oksidasi positif menjadi logam bebas. Sebelum reduksi, biasanya diperlukan beberapa

perlakuan lain seperti proses *sintering* (pelengketan) atau *calcining* (kalsinasi) dan *roasting* (pemanggangan). Kedua proses tersebut pada dasarnya dilakukan untuk memperoleh bijih oksidanya. Proses untuk ekstraksi, reduksi dan pemurnian logam secara umum dibagi menjadi tiga macam metalurgi yaitu pirometalurgi, hidrometalurgi dan elektrometalurgi

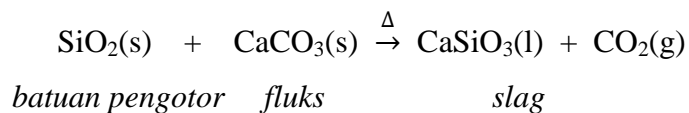
a. Pirometalurgi

Jawaban :

Pirometalurgi melibatkan reaksi kimia yang dilaksanakan pada temperature tinggi. Misalnya dalam *smelting* (peleburan atau pelelehan), reduksi mineral menghasilkan lelehan logam yang dapat dipisahkan dari batuan yang tak diinginkan. Dalam proses reduksi ini biasanya dipakai karbon atau logam lain. Oksida-oksida hasil pemanggangan bijih sulfide umumnya direduksi dengan peleburan oleh karbon, menurut persamaan reaksi:



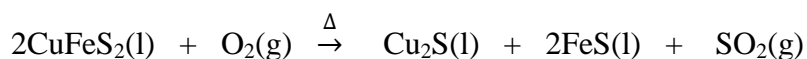
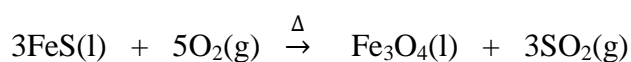
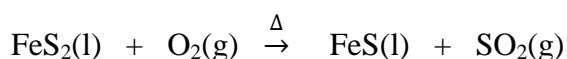
Biasanya, pemekatan bijih tidak sampai memisahkan secara sempurna batuan-batuan pengotor yang tak diinginkan dari mineralnya. Batuan-batuan pengotor dipisahkan dalam proses peleburan dengan penambahan pereaksi *flux* (fluks) untuk menghasilkan *slag* (ampas bijih) yang berupa cairan pada temperature proses dalam tungku. Sebagian slag adalah silikat, misalnya:

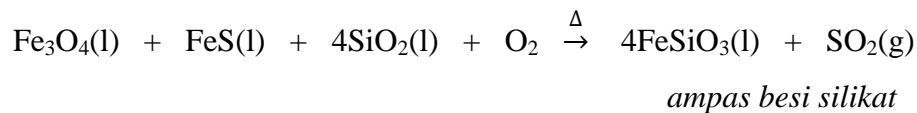


Lelehan logam dalam *slag* membentuk lapisan yang terpisah dalam tungku sehingga dapat dipisahkan. *Slag* dapat dipadatkan sebagai massa mirip gelas (*glassy*) untuk dibuang atau dipakai pada pembuatan semen Portland. Metode pirometalurgi diterapkan untuk produksi tembaga, zink dan besi. Yang mana dijelaskan sebagai berikut:

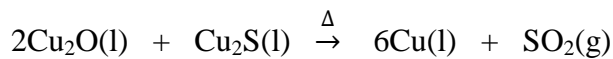
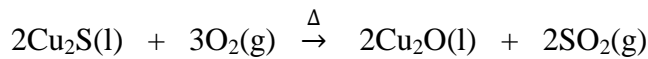
1. Tembaga

Pada mulanya bijih tembaga dipekatkan dengan penggerusan, kemudian di panggang dan dilebur dalam proses multistap yang memisahkan besi dan tembaga sulfida yang sebagian besar ada dalam bijih tembaga (kalkosit – Cu₂S, kalkopirit – CuFeS₂). Bijih pertama-tama dipanggang untuk membebaskan sebagian belerang sebagai belerang dioksida dan belerang trioksida. Kemudian pemanasan dalam tungku dengan fluks silika yang akan mengubah oksida-oksida besi dan beberapa besi belerang menjadi ampas (*slag*), dan menghasilkan campuran lelehan tembaga sulfide dan besi sulfide dengan ampas besi silikat terapung di atas. Beberapa persamaan reaksi yang penting dalam proses ini adalah :





Campuran lelehan sulfida dibawa ke tangki pengubah (*converter*) untuk dilebur dengan silika bersama oksigen yang ditiupkan melalui campuran. Di bagian ini sisa besi dipisahkan sebagai ampas besi silikat, dan langkah terakhir adalah reduksi menjadi logam tembaga. Persamaan reaksinya adalah:



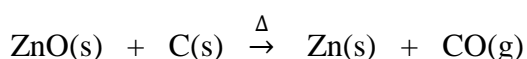
Tembaga yang diperoleh dari peleburan bijih sulfida belum murni dengan pengotor utama adalah perak, emas, besi, zink, timbel, arsenik, belerang, tembaga(I) oksida, dan sedikit ampas. Dengan pemanasan lelehan logam tak murni ini dengan arus udara, sebagian besar arsenic dan belerang diubah menjadi oksidanya yang mudah menguap. Pengotor yang lain dihilangkan melalui proses pemurnian secara elektrolisis (*elektrorefining*).

2. Zink

Bijih zink yang paling umum adalah sfalerit atau zinkblende (ZnS) dan smitsonit (ZnCO_3); lainnya adalah zinkit (ZnO) dan franklinit ($(\text{Zn,Mn})\text{OFe}_2\text{O}_3$) dengan rasio Zn, Mn, dan Fe_2O_3 bervariasi. Titik didih zink yang rendah (907°C) memungkinkan dapat dilakukan distilasi terhadap lelehan bijih zink yang sering diikuti distilasi lanjut untuk pemurnian logam zink.

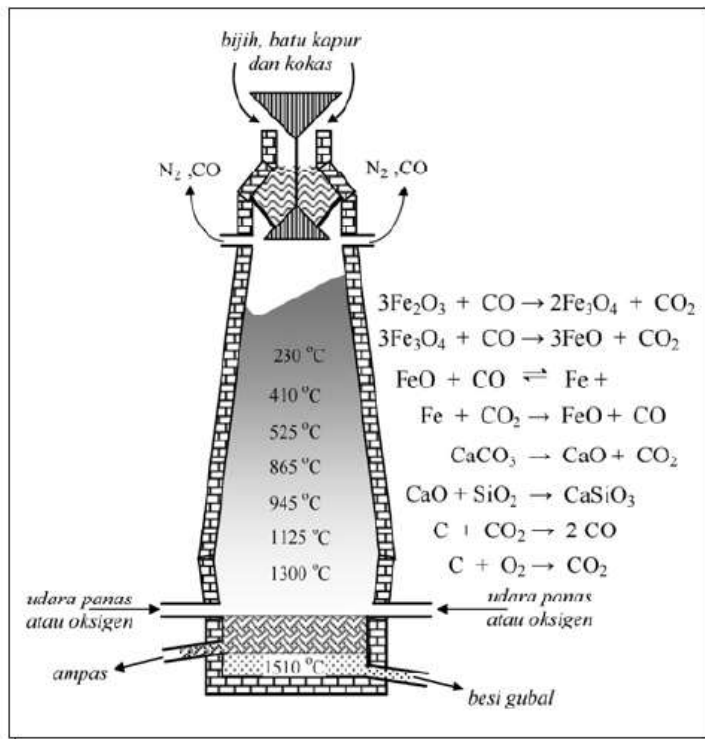
Metalurgi bijih franklinit sangat menarik, karena dalam reduksi pada temperatur tinggi menghasilkan zink, mangan, dan besi. Zink dapat dipisahkan dengan distilasi, sedangkan campuran mangan-besi dapat langsung dijadikan logam paduan atau baja.

Sebagian besar, bijih zink dipanggang untuk mengubah sulfida menjadi oksidanya, kemudian dilanjutkan dengan reduksi temperatur tinggi dengan karbon untuk menghasilkan logam zink yang kemudian dikondensasi dan dimurnikan. Persamaan reaksinya adalah:



3. Besi

Seperti halnya tembaga dan zink, besi terdapat di alam sebagai sulfidanya (FeS atau Fe_2S_3). Tetapi mineral ini tidak dimanfaatkan sebagai bijih karena sisa-sisa kelumit belerang sulit dihilangkan. Bahan mentah untuk preparasi besi adalah bijih besi yang telah dipampatkan, kokas, dan batu kapur (CaCO_3) yang berperan sebagai *fluks*. Besi kasar (besi gubal - pig iron) diproduksi di dalam tanur tinggi, suatu tanur dengan ketinggian 100 kaki dan diameter 25 kaki yang dilapisi dengan batu bata yang tahan panas.



Campuran bijih besi, kokas, dan batu kapur dimasukkan dari bagian atas tanur. Hembusan kuat (kecepatan ~ 350 mph) udara panas atau oksigen ditiupkan melalui bagian bawah tanur tempat kokas diubah menjadi gas CO yang kemudian berperan sebagai agen pereduksi. Campuran menjadi lebih panas secara perlahan dengan semakin menurunnya ke posisi dasar tanur. Uap air pertama-tama akan terdesak ke luar, kemudian sebagian bijih mulai tereduksi oleh karbon monoksida. Pada bagian tanur yang lebih panas, proses reduksi bijih menjadi logam besi menjadi sempurna, batu kapur melepaskan CO₂ dan bereaksi dengan pengotor-pengotor bijih terutama silikon dioksida tetapi juga oksida-oksida mangan dan fosfor dengan menghasilkan lelehan ampas. Lelehan besi dan ampas keduanya tidak bercampur melainkan membentuk dua lapisan pada dasar tanur. Proses reduksi bersifat dapat balik/reversibel, dan reduksi sempurna hanya terjadi jika karbon dioksida yang terbentuk dihilangkan. Hal ini dapat dilakukan dengan penambahan kokas berlebihan yang akan mereduksi karbon dioksida menjadi karbon monoksida.

b. Hidrometalurgi

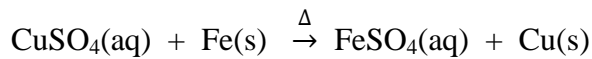
Jawaban :

Hidrometalurgi merupakan istilah umum untuk suatu proses yang melibatkan larutan air dalam ekstraksi dan reduksi logam. Dalam proses peluluhan dan pelumeran (*leaching*), logam atau senyawanya terlarut atau lepas dari bijihnya atau langsung keluar dari endapan bijihnya oleh larutan air. Setelah permurnian larutannya, senyawa logam murni dapat direduksi langsung menjadi logamnya. Sedangkan jika yang terbentuk berupa endapan atau masih mengandung pengotor, dapat dipisahkan dengan *solven extraction*. Larutan hasil peluluhan sering dapat diregenerasi dan dipakai kembali untuk proses peluluhan. Sebagai contoh, Tembaga dapat diluluhkan oleh asam sulfat bersama oksigen, menurut persamaan reaksi berikut :

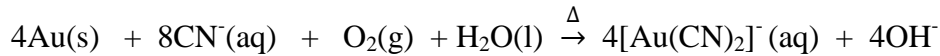


bijih tembaga larutan peluluh

Kemudian ion logam Cu^{2+} direduksi oleh Fe, persamaan reaksinya sebagai berikut:

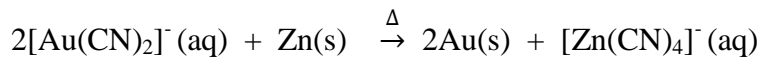


Yang kedua, emas diluluhkan larutan sianida bersama oksigen menurut persamaan reaksi:



bijih emas larutan peluluh

kemudian direduksi menggunakan seng, persamaan reaksinya:



Hidrometalurgi memberikan beberapa keuntungan, diantaranya:

- (1) Bijih tidak harus dipekatkan, melainkan hanya dihancurkan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil
- (2) Pemakaian batubara dan kokas pada pemanggangan bijih dan sekaligus sebagai reduktor dalam jumlah besar dapat dihilangkan
- (3) Polusi atmosfer oleh hasil samping pirometalurgi sebagai belerang oksida, arsenic(III) oksida dan debu tungku dapat dihindarkan
- (4) Untuk bijih-bijih peringkat rendah (*lower grade*) metode ini lebih efektif.

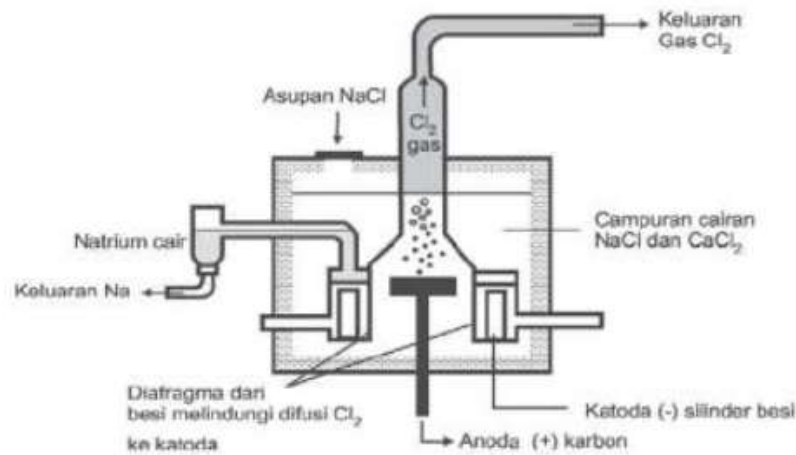
c. Elektrometalurgi

Jawaban :

Elektrometalurgi merupakan suatu proses reduksi mineral atau pemurnian logam yang menggunakan energy listrik (elektrolisis). Logam yang diproduksi dengan cara ini merupakan logam yang aktif karena tak ada reduktor yang dapat mereduksinya. Natrium dan aluminium diproduksi dengan metode elektrometalurgi.

a) Natrium

Natrium merupakan logam alkali yang paling banyak dibutuhkan untuk keperluan industri. Seperti logam-logam alkali yang lain, natrium tidak ditemukan dalam keadaan murni di alam karena reaktivitasnya yang sangat tinggi. Logam putih keperakan ini dalam pabrik biasanya di produksi secara elektrometalurgi menurut proses Downs, yaitu dengan mengelektrolisis lelehan natrium klorida (titik leleh 801°C).



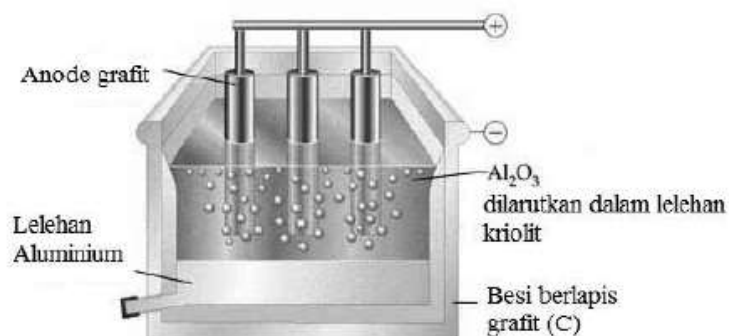
Gambar diatas merupakan gambar bagan sel Down untuk produksi natrium.

Lelehan NaCl (67%) yang dielektrolisis dicampur dengan kalsium klorida CaCl₂ (33%). Penambahan CaCl₂ tersebut menurunkan titik lebur NaCl dari 801°C menjadi 580°C. Elektrometalurgi dalam sel Down dilakukan dalam sel silinder dengan anode (grafit) dipasang di tengah di kelilingi oleh katode baja. Kedua electrode dipisahkan dengan diafragma ayakan baja silinder, sehingga hasil elektrolisis berupa lelehan logam natrium mengapung pada bagian atas katode dan tidak bersentuhan dengan gas klor di ruang anode. Natrium cair yang mengandung 0,2% Ca itu didinginkan hingga suhu 110°C agar logam Ca menjadi padat dan terkumpul di dasar wadah. Kemudian natrium cair dipompa kedalam wadah pencetak, didinginkan dan menjadi padat. Persamaan reaksi yang terjadi ialah:

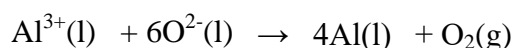
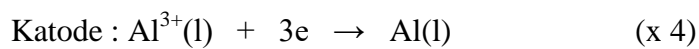


b) Alumunium

Logam alumunium diproduksi dengan cara elektrolisis lelehan oksidanya (Al₂O₃) atau lelehan garamnya (AlCl₃). Dalam proses ini, sel elektrolisis berupa bak-kotak yang dibuat dari baja yang pada bagian dalamnya dilapisi dengan karbon sebagai katode, dan batang-batang karbon sebagai anode dipasang berjajar didalam bak, tercelup di dalam elektrolit lelehan kriolit (Na₃AlF₆) yang mempunyai titik leleh ~1000°C dan Al₂O₃ terlarut didalamnya.



Proses elektrolisis berlangsung pada temperatur tinggi, $\sim 1000^\circ\text{C}$. Selama elektrolisis, ion Al^{3+} dari oksidanya bermigrasi ke katode kemudian direduksi menjadi logam cair yang akan mengumpul pada bagian dasar sel. Ion O^{2-} bermigrasi ke anode dan selanjutnya dioksidasi menjadi gas oksigen. Gas oksigen yang terbentuk bereaksi dengan anode karbon sehingga anode karbon akan semakin berkurang dan harus diganti secara periodik. Elektrolit $[\text{AlF}_6]^{3-}$ tidak tereduksi karena mempunyai stabilitas yang sangat tinggi. Dengan proses ini dapat diperoleh aluminium dengan kemurnian 99,0 – 99,9%. Persamaan reaksinya adalah:

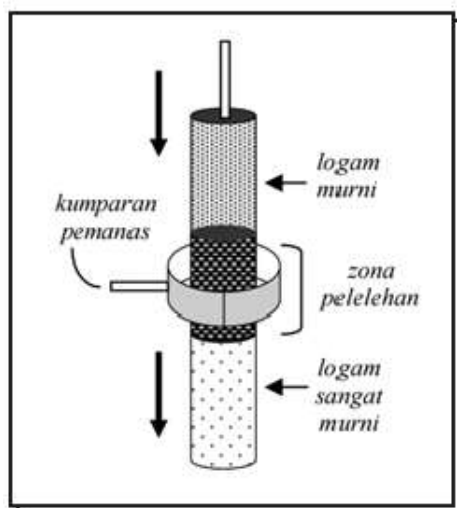


6. Uraikan terkait tahapan pemurnian logam dalam metalurgi

Jawaban :

Pemurnian (*refining*) logam kasar sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama, adanya pengotor mungkin mengakibatkan logam yang bersangkutan tidak dapat dimanfaatkan sesuai dengan yang diinginkan, misalnya, adanya arsenic dalam persentase yang sangat kecil saja sebagai pengotor, umumnya dalam tembaga, mengakibatkan penurunan sifat konduktivitas listrik 10-20%. Kedua, adanya pengotor dalam logam itu sendiri mungkin sangat berharga, misalnya sebagian besar perak merupakan hasil samping dari metalurgi timbel dan tembaga. Metode untuk pemurnian logam kasar meliputi :

1. Destilasi Logam. Logam-logam dengan titik didih rendah, misalnya merkuri, bismuth, seng, nikel dan magnesium, dapat dipisahkan dari kebanyakan bahan kotornya dengan penyulingan sederhana
2. Proses elektrolisis. Aluminium merupakan logam yang dapat dimurnikan dengan metode ini.
3. Oksidasi pengotor yang harus dipisahkan, misalnya untuk besi
4. Pemurnian zona (*zone refining*), dapat menghasilkan kemurnian logam yang sangat tinggi.



Gambar bagan metode *zone refining* untuk pemurnian logam

Zone refining merupakan teknik pemurnian logam dengan hasil kemurnian yang sangat tinggi. Teknik ini berdasarkan pada kenyataan bahwa pengotor lebih mudah larut dalam fase cairan daripada fase padatan. Dalam proses ini kumparan pemanas digerakkan secara perlahan sepanjang sepotong batang logam, sambil melelehkan suatu zona yang sempit. Selagi lingkaran logam yang meleleh itu ikut bergerak bersamanya, logam yang relative tidak murni meleleh pada tepi depan, dan logam yang lebih tinggi kemurniannya mengkristal pada tepi belakang dari zona yang meleleh itu. Bahan-bahan kotoran mengumpul dan turut bergerak bersama zona cairan ke bagian ujung, lalu dipotong putus dan dibuang.

➤ **Paduan logam (Aloi)**

7. Uraikan terkait aloi

Jawab:

Apabila leburan dari dua macam atau lebih logam dicampur atau leburan suatu logam dicampur dengan unsur-unsur nonlogam kemudian campuran yang terjadi didinginkan maka akan diperoleh suatu padatan. Padatan tersebut mungkin merupakan suatu senyawa ionik, campuran sederhana, atau aloi (alloy). Kemungkinan mana yang akan terjadi tergantung pada sifat kimia serta ukuran relatif dari atom-atom unsur-unsur yang dileburkan.

Aloi dapat terbentuk apabila dalam padatan yang diperoleh atom-atom yang ada tidak saling bereaksi serta tidak sekedar bercampur satu dengan yang lain dan masih menunjukkan sifat-sifat sebagai logam. Aloi atau logam paduan adalah kombinasi dua jenis logam atau lebih. Aloi dapat dibuat dari leburan campuran dua macam atau lebih logam atau leburan suatu logam dengan unsur-unsur non logam yang didinginkan. Pada dasarnya, aloi juga didefinisikan sebagai *solid solution* atau larutan padatan. Komponen utama dalam aloi disebut logam induk yang dianggap bertindak sebagai pelarut, dan logam lainnya sebagai zat terlarut.

8. Uraikan jenis-jenis aloi, ciri-ciri, sifat fisik, serta contohnya

Aloi dapat merupakan larutan zat padat (*solid solution*) dengan komposisi yang bervariasi atau suatu senyawa antarlogam (*intermetallic compound*) dengan komposisi dan struktur internal tertentu. Aloi yang merupakan larutan zat padat ada dua macam, yaitu aloi selitan (interstitial alloy) dan aloi substitusi (substitution alloy).

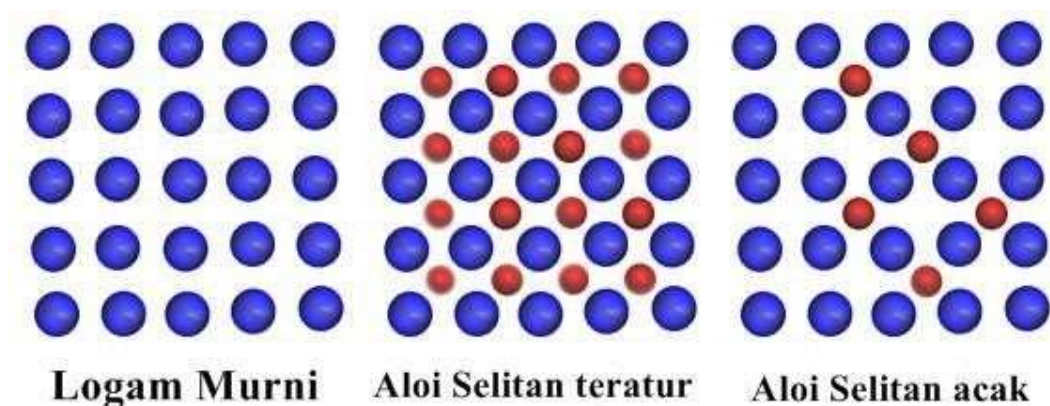
a. Aloi selitan

Di dalam kristal logam yang atom-atomnya membentuk susunan rapat heksagonal atau susunan rapat kubus terdapat tempat selitan tetrahedral dan tempat selitan oktahedral. Dalam kristal logam terdapat tempat-tempat selitan dengan jumlah yang sangat banyak. Atom logam yang lain atau atom nonlogam yang ukurannya sama atau lebih kecil dari ukuran tempat selitan yang ada dapat menempati tempat selitan tersebut sehingga terbentuk aloi selitan. Ditempatinya tempat-tempat selitan oleh atom-atom

logam atau oleh atom-atom nonlogam yang ukurannya sama atau lebih kecil dianggap tidak merubah struktur dari atom-atom kristal logam murninya.

Apabila perbandingan jari-jari atom unsur yang dipadukan dengan jari-jari atom logam murni berkisar antara 0,225-0,414 maka atom-atom dari unsur yang dipadukan akan menempati tempat selitan tetrahedral. Apabila perbandingan jari- jari atom unsur yang dipadukan dengan jari-jari atom logam murni berkisar antara 0,414-0,732 maka atom-atom dari unsur yang dipadukan akan menempati tempat selitan oktahedral. Atom hidrogen karena ukurannya relatif kecil dapat menempati tempat selitan tetrahedral, akan tetapi atom-atom kecil yang lain seperti boron, karbon, dan nitrogen cenderung menempati selitan-oktahedral.

Aloi selitan ada dua macam yaitu aloi selitan acak (random) dan aloi selitan teratur. Pada aloi selitan acak atom-atom dari unsur yang dipadukan mengisi tempat-tempat selitan pada logam induk secara acak, sedangkan pada aloi selitan teratur atom-atom dari unsur yang dipadukan mengisi tempat-tempat selitan pada logam induk secara teratur dan berulang (periodik). Salah satu model susunan atom-atom pada aloi selitan acak dan aloi selitan teratur diberikan pada gambar berikut:



Aloi selitan acak diperoleh apabila leburan aloi didinginkan secara cepat. Untuk memperoleh aloi selitan teratur perlu pendinginan leburan aloi secara lambat. Hubungan antara keteraturan susunan atom-atom dalam aloi dengan waktu

pendinginan leburan aloi dapat dianalogikan dengan pembentukan susunan mahasiswa yang akan mengikuti tes. Biasanya pada waktu tes mahasiswa tidak boleh duduk berdampingan. Sering kali pengisian tempat duduk dengan pola kosong-isi-kosong-isi. Seandainya ada 50 mahasiswa yang mengikuti tes dan mereka hanya diberi waktu satu menit untuk membentuk susunan kosong-isi- kosong-isi, maka susunan tersebut cenderung sulit untuk dibentuk. Berbeda dan halnya bila mereka diberi waktu 5 menit untuk mengatur diri, maka susunan yang diharapkan cenderung lebih mudah terbentuk.

Komposisi dari aloi selitan yang diperoleh tergantung pada banyaknya tempat selitan yang ditempati oleh atom-atom dari unsur yang dipadukan, sehingga sifat fisik dari aloi

selitan yang diperoleh adalah bervariasi. Secara umum sifat fisik dari aloi selitan adalah sebagai berikut:

1. Struktur kristal dari logam induk pada aloi sama seperti struktur logam dalam kristal murninya seperti ditunjukkan pada gambar di atas
2. Dapat menghantarkan panas dan listrik.
3. Lebih keras tetapi lebih rapuh dibandingkan logam murninya
4. Lebih sulit ditempa atau diregangkan dibandingkan logam murninya
5. Massa jenisnya lebih tinggi dibandingkan massa jenis logam murninya
6. Titik leburnya relatif lebih tinggi dibandingkan titik lebur logam murninya.

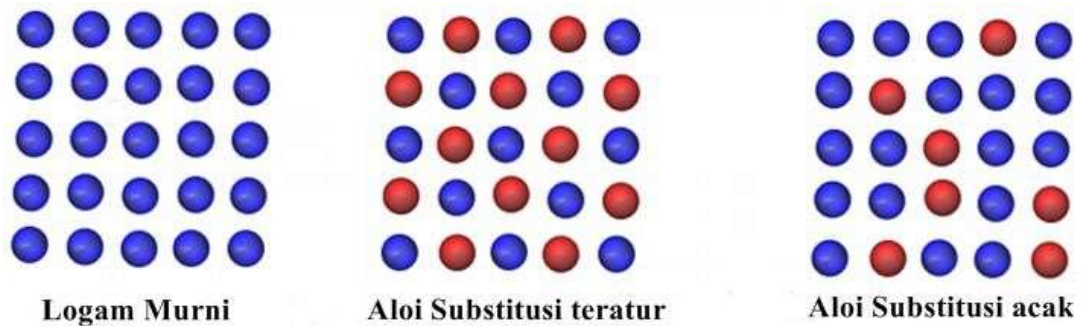
Kereaktifan logam dalam aloi selitan cenderung lebih rendah dibandingkan kereaktifan logam murninya. Hal ini disebabkan karena tertutupnya sebagian permukaan dari logam murni oleh atom-atom unsur yang dipadukan. Aloida, karbida, dan nitrida cenderung bersifat lembam (inert), mempunyai titik lebur yang sangat tinggi dan keras sekali. Aloida besi dan karbon adalah penting untuk membuat baja karbon. Pada aloi ini atom-atom besi membentuk susunan kubus berpusat badan (bcc). Atom-atom karbon yang dipadukan menempati sebagian tempat selitan oktahedral yang terdapat pada susunan tersebut. Baja karbon mengandung 0,2 sampai 1,6% atom C. Baja karbon ada tiga kategori yaitu baja karbon rendah, sedang dan tinggi. Baja karbon rendah mengandung atom karbon sampai 0,25 sampai 0,45% atom karbon; baja karbon tinggi mengandung 0,45% sampai 1,6% atom karbon. Baja karbon semakin keras dan semakin kuat dengan bertambahnya

persentase atom C, akan tetapi semakin sulit ditempa atau diregangkan. Massa jenis aloi selitan selalu lebih besar dibandingkan massa jenis logam murninya karena beberapa tempat selitan yang semula kosong terisi oleh atom dari unsur yang

dipadukan. Massa jenis aloi selitan semakin besar dengan bertambahnya persentase tempat selitan yang terisi oleh atom dari unsur yang dipadukan.

b. Aloida substitusi

Pada aloida substitusi atom-atom dari unsur yang dipadukan menggantikan sebagian atom-atom dari logam murni. Aloida substitusi terjadi apabila ukuran dari atom-atom unsur yang dipadukan lebih besar dari ukuran tempat selitan tetrahedral dan tempat selitan oktahedral yang ada di dalam kristal logam murninya. Terdapat dua macam aloida substitusi yaitu aloida substitusi acak (*random substitutional alloy*) dan aloida substitusi teratur (*ordered substitutional alloy*) atau kisi super (*superlattice*). Pada aloida substitusi acak atom-atom dari unsur yang dipadukan menggantikan posisi dari sebagian atom-atom logam murninya secara tidak teratur, sedangkan pada aloida substitusi teratur atom-atom dari unsur yang dipadukan menggantikan posisi dari sebagian atom-atom logam murninya secara teratur dan periodik. Model susunan atom-atom pada aloida substitusi acak dan aloida substitusi teratur diberikan pada gambar berikut



Seperti halnya pada pembuatan aloi selitan, aloi substitusi acak diperoleh apabila leburan aloi didinginkan secara cepat. Untuk memperoleh aloi substitusi teratur perlu pendinginan leburan aloi secara lambat. Aloi substitusi dari dua macam logam atau lebih dapat terbentuk dengan rentangan komposisi tertentu atau dengan segala komposisi. Aloi dengan segala komposisi terbentuk apabila logam-logam yang dipadukan dapat membentuk larutan zat padat (solid solution) dengan sembarang komposisi. Menurut Hume dan Rothery aloi substitusi dengan segala komposisi dapat terjadi antara dua macam logam apabila tiga syarat di bawah terpenuhi yaitu:

1. Perbedaan jari-jari atom logam yang dipadukan tidak lebih dari 15%
2. Dua logam yang dipadukan memiliki struktur kristal yang sama
3. Dua logam yang dipadukan memiliki sifat kimia, khususnya elektron valensi yang sama

Aloi substitusi dengan segala komposisi dapat terbentuk antara logam emas dan tembaga karena dua logam tersebut memiliki struktur kristal yang sama (ccp), elektron valensi yang sama (keduanya golongan 11 atau IB) dan perbedaan jari-jari atomnya adalah kurang dari 12,5%. Tembaga dan nikel juga dapat membentuk aloi substitusi dengan segala komposisi karena dua logam tersebut memiliki struktur kristal yang sama (ccp), keelektropositifan yang hampir sama (Cu: 2,00 Ni: 1,91) dan perbedaan jari-jari atomnya hanya 2,4%. Apabila satu, dua, atau tiga persyaratan di atas tidak terpenuhi, maka dua logam yang dipadukan hanya dapat membentuk aloi substitusi dengan rentangan komposisi tertentu. Dalam hal ini ada kecenderungan bahwa rentangan komposisi yang diperoleh semakin kecil dengan semakin banyaknya persyaratan yang tidak terpenuhi. Aloi substitusi yang mengandung lebih dari dua macam logam juga dapat terbentuk. Misalnya Alnico, merupakan aloi yang digunakan untuk membuat magnet pada pengeras suara karena memiliki sifat magnetik yang permanen. Alnico merupakan aloi dari lima macam logam yaitu Al (8%), Ni (14%), Co (24%), Cu (3%), dan Fe (51%).

9. Uraikan bagaimana proses pembuatan aloi

Jawab:

Teknik *Powder Metallurgy* ini adalah teknik yang dikembangkan untuk membuat bagian logam dari bubuk logam. *Powder metallurgy* dapat didefinisikan sebagai teknik

memproduksi serbuk logam, dan membuat mereka menjadi bentuk barang yang diinginkan. Teknik ini digunakan untuk membuat objek dari logam paduan dengan titik leleh tinggi, komposit tahan api, dll. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan aloi dengan teknik *powder metallurgy*:

1. Produksi Bubuk Logam (*Production of Metallic Powders*)

Serbuk logam diproduksi oleh penghancuran mekanis, atomisasi, pengendapan elektrolitik atau metode kimia.

2. Pencampuran atau Pemasukan serbuk (*Mixing or blending of powders*)

Kualitas dalam produk aloi dapat dicapai dengan komposisi pencampuran serbuk yang tepat. Untuk mengurangi pelumas gesekan dinding ditambahkan di sebagian besar bubuk selama pencampuran misalnya, asam stearat, lithium stearat, dll.

3. Penekan atau Pemasukan (*Pressing or Compacting*)

Setelah pencampuran, serbuk logam ditekan untuk dibentuk pada cetakan baja di bawah tekanan pada suhu kamar. Massa padat yang diperoleh dikenal sebagai green compact. Proses mengubah serbuk longgar menjadi green compact dengan ukuran dan bentuk yang akurat dikenal sebagai compacting.

Metode compacting dibagi menjadi pemadatan dingin (*cold compaction*) dan pemadatan panas (*hot compaction*).

(a) Metode pemadatan dingin (*Cold compaction method*): Metode ini dilakukan dalam kisaran suhu sekitar di mana deformasi suhu tinggi seperti difusi atau dislokasi diabaikan. Pengepresan dingin (*Cold pressing*) adalah metode yang paling penting dalam *Powder metallurgy*. Bahan awal adalah bubuk curah dengan atau tanpa sedikit pengikat atau pelumas. Proses pengepresan dingin mungkin melibatkan prinsip pengepresan cetakan aksial (*axial die*).

Dalam penekanan aksial, bubuk dipadatkan dalam cetakan kaku dengan pukulan yang dibebani secara aksial. Variabel proses utama dalam teknik ini adalah tekanan pemadatan aksial yang didefinisikan sebagai rasio beban punch dan luas permukaan punch.

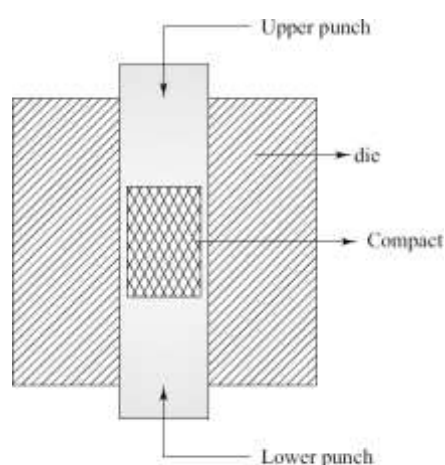


Fig. 2.3 Axial pressing.

(b) Metode pemadatan panas (*Hot Compaction Method*): Dalam proses ini, mekanisme deformasi serbuk diaktifkan oleh aplikasi simultan dari suhu dan tekanan pemrosesan yang lebih tinggi.

Efek dari pemadatan adalah:

- a. Porositas material berkurang dan ketidakteraturan permukaan dihilangkan karena partikel dipaksa bersama di bawah tekanan.
- b. Kompaksi meningkatkan tarik serta kekuatan tekan material.
- c. Pengelasan dingin terjadi antara partikel yang berdekatan.

4. Presintering

Proses ini melibatkan pemanasan compact hijau di bawah suhu sintering untuk menghilangkan pelumas yang ditambahkan selama pencampuran.

5 Sintering

Selama proses sintering, fluiditas komponen meningkat. Hal ini menyebabkan atom-atom dari konstituen akan saling terkait dengan lebih baik.

10. Uraikan terkait penggunaan aloi dalam kehidupan sehari-hari :

a. Emas Putih

Salah satu aloi yang banyak digunakan untuk perhiasan adalah emas putih (*white gold*). Emas putih merupakan aloi dari emas dengan nikel atau aloi dari emas dengan paladium. Emas putih kadang-kadang mengandung unsure logam yang lain seperti perak, tembaga, atau zink dalam jumlah yang kecil. Emas putih memiliki kilau seperti kilau platina. Sekarang nikel jarang digunakan untuk membuat emas putih karena nikel dapat memberikan reaksi tertentu pada seseorang yang menggunakan perhiasan dari emas dengan perak dan paladium. Perhiasan yang terbuat dari emas putih seringkali dilapisi dengan rodium (Rh) untuk menghasilkan kilau putih yang lebih bagus. Sebagaimana pada emas kuning (*yellow gold*), kandungan emas pada emas putih juga dinyatakan dengan karat. Kandungan emas pada emas putih 18 karat adalah sama dengan kandungan emas pada emas kuning 18 karat.

b. Senyawa Antarlogam

Senyawa antarlogam disebut juga dengan aloi senyawa (*compound alloy*). Senyawa antarlogam memiliki rumus formula dan struktur kristal yang cenderung berbeda dengan struktur kristal logam penyusunnya. Salah satu contohnya adalah baja tahan karat (*stainless steel*). Aloinya terdiri atas besi, karbon, kromium, dan nikel. Pada baja tahan karat atom karbon menempati sebagian tempat selitan oktahedral yang ada, sedangkan atom kromium dan nikel menggantikan sebagian posisi dari atom-atom besi. Salah satu model susunan atom-atom pada baja tahan karat adalah seperti gambar:



Baja tahan karat mungkin juga mengandung unsur lain selain kromium dan nikel. Berikut beberapa unsur yang terdapat pada baja tahan karat beserta fungsinya: Tabel 2.1 Beberapa unsur logam yang terdapat pada baja tahan karat beserta fungsinya.

No	Logam	Presentase yang ditambahkan (%)	Pengaruh pada sifat baja
1	Tembaga	0,2 – 1,5	Meningkatkan ketahanan terhadap korosi
2	Nikel	0,1 - 1	Memberikan Permukaan yang bagus
3	Niobium	0,02 - 0,12	Meningkatkan kekuatan regang
4	Nitrogen	0,03	Meningkatkan kekuatan
5	Mangan	0,2 – 1,6	Meningkatkan kekuatan
6	Vanadium	Sampai 0,2	Meningkatkan kekuatan

Berikut adalah beberapa contoh senyawa antarlogam dan kegunaannya.

No	Rumus	Kegunaan
1	Co_3Sm	Magnet yang ringan dan kuat untuk audio headset
2	Cr_3Pt	Pisau cukur yang ketajamannya tahan lama
3	CuAl_2	Peralatan yang tahan korosi oleh asam dan air laut
4	CuZn	pipa
5	Nb_3Sn	Superkonduktor
6	Ni_3Al	Komponen utama mesin jet

Dalam beberapa kasus senyawa antarlogam atau aloi senyawa, campuran logam lelehan akan menghasilkan persis fase-fase stoikiometrik yaitu dengan komposisi atom-atom bilangan bulat. Sebagai contoh, tembaga dan zink membentuk tiga macam senyawa aloi, CuZn (β -kuningan), Cu_5Zn_8 (γ -kuningan), dan CuZn_3 (ϵ - kuningan). Formula ini berdasarkan kaidah Hume – Rothery yaitu rasio jumlah elektron valensi terhadap jumlah

atom dalam senyawa menunjukkan nilai yang teratur (kecuali bagi logam golongan 8, 9, dan 10 yang dianggap tidak menyediakan elektron valensi untuk ikatan logam). Dengan perhitungan satu elektron valensi bagi

tiap atom tembaga dan dua bagi tiap atom zink, akan diperoleh rasio jumlah elektron valensi total per jumlah atom total sebagaimana ditunjukkan tabel 2.1. Naiknya rasio jumlah elektron valensi terhadap jumlah atom dalam aloi senyawa mengakibatkan atom-atom logam terikat bersama lebih kuat, sehingga menaikkan sifat kekerasan, tetapi menurunkan sifat tempa dan keuletan. Jadi, ϵ -kuningan bersifat rapuh, dan bila dipukul dengan palu akan hancur seperti gelas.

Beberapa aloi digunakan berdasarkan sifat-sifatnya, misalnya kuningan yang merupakan campuran dari Cu: 70-85% dan Zn: 15-30%, lebih keras daripada tembaga murni dan sering digunakan sebagai pipa. Emas 18 karat yang terdiri atas campuran 75% Au, Ag 10-20%, dan 5-15% Cu lebih keras dibandingkan dengan emas murni. Stainless steel terdiri atas campuran 65-85% Fe, 2-15% Ni, 12-20% Cr, 1-2% Mn, 0,1-1% C, dan 0,5-1% Si, bersifat tahan karat.

DAFTAR PUSTAKA

Farida, Ida. 2018. *Kimia Anorganik : Karakteristik logam blok – s dan –p*. Bandung : Universitas Islam Negeri Sunan Djati.

Sugiyarto, KH., dan Suyanti, Retno D. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu.