

GEOLOGI EKONOMI

(MINERAL LOGAM)

Oleh
Drs. Zawirman

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TOL :	21 JUL 1997
SANDBER / ANGKA :	H /
KOLEKSI :	K
NO. INVENTARIS :	789 IK / 97-906
NO. KOPLOK :	553.0292 AW

JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI
FAKULTAS PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
IKIP PADANG
1995

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Mengingat masih terbatasnya buku-buku yang membahas tentang mineral terutama mineral logam, maka penulis memberanikan diri untuk menulis buku yang membahas tentang mineral terutama yang bersifat logam.

Meskipun buku ini masih merupakan pengantar yang belum dapat mendekati kelengkapan sebuah *textbook*, tetapi bentuk penyajiannya dapat digunakan mahasiswa yang sedang belajar geologi ekonomi dan bagi siapa saja yang berminat tentang mineral, terutama mineral logam.

Materi yang dibahas dalam buku ini menyangkut dengan seluk-beluk mineral khususnya mineral logam. Bab satu membahas tentang mineral dan bijih serta hubungan dan lokalisasi endapan mineral. Bab dua membahas tahap-tahap eksplorasi mineral yang meliputi pemisahan endapan mineral (pemisahan non logam dan pemisahan logam), kontrol lokasi endapan mineral (kontrol struktur dan kontrol stratigrafi). Pada bagian akhir dari buku ini membahas tentang mineral logam-logam berharga (emas, perak dan platina), mineral Logam-besi dan campuran (besi, nikel, mangan, chrom, dan molibdenit) serta mineral logam-logam bukan besi (timah putih, bauksit, tembaga, timah hitam dan seng, bismuth, antimon serta titan). Materi yang disajikan dalam buku ini dihimpun dari berbagai buku dan laporan dan bahan bacaan lainnya yang berhubungan dengan mineral.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan mulai dari pengembangan ide sampai buku ini terwujud. Mereka diantaranya adalah Bapak Drs. Bakaruddin MS dan Bapak Drs. Moh. Nasir B yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan buku ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan-masukan yang bersifat membangun akan diterima dengan terbuka untuk menyempurnakan buku ini pada masa yang akan datang.

Semoga buku ini bermanfaat.

Padang, Maret 1995

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR PETA	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Mineral dan Bijih	2
1.2. Hubungan dan Lokalisasi Endapan Mineral	10
BAB II TAHAP-TAHAP EKSPLORASI MINERAL	14
2.1. Pemisahan Endapan Mineral	14
2.1.1. Pemisahan Endapan non logam	14
2.1.2. Pemisahan Endapan logam	14
2.2. Kontrol Lokasi Endapan Mineral	23
2.2.1. Kontrol Struktur	23
2.2.2. Kontrol Stratigrafi	24
BAB III MINERAL LOGAM	26
3.1. Mineral Logam-Logam Berharga	26
3.1.1. Emas	26
3.1.2. Perak	36
3.1.3. Platina	37
3.2. Mineral Logam Besi dan Campuran	39
3.2.1. Besi	39
3.2.2. Nikel	46
3.2.3. Mangan	55
3.2.4. Chrom	60
3.2.5. Molibdenit	61

3.3. Mineral Logam-Logam bukan Besi	63
3.3.1. Timah Putih	63
3.3.2. Bauksit	72
3.3.3. Tembaga	77
3.3.4. Timah Hitam dan Seng	83
3.3.5. Bismuth	88
3.3.6. Antimon	89
3.3.7. Titan	91
DAFTAR BACAAN	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi rata-rata mineral di kulit bumi (mineral utama)....	1
Tabel 2.	Mineral-Mineral pada kulit bumi dalam prosentase	4
Tabel 3.	Penyebaran dari unsur-unsur pada kulit bumi dan konsentrasi relatif bijih	4
Tabel 4.	Berbagai deposit dan mineral-mineral penting	5
Tabel 5.	Daftar dari Mineral bijih	6
Tabel 6.	Data dari logam dan bijih	8
Tabel 7.	Berat dan Kandungan logam pada mineral-mineral bijih	9
Tabel 8.	Batuan beku dan asosiasi bijih	13

DAFTAR PETA

Peta 1.	Penambangan Emas dan Perak di daerah Banten Selatan ...	35
Peta 2.	Pertambangan Nikel di daerah Pomalaa	52
Peta 3.	Wilayah Kuasa Pertambangan Nikel di Maluku Utara	53
Peta 4.	Wilayah Kuasa Pertambangan Nikel di Pulau Gebe	54
Peta 5.	Daerah Kuasa Pertambangan Eksplorasi Mangan di Flores....	59
Peta 6.	Pertambangan Timah di Pulau Bangka	67
Peta 7.	Pertambangan Timah di Pulau Belitung	68
Peta 8.	Pertambangan Timah di Pulau Singkep	69
Peta 9.	Pertambangan Timah di Pulau Karimun dan Kundur	70
Peta 10.	Pertambangan Timah sekitar Bangkinang	71
Peta 11.	Pertambangan Bauksit di Pulau Bintan	76

BAB I

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan mineral makin lama makin meningkat dan bertambah banyak, baik dalam jumlah maupun macam ataupun jenisnya. Hal ini disebabkan oleh kemajuan teknologi dan penemuan-penemuan baru dalam berbagai industri yang banyak memerlukan bahan baku mineral.

Untuk memenuhi kebutuhan akan mineral, baik mineral logam maupun non logam : berbagai usaha dilakukan orang di dalam mencari cadangan-cadangan baru. Di dalam eksploitasi dan penggunaannya, mulai dilakukan penggunaan yang efisien dan sehemat mungkin, sehingga dapat memenuhi sepanjang masa. Hal ini disebabkan oleh makin sulitnya penemuan baru dan mengingat akan sifat mineral yang habis setelah dipakai dan tidak bisa diperbaharui lagi (*non renewable resources*).

Orang mulai memikirkan untuk mengetahui jenis mineral apa, dimana ditemukannya, mengapa dan bagaimana cara terjadinya serta pencaharian dan pengolahannya.

Ilmu yang mempelajari dan membahas mengenai mineral baik yang bersifat logam serta batuan asosiasinya di dalam kulit bumi juga cara terjadinya dan penyebarannya disebut *Geologi Ekonomi*. Penyebaran mineral dan batuan tersebut menyangkut mengenai tempat terdapatnya, bentuk, ukuran, mutu dan jumlah serta kontrol geologinya.

Ilmu lain yang merupakan cabang dari ilmu geologi ekonomi dan sudah berdiri sendiri adalah Ilmu Geologi Pertambangan (Mining Geology) dan Ilmu Geologi Minyak (Petroleum Geology). Di dalam Ilmu Geologi Pertambangan dibahas mengenai masalah endapan mineral dan hubungan serta cara penambangannya. Sedangkan yang dibahas di

dalam Ilmu Geologi Minyak adalah mengenai penentuan tempat terdapatnya, cara terjadinya, migrasi dan akumulasi dari pada minyak dan gas bumi.

1.1. Mineral dan Bijih

Proses dan aktivitas geologi bisa menimbulkan terbentuknya batuan dan cebakan mineral. Adapun yang dimaksud dengan *cebakan mineral* adalah endapan bahan-bahan atau material baik berupa mineral maupun kumpulan mineral (batuan) yang mempunyai arti ekonomis. Pengertian ekonomis disini adalah berguna dan menguntungkan bagi kepentingan umat manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemungkinan pengusahaan cebakan dalam arti ekonomis adalah bentuk cebakan, besar dan volume cadangan, kadar, lokasi geografi serta biaya pengolahannya. Dari distribusi unsur-unsur logam dan jenis-jenis mineral yang terdapat di dalam kulit bumi (tabel 1 dan 2), menunjukkan bahwa hanya beberapa unsur logam dan mineral saja yang mempunyai prosentase relatif besar. Karena pengaruh proses dan aktivitas geologi yang berlangsung cukup lama, prosentase unsur-unsur dan mineral-mineral tersebut bisa bertambah banyak pada bagian tertentu karena pengaruh pengayaan, bahkan akhirnya pada suatu saat bisa terbentuk endapan mineral yang mempunyai nilai ekonomis. Kadar minimum logam yang mempunyai arti ekonomis nilainya jauh lebih besar dari pada kadar rata-rata dalam kulit bumi. Faktor perkalian yang bisa memperbesar kadar mineral yang kecil sehingga bisa menghasilkan kadar minimum ekonomis disebut faktor pengayaan (*Enrichment factor* atau *Concentration factor*), lihat tabel 3.

Dari sejumlah unsur atau mineral yang terdapat di dalam kulit bumi, ternyata hanya beberapa unsur/mineral saja yang berbentuk unsur atau

elemen tunggal (native element). Sebagian besar merupakan persenyawaan unsur-unsur dan membentuk mineral atau asosiasi mineral (tabel 4).

Tabel 1. Komposisi rata-rata mineral di kulit bumi (mineral utama)

Mineral	Berat (Prosentase)
Oxigen	10,59
Silicon	27,72
Alluminium	8,13
Iron	5,01
Calcium	3,83
Sodium	2,85
Potassium	2,60
Magnesium	2,09
Titanium	0,63
Phosporus	0,13
Hydrogen	0,13
Manganese	0,10
Sulphur	0,052
Barium	0,050
Chlorine	0,048
Chromium	0,037
Carbon	0,032
Fluorine	0,030
Zirconium	0,020
Nickel	0,020
Strontium	0,019
Vanadium	0,019
Cerium, natrium	0,015
Copper	0,018
Uranium	0,008
Tungsten	0,005
Lithium	0,004
Zine	0,004
Columbium, Tantalum	0,003
Hafnium	0,003
Thorium	0,002
Lead	0,002
Cobalt	0,001
Boron	0,001
Beryllium	0,001
	100,00

(Reedman, 1979 ; 80)

Tabel 2. Mineral-mineral pada kulit bumi dalam prosentase.

Mineral	Lithosphere	Batuan beku	Batuan sedimen
Feldspar	49	50	16
Quartz	21	21	35
Pyroxene, amphibole, olivine	15	17	..
Mica	8	8	15
Magnetite	3	3	..
Titanite and ilmanite	1	1	..
Others	3	..	3
Kaolin (clay)	..	..	9
Dolomite	..	..	9
Chlorite	..	..	5
Calcite	..	..	4
Limonite	..	..	4
	100	100	100

(Gocht, 1988 : 86)

Tabel 3. Penyebaran dari unsur-unsur pada kulit bumi dan konsentrasi relatif bijih.

Logam	Rata-rata dalam batuan beku	Bijih (Ore)	Faktor perkalian
Al	8.13	30 - 50 %	4 - 6 X
Cu	0.007	1%	140 X
Cr	0.02	30 %	15000 X
Au	0.0000003	0.00044 %	1400 X
Fe	5.00	30 -50 %	6 - 10 X
Pb	0.0016	4 -7 %	2500 - 3500 X
Mn	0.10	35 %	350 X
Ni	0.008	1.5 %	175 X
Sn	0.004	1 %	250 X
Zn	0.013	4 %	300 X
U	0.0002	0.1 %	500 X

(Gocht, 1988 : 90)

Tabel 4. Berbagai deposit dan mineral-mineral penting.

Hasil proses magma bisa dikelompokkan kedalam native metal, oxides, sulphides, dan genstone.

Deposit	Minerals
NATIVE METALS	
Platinum	Platinum and with chromite or Ni - Cu - Co sulphides
Platinum metals	Osmium, iridium, pladium and others
Gold, silver	By-product metals
Iron-nikel	Native metals (rare) oxides
OXIDES	
Iron	Magnetite, some hematite
Iron-titanium	Titaniferous magnetite, hematite
Titanium	Ilmenite
Chromium	Chromite
Tungsten	Wolframite
Corundum	Corundum
SULPHIDES	
Nickel - copper	Chalcopyrit, pentlandite, polydymite, sperrylite with pyrrhotite, and precious metals
Nickel	Pentlandite and polydymite, with pyrrhotite
Copper	Bornite and chalcopyrite (rare)
Molybdenum	Molybdenite (rare)
GENSTONE	
Diamond	Diamond
Garnet	Pyrope, almandite
Peridot	Peridot

(Gocht, 1988 : 95)

Mineral yang mengandung satu jenis logam atau beberapa asosiasi logam disebut *mineral logam* (metallic mineral). Apabila kandungan logamnya relatif besar dan terikat secara kimia dengan unsur lain maka mineral tersebut dinamakan *mineral bijih* (ore-mineral). Sebagian besar mineral bijih bersifat logam (misalnya nikel) dan yang bersifat non logam (misalnya bauksit).

Yang disebut *bijih* (ore) adalah material/batuan yang terdiri dari pada gabungan mineral bijih dengan komponen lain (mineral non logam) yang dari padanya dapat diambil satu/lebih logam secara ekonomis.

Apabila dari bijih hanya dapat diambil satu jenis logam saja, maka bijih tersebut dinamakan sebagai *bijih tunggal* (single-ore). Sebaliknya bila yang diambil dari bijih tersebut lebih dari satu jenis logam, maka bijih tersebut dinamakan *bijih kompleks* (complex-ore). Contoh mineral bijih lihat tabel 5.

Tabel 5. Daftar dari Mineral bijih

Metal	Ore Mineral	Composition	Present Metal	Primary	Supergen
Gold	Native gold	Au	100	X	X
	Calaverite	AuTe ₂	39	X	..
	Sylvanite	[Au, Ag]Te ₂	..	X	..
Silver	Native Silver	Ag	100	X	X
	Argentite	Ag ₂ S	87	X	X
	Cerargirite	Ag Cl	75	..	X
Iron	Magnetite	FeO.Fe ₂ O ₃	72	X	..
	Hematite	Fe ₂ O ₃	70	X	X
	Limonite	Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	60	..	X
	Siderite	FeCO ₃	48	X	X
Copper	Native copper	Cu	100	X	X
	Bornite	Cu ₅ FeS ₄	63	X	X
	Brochantite	CuSO ₄ . 3Cu(OH) ₂	62	..	X
	Chalcocite	Cu ₂ S	80	X	X
	Chalcopyrit	CuFeS ₂	34	X	X
	Covellite	CuS	66	X	X
	Cuprite	Cu ₂ O	89	..	X
	Enargite	3Cu ₂ S.As ₂ S ₅	48	X	..
	Malachite	CuCO ₃ . Cu(OH) ₂	57	..	X
	Azurite	3CuCO ₃ . Cu(OH) ₂	55	X	X
Chrysocolla	CuSiO ₃ .2H ₂ O	36	..	X	
Lead	Galena	PbS	86	X	X
	Cerussite	PbCO ₃	77	X	X
	Anglesite	PbSO ₄	68	..	X
Zinc	Sphalerite	ZnS	67	X	..
	Smithsonite	ZnCO ₃	52	..	X
	Hemimorphite	ZnSiO ₅	54	..	X
	Zincite	ZnO	80	X	X
	Cassiterite	SnO ₂	78	X	..
	Stannite	Cu ₂ S.FeS.SnS ₂	27	X	..

Nickel	Penlandite	(FeSi)S	22	X	..
	Garnierite	H ₂ (Ni,Mg) SiO ₃ .H ₂ O	..	..	X
Chromium	Chromite	FeO.CrO ₃	68	X	..
Manganese	Pyrolusite	MnO ₂	63	..	X
	Psilomelane	Mn ₂ O ₃ .H ₂ O	45	..	X
	Braunite	3Mn ₂ O ₃ .MnSiO ₃	69	..	X
	Manganite	Mn ₂ O ₃ .H ₂ O	62	..	X
Aluminium	Bauxite	Al ₂ O ₃ . 2H ₂ O	62	..	X
Antimony	Stibnite	Sb ₂ S ₃	71	X	..
Bismuth	Bismuthinite	Bi ₂ S ₃	81	x	x
Cobalt	Smallite	CoAs ₂	28	X	..
	Cobaltite	CoAsS	35	X	..
Mercury	Cinnabar	HgS	86	X	..
Molybdenum	Molibdenite	MoS ₂	60	X	..
	Wulfenite	PbMnO ₄	39	..	X
Wolfram	Wolframite	(Fe,Mn) WO ₄	76	X	X
	Hueberite	MnWO ₄	76	X	..
	Scheelite	CaWO ₄	80	X	..

(Gocht,1988 : 95)

Mineral non logam yang dikandung oleh suatu bijih pada umumnya tidak menguntungkan bahkan biasanya hanya mengotori saja sehingga sering dibuang. Kadang-kadang apabila terdapat dalam jumlah yang cukup banyak bisa dimanfaatkan sebagai hasil sampingan (by-product), misalnya : mineral kwarsa, fluorit, garnet mineral non logam ini disebut *gangue mineral*. Bila terdapat di dalam endapan non logam yang ekonomis disebut *waste-mineral*.

Kadar (prosentase) rata-rata minimum ekonomis suatu logam di dalam bijih disebut *cutt off grade*. Kandungan logam yang terdapat di dalam suatu bijih disebut *tenor of ore* (tabel 6 dan 7). Oleh karena kemajuan teknologi, khususnya di dalam cara-cara pemisahan (ekstraksi) logam sering menyebabkan mineral atau batuan yang pada mulanya tidak bernilai ekonomis bisa menjadi mineral bijih atau bijih yang ekonomis.

Jenis logam tertentu tidak selalu terdapat di dalam satu macam mineral saja, tetapi bisa juga terdapat lebih dari satu macam mineral. Misalnya logam Cu bisa terdapat pada mineral kalkopirit tetapi juga bisa terdapat pada mineral kalkosit, bornit atau krisokola. Sebaliknya satu jenis mineral tertentu sering mengandung lebih satu jenis logam, misalnya mineral Pentlandit mengandung logam nikel dan besi. Mineral Wolframit mengandung unsur-unsur logam Ti, Mn dan Fe. Keadaan tersebut disebabkan karena logam-logam tertentu sering terdapat bersama-sama pada jenis batuan tertentu dengan asosiasi mineral tertentu pula. Hal ini sangat erat kaitannya dengan proses kejadian (*geneses*) mineral bijih.

Tabel 6. Data dari mineral logam dan bijih

No	Logam	Ukuran	Kandungan logam		Common Associates	Satuan Komersil
			Rendah	Rata-rata		
1.	Gold	oz/ton	0.15	0.2 - 0.3	Ag	oz Troy
2.	Silver	oz/ton	10	12 - 30	Au,Pb	oz Troy
3.	Platinum	oz/ton	0.1	0.3	Pt group	oz Troy
4.	Iron	% Fe	30	40 - 60	Mn	ton iron
5.	Copper	% Cu	0.7	1 - 5	Au, Ag	lb Cu
6.	Lead	% Pb	3	5 - 10	Zn, Ag	lb Pb
7.	Zinc	% Zn	3	10 - 30	Pb	lb Zn
8.	Tin	% Sn	0.5	1 - 5	W	lb Sn
9.	Nickel	% Ni	1.5	1.5 - 3	Cu,Pb	lb Ni
10.	Aluminium	% Al ₂ O ₃	30	55 - 65	....	lb Al ₂ O ₃
11.	Antimony	% Sb	20	40 - 60	Ag	lb Sb
12.	Bismuth	% Bi	Bp	40 - 60	W	lb Bi
13.	Arsenic	% As ₂ O ₃	Bp	....	....	lb As ₂ O ₃
14.	Beryllium	% BeO	8	10 - 12	....	unit BeO
15.	Cobalt	% Co	5	8 - 10	Ag,Cu	lb Co
16.	Chromium	% Cr ₂ O ₃	32	35 - 50	....	ton Cr ₂ O ₃
17.	Cadmium	% Cd	Bp	....	Zn	lb Cd
18.	Manganese	% Mn	35	45 - 55	Fe	units/ton
19.	Mercury	% Hg	0.5	1 - 5	....	Flask-76 lb
20.	Molybdenum	% MoS ₂	0.4	1 - 3	....	lb MoS ₂
21.	Titanium	% TiO ₂	3	4 - 40	Fe	lb TiO ₂
22.	Tungsten	% Wo ₃	...	60 - 70	....	unit Wo ₃
23.	Vanadium	% V ₂ O ₅	2	3 - 8	....	lb V ₂ O ₅

Bp = By-product (hasil sampingan) (Gocht, 1988 : 100)

Tabel 7. Berat dan Kandungan logam pada mineral-mineral bijih

Mineral		Formula	Metal Content			Spec.Gr.
			Calculated		By Analysis	
	Copper			Cu, %		
Native Copper		Cu	100.00		-	8.95
Bornite		Cu ₅ FeS ₄	63.33		63.0-63.3	5.06-5.08
Chalcocite		Cu ₂ S	79.86		79.3-79.7	5.5-5.8
Chalcopyrite		CuFeS ₂	34.64		31.5-33.6	4.1-4.3
Chrysocolla		CuSiO ₃ . 2H ₂ O	36.10		-	2.0-2.4
Enargite		Cu ₃ AsS ₄	48.42		45.7-49.0	4.43-4.45
Malachite		Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	57.40		-	3.9-4.0
Tetrahedrite		(Cu,Fe,Zn, As) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	45.77		22.1-45.4	4.6-5.1
	Gold			Au, %		
Native Gold		Au	100.00		50-98.8	19.3
	Iron			Fe, %		
Goethite		FeO(OH)	62.90		61.7-62.8	4.37
Hematite		Fe ₂ O ₃	69.94		-	5.26
Limonite		FeO(OH). nH ₂ O	-		-	3.6-4
Magnetite		Fe ₃ O ₄	72.36		56.0-72.0	5.18
Pyrite		FeS ₂	46.55		45.0-46.5	5.02
Pyrrhotite		Fe _{1-x} S	63.53		57.5-63.4	4.58-4.65
Siderite		FeCO ₃	48.20		-	3.85
	Lead			Pb, %		
Anglesite		PbSO ₄	68.30		-	6.2-6.4
Cerussite		PbCO ₃	77.50		-	6.55
Galena		PbS	86.60		-	7.4-7.6
	Mercury			Hg, %		
Cinnabar		HgS	86.20		-	8.10
	Nickel			Ni, %		
Pentlandite		(Fe,Ni) ₉ S ₈	34.22		34.2-34.8	4.6-5.0
	Platinum			Pt, %		
Native		Pt	100.00		73.0-90.0	21.45

Platinum						
Sperrylite		PtAs ₃	56.58		52.0-56.0	10.58
	Silver			Ag, %		
Native Silver		Ag	100.00		50-98	10.5
Argentite		Ag ₂ S	87.06		71.0-87.0	7.3
(Tetraedrite)			-		0-18	4.6-5.1
	Tin			Sn, %		
Cassiterite		SnO ₂	78.60		70.0-76.7	6.8-7.1
Stannite		Cu ₂ FeSnS ₁	27.61		27.2-27.5	4.4
	Zinc			Zn, %		
Hemimorphite		Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ .H ₂ O	54.20		-	3.4-3.5
Smithsonite		ZnCO ₃	52.06		-	4.35-4.40
Sphalerite		ZnS	67.10		38.0-66.9	3.9-4.1

(Peter, 1978 : 88)

1.2. Hubungan dan Lokalisasi Endapan Mineral

Berdasarkan hasil-hasil penyelidikan di dalam pencaharian endapan mineral, ternyata endapan mineral didapatkan pada tempat tertentu dengan kondisi-kondisi geologi tertentu dan berhubungan erat dengan proses kejadian (genes) dan cara pengendapannya.

Pada umumnya jenis endapan logam terbentuk karena proses mineralisasi yang diakibatkan oleh aktivitas magma dan sering juga membentuk endapan non logam. Pembentukan mineral tersebut terjadi pada batuan beku sebagai batuan induknya maupun pada batuan samping yang ikut terpengaruh karena proses magmatis tersebut. Beberapa contoh mengenai bukti-bukti tersebut adalah :

1. Hubungan jenis mineral dengan jenis batuan beku.

Pembentukan mineral secara magmatis erat hubungannya dengan temperatur pendinginan magma asalnya dimana komponen mineralnya terbentuk pada *termometer geologi* (geologic thermometer) tertentu. Tidak hanya satu mineral saja yang terbentuk pada suatu thermometer

REPRODUCED FROM THE

ORIGINAL

geologi tetapi bisa juga terbentuk asosiasi beberapa mineral baik mineral logam maupun non logam. Batas dan cara penentuan termometer geologi untuk bermacam-macam mineral tidak sama, karena keadaan termometer geologi tersebut didasarkan pada sifat mineral masing-masing berbeda.

Dari jenis asosiasi mineral yang terbentuk karena proses pendinginan magma maka terbentuk pula jenis-jenis batuan beku yang berbeda-beda sesuai dengan komposisi magma asalnya. Oleh karena itu berbagai jenis batuan beku pada umumnya memperlihatkan asosiasi mineral-mineral tertentu (tabel 8).

Sebagai bukti dilapangan antara lain :

- Di Sulawesi , pada Teluk Bone sebelah timur terdapat batuan beku ultrabasa (pidotit) yang menghasilkan mineral nikel.
- Di pulau-pulau Bangka, Belitung dan Singkep ditemukan endapan mineral timah (kasiterit) yang terdapat pada batuan beku asam (granit).

2. Hubungan pembentukan mineral dengan aktivitas gunung api.

Aktivitas vulkanik daripada gunung api sering menghasilkan endapan baik berupa mineral logam maupun non logam. Endapan tersebut terbentuk karena proses sublimasi daripada gas dan uap yang dikeluarkannya. Akibat sampingan daripada aktivitas vulkanik terhadap material di sekitarnya yang berupa air tanah dan air meteorik sering pula menghasilkan mineral tertentu.

Contoh endapan mineral yang biasa terbentuk karena proses di atas antara lain belerang, fosfor dan mineral-mineral logam Pb, Zn, Bi, Cu dan Fe. Disamping endapan mineral, panas bumi yang dihasilkan akibat aktivitas vulkanik ini sering dimanfaatkan untuk keperluan energi yang disebut energi panas bumi (geothermal energy).

3. Hubungan pembentukan mineral dengan jenis batuan metamorf dan sedimen.

Pada batuan metamorf yang terbentuk baik karena pengaruh intrusi batuan beku atau karena proses metamorfosis lainnya sering membentuk mineral-mineral yang bisa dimanfaatkan. Mineral yang terjadi karena proses metamorfosis adalah : asbes, grafit dan talk.

Pada proses sedimentasi dan segala aspeknya yang membentuk bahan sedimen baik sedimen mekanis, residu maupun evaporit sering menghasilkan endapan mineral primer maupun sekunder yang bersifat ekonomis. Endapan mineral yang terjadi karena proses sedimentasi ini antara lain : batugamping, lempung, gypsum, fosfat, endapan mangan dan pasir besi.

Faktor yang mempengaruhi terbentuknya endapan-endapan mineral disamping asosiasi jenis batuan ada faktor-faktor lain yaitu : gaya tektonik yang bekerja, deformasi batuan (struktur) yang terbentuk serta sifat dan keadaan batuan yang mengalami proses mineralisasi, tekstur, komposisi dan reaktivitas (permeabilitas) nya.

Tabel 8. Batuan beku dan asosiasi bijih

Tipe Batuan	Mineral	Contoh
Kimberlite-eclogite	Diamond	African occurrences
	Garnet (pyrope)	Diamond pipes
Peridotite-pyroxenite	Chromite	World-wide occurrences
	Platinum metal	Bushvel, South Africa
	Chrysotile asbestos	World-wide occurrences
Norite	Nickel-copper sulphides	Sudbury ; South Africa, Norway
Gabbro-anorthosite	Titaniferous magnetite	Bushvel, South Africa
	Ilmenite	Norway ; Quebec
	Native copper	Lake Superior ; Norway ; Japan
Dolerite (diabase)	Silver-cobalt-nickel	Cobalt, Ontario ; Germany
Diorite-monzonite	Magnetite	Banat Hungary
	Copper	World-wide
	Gold	World-wide
Granodiorite-quartz	Magnetite-hematite	Fierro,
Monzonite-quartz diorite	Porphyry copper	United States : Chile
	Base metals	World-wide
	Gold-silver	World-wide
	Molybdenum	Climax, Colo ; Bingham, Utah
	Tin-tungsten	Nevada ; California ; Bolivia
Syenites	Magnetite	Kiruna, Sweden
	Gold	Canadian
Nepheline syenites	Corundum	Ontario ; Rusia
Granite	Tin	World-wide
Pegmatites	Tungsten	Burma ; Nevada ; Bolivia
	Uranium and radium	Katanga ; Great Bear Lake

(Peter, 1978 : 90)

BAB II

TAHAP-TAHAP EKSPLORASI MINERAL

2.1. Pemisahan Endapan Mineral

Dalam proses pemisahan (ekstraksi) logam atau mineral non logam dari endapannya sering dilakukan beberapa tahapan pekerjaan, terutama untuk endapan logam. Proses-proses yang dilakukan adalah :

2.1.1. Pemisahan (ekstraksi) endapan non logam

Untuk memanfaatkan endapan non logam pada umumnya proses pemisahan (ekstraksi) yang dilakukan secara sederhana. Pemisahannya tidak melakukan proses-proses yang sulit (misalnya laboratorium atau pabrik), seperti pemisahan (ekstraksi) endapan logam.

Biasanya endapan non logam dipisahkan dari material-material pengotor dengan cara pemisahan (ekstraksi) secara langsung. Kadang-kadang dilakukan proses pemurnian secara sederhana, antara lain dengan pencucian. Sering bisa dimanfaatkan secara langsung tanpa proses pemisahan (ekstraksi) lagi (Sudradjat, 1982 : 141, Reedman, 1979 : 58 ; Totok, 1994 : 45).

2.2.2. Pemisahan (ekstraksi) endapan logam

Untuk mengambil logam dari bijihnya sehingga dapat dimanfaatkan, diperlukan beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan tersebut meliputi proses-proses penambangan, sarana pengangkutan serta pemisahan (ekstraksi) bijih terhadap material-material yang tidak diperlukan.

1. Tahap penambangan, dapat dilakukan setelah hasil penyelidikan eksplorasi sebelumnya menunjukkan bahwa endapan yang sudah

diteliti dapat ditambang. Hasil tahapan eksplorasi yang diperlukan, merupakan evaluasi prospek endapan yang meliputi penyelidikan mengenai :

- Jenis endapan serta genesanya. Bentuk tubuh (*ore-body*), berupa penyebaran lateral dan vertikal baik panjang dan tebalnya.
- Penilaian kadar bijih, artinya nilai yang belum tentu harus ditinggalkan. Jadi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kearah lateral maupun vertikal.
- Proyeksi endapan serta kedalaman yang masih dapat diharapkan daripada endapan (Sudradjat, 1982 : 142, Reedman, 1979 : 60 ; Totok, 1994 : 48).

Minimum cadangan yang diperlukan setelah dievaluasi dengan biaya-biaya yang dikeluarkan. Biaya-biaya tersebut antara lain : penanaman modal, sarana dan proses pemisahan (ekstraksi).

2. Sarana pengangkutan, meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan dan diperhitungkan terhadap berbagai sarana dan keperluan untuk pengangkutan bijih dari tempat-tempat penambangan ke tempat-tempat proses pemisahan (ekstraksi), peleburan (*smelting*) dan pemurnian (*refining*).
3. Proses pemisahan (ekstraksi) bijih, antara lain dapat berupa :
 - a. Amalgamasi (*amalgamation*)

Merupakan proses pemisahan yang sederhana dengan biaya yang cukup rendah. Biasa dilaksanakan terhadap endapan bijih yang berupa *native element* daripada emas dan perak terutama yang berupa *placer*. Dilakukan dengan penggerusan bijih sehingga partikel logamnya terlepas. Selanjutnya bubuk bijih tersebut disebarkan pada pelat logam yang diselaputi oleh air

raksa. Hasil yang didapat berupa larutan emas dan atau perak yang disebut *amalgam* dan dimasukkan kedalam tabung gelas. Pada saat penggerusan, air raksa juga dicampurkan, sehingga emas atau peraknya larut, selanjutnya emas dan peraknya dipisahkan. Proses amalgam ini tidak efektif apabila emas dan atau peraknya tidak bebas karena tidak terlepas pada saat penggerusan (Sudradjat, 1982 : 143, Peter, 1978 : 56 ; Totok, 1994 : 48).

b. Sianidasi (Cyanidation)

Sianidasi adalah proses pemisahan (ekstraksi) logam emas dan perak dari bijihnya yang berbentuk sederhana. Proses sianidasi ini hanya untuk memisahkan logam Au serta Ag dan tidak dapat dipakai untuk ekstraksi logam lain. Prosesnya dilakukan dengan menghancurkan bijih Au dan Ag sampai berukuran sangat halus kemudian dilarutkan pada larutan sianida (pottasium cyanide). Larutan yang terbentuk berupa Au-Ag sianida yang selanjutnya diekstraksi sehingga logam Au dan Ag terpisah (Sudradjat, 1982 : 143, Reedman, 1979 : 68 ; Totok, 1994 : 50).

Apabila bijihnya berbentuk bijih sulfida atau telurid, harus dipisahkan dulu dari unsur-unsur lain (gas) dengan cara pembakaran dan selanjutnya bisa dilakukan proses sianidasi atau amalgamasi.

c. Konsentrasi (Concentration)

Konsentrasi adalah proses pengumpulan mineral yang diperlukan dengan cara pemisahan daripada mineral yang tidak dikehendaki. Proses ini tidak dilakukan terhadap bijih yang kaya atau bijih sulfida ataupun bijih yang mengandung mineral-mineral yang tidak diinginkan, seperti hematit atau bauksit.

ALL INFORMATION CONTAINED

HEREIN IS UNCLASSIFIED

DATE 08-01-2001 BY 60322

Proses konsentrasi dilakukan dua tahap, yaitu :

- *Tahap pertama*, berupa tahap pembebasan dari mineral-mineral yang tidak dikehendaki. Tahap ini dilakukan dengan cara penggilingan (penggerusan) dengan atau tanpa pembakaran.
- *Tahap kedua*, tahap pengumpulan atau konsentrasi dari mineral-mineral yang tidak dikehendaki. Pada tahap ini harus diusahakan supaya seminimal mungkin hilangnya mineral-mineral yang dikehendaki dan memisahkannya dari mineral-mineral yang tidak dikehendaki.

Beberapa metoda pemisahan secara konsentrasi ini adalah:

- Pemisahan biasa (*hand-sorting*) merupakan metoda yang sifatnya kasar. Metoda ini dilakukan terhadap bijih yang mempunyai ukuran kasar atau endapan non logam yang tidak mengendap. Bijih yang berukuran kasar tersebut dipisahkan dari komponen mineral *ganggue* nya dengan cara pengerusan (*coarse-crushing*). Selanjutnya pecahan-pecahan bijih dipisahkan dengan tangan dari ban berjalan, sebagian mineral *ganggue* nya terbuang sehingga konsentrasi pecahan bijihnya lebih banyak. Kemudian konsentrasi bijih dikumpulkan dan selanjutnya diproses lagi. Kadang-kadang mineral *ganggue* nya bisa dimanfaatkan sebagai hasil sampingan (*by-product*). Untuk jenis-jenis mineral non logam yang bersifat mudah rapuh, sering mengalami kerusakan, seperti mineral-mineral asbes yang panjang (*long asbeston*), mika, felspar dan batu permata (*genston*).

Konsentrasi gravitasi (*gravity concentration*), merupakan metoda yang cukup tua umurnya, dilakukan terhadap bijih yang mengandung mineral berat dan ringan. Perkembangan metoda

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY
DIVERSITY

ini ditingkatkan ke tahap selanjutnya berupa metoda flotasi. Metoda ini biasa dilakukan terhadap bijih yang mengandung logam-logam Pb, Zn, Cu, Sn, Ti bahkan mineral non logam fluorspar.

Cara pemisahan dengan metoda ini dilakukan, pertamanya material (bijih) yang telah dihancurkan ditaruh pada peralatan yang digetarkan oleh mesin (*jig and rest*). Mineral berat dan mineral ringan terpisah karena pengaruh air yang dialirkan pada alat *jigs* dan *rest* yang diletakkan miring. Mineral berat diendapkan sedangkan mineral ringan terbawa. Demikian proses ini berjalan terus sampai akhirnya terkonsentrasi mineral beratnya pada beberapa tempat menurut perbedaan ukuran berat jenisnya dan mineral ringannya dibuang.

- Pengapungan dan pengendapan (*sink and float*), pada metoda ini, material (bijih) yang telah dihancurkan dilarutkan pada larutan berat. Karena perbedaan berat jenis komponen mineralnya, maka mineral yang berat jenisnya lebih besar dari berat jenis larutan akan mengendap. Mineral yang berat jenisnya sama atau lebih kecil dari berat jenis larutan akan mengapung. Untuk memisahkan berbagai jenis mineral berat yang berat jenisnya berbeda dilakukan hal yang serupa dengan berbagai jenis larutan dengan berat jenis yang berlainan.
- Konsentrasi spiral (*spiral concentration*), pemisahan mineral berat dari mineral ringan dengan metoda ini dilakukan dengan cara dijatuhkan pada alat spiral yang disebut *Humphrey Spiral*.
- Flotasi (*flotation*), proses ini sekarang banyak digunakan untuk pemisahan logam dari berbagai jenis bijih. Metoda ini banyak dilakukan karena tidak membutuhkan ruangan yang luas, seperti

pada metoda gravitasi. Disamping itu proses pemisahan lebih cepat biaya lebih murah dan memberikan hasil pemisahan yang lebih baik dan lebih besar.

Cara pemisahan dengan metoda ini dilakukan dengan cara menghancurkan bijih sampai halus, berbentuk tepung. Material berukuran tepung itu selanjutnya dilarutkan pada sejenis minyak dan larutan kimia. Kemudian dialirkan pada berbagai jenis sel flotasi (flotation cells). Pada sel tersebut akan menempel buih berbentuk gelembung yang dilapisi oleh minyak. Sulfida dan beberapa jenis logam akan menempel pada buih tersebut. Buih tersebut dipisahkan dan dikumpulkan pada tempat tertentu. Berbagai jenis sel yang berbeda akan menangkap berbagai jenis mineral logam. Kandungan mineral ganggue nya akan terpisah bersama larutan. Konsentrat (mineral) logamnya selanjutnya dicuci kemudian dilebur (smelter) untuk memisahkan logamnya.

- Pemisahan kering (dry concentration), dilakukan terhadap bijih yang mengandung mineral yang bersifat magnetis dan non magnetis. Mineral yang mempunyai daya magnet kuat atau lemah dipisahkan dari mineral yang non magnetis dengan metode magnetis dan elektrostatis (magnetic and electrostatic processes). Pada ban berjalan (conveyor-belt) yang mempunyai daya magnet akan memisahkan mineral-mineral magnetis dari mineral-mineral non magnetis. Terhadap pecahan batuan yang mengandung serat-serat asbes, serat-serat tersebut dapat dikonsentrasikan dengan cara hembusan angin yang disalurkan pada tempat tertentu (Sudrajat, 1982 : 144-146, Reedman, 1979 : 70-75 ; Totok, 1994 : 65-68).

d. Metoda pelarutan (leaching)

Beberapa mineral tidak dapat dipisahkan dengan metode-metode di atas tetapi dapat dipisahkan melalui metode pelarutan. Metode ini didasarkan kepada sifat-sifat mineral tertentu yang dapat melarut pada zat pelarut tertentu. Contoh mineral-mineral yang mempunyai sifat demikian adalah mineral bijih tembaga, nitrat atau garam halit.

Beberapa metode pelarutan ini antara lain:

- Pelarutan Asam (acid leaching), larutan asam tertentu (asam belerang) dapat melarutkan berbagai jenis bijih tembaga yang sudah dihancurkan dalam ukuran halus. Jenis bijih tembaga yang bisa larut pada asam belerang (H_2S) adalah bijih-bijih tembaga yang berbentuk persenyawaan karbonat, oksida, sulfat dan oksida-klorida. Cairan larutan yang bereaksi akan terpisah dari endapan logam Cu yang karena proses elektrolisa.
- Pelarutan amoniak (amonia leaching), proses larutan jenis ini dapat terjadi terhadap bijih tembaga karbonat yang terdapat dalam batugamping. Bubuk bijih tembaga karbonat dilarutkan pada larutan amoniak kemudian dipanaskan, sehingga terjadi pengendapan oksida tembaga yang berwarna hitam (black oxide).
- Pelarutan air (water leaching), untuk memisahkan berbagai jenis garam dilakukan dengan cara melarutkannya ke dalam air. Karena pengaruh air, maka material-material pengotor akan larut dan garam murni akan mengendap (Sudradjat, 1982 : 146-147, Reedman, 1979 : 70-73 ; Totok, 1994 : 60-63).

4. Proses Peleburan (Smelting)

Pada tahap ini dilakukan proses peleburan terhadap material-material hasil proses ekstraksi bijih. Proses peleburan dilakukan pada suatu ruangan yang terlindung (tertutup) dengan cara pemanasan temperatur tinggi, sehingga logam-logam tertentu dapat diperoleh. Material yang dilebur dapat berupa konsentrat, dengan bahan bakar bisa berupa kokas (batubara yang telah diproses), gas atau bahan bakar lain.

Dalam proses peleburan selalu harus ditambahkan *flux* (bahan pencampur logam supaya dapat melebur). Karena peleburan menghasilkan terak (*slag*) daripada logam bersangkutan pada dasar tempat peleburan yang kadang-kadang mengandung kotoran (*impurities*) dan disebut *matte*. Bijih emas-perak atau konsentrat memerlukan *collector*, misalnya Cu atau Pb untuk menjatuhkan (menarik) butiran (gelembung) lelehan emas. Uap belerang dan arsen yang keluar harus ditampung karena merupakan gas beracun. Kadang-kadang debu-debu peleburan terperangkap dan bisa diolah kembali. Cara pemisahan setiap jenis logam berbeda-beda. Sebagai contoh konsentrat Pb dibakar dan dilebur menjadi berbentuk gelembung-gelembung yang kemudian ditampung berupa butiran (*pigs*). Logam seng (*Zn*) karena sebagian berupa uap didistilasi, sebagian berupa elektrolit. Air raksa ditampung pada suatu tempat sampai berkondensasi karena berupa uap (Sudradjat, 1982 : 147-148, Reedman, 1979 : 80-82 ; Totok, 1994 : 80-82).

5. Proses pemurnian (Refining)

Tujuan daripada proses pemurnian adalah:

- Mendapatkan kembali kandungan logam berharga dan logam-logam lainnya.
- Memurnikan logam untuk tujuan komersil.
- Membebaskan daripada material-material yang merusak (merugikan).

Banyak jenis logam, misalnya tembaga dan timah hitam yang mengalami proses peleburan mengandung logam-logam lain, sehingga diperlukan proses pemurnian. Proses pemurnian yang dilakukan adalah :

- Pemurnian elektrolitik (electrolytic refining), sebagai contoh, hasil peleburan tembaga berbentuk material halus (blister) dilarutkan pada larutan asam elektrolit. Karena pengaruh aliran listrik, maka logam Cu-nya akan melekat pada anoda. Selanjutnya logam Cu tersebut dilarutkan sehingga mengendap pada katoda. Material lain akan terlepas berupa lumpur dan mengandung emas dan logam lainnya, sedangkan material pengotor akan terpisah. Biaya pemurnian pada umumnya lebih rendah daripada nilai kandungan logam lainnya. Kebanyakan logam Cu dijual dalam bentuk elektrolit.
- Pemurnian dengan api (Fire Refining), sebagai contoh logam tembaga yang belum murni sebagai hasil peleburan disebut *Copper Matte* dan tidak mengandung logam Au atau logam lain, dapat dimurnikan dengan cara pembakaran. Hasil pembakaran menghasilkan bubuk tembaga (blister). Untuk pemurnian terhadap gelembung Pb dilakukan juga dengan cara pembakaran dan *silverisasi* (*desilverisasi*) (Sudradjat, 1982 : 148-149, Reedman, 1979 : 75-77 ; Totok, 1994 : 65-67).

2.3. Kontrol Lokasi Endapan Mineral

Endapan mineral dapat ditemukan pada tempat-tempat tertentu dengan penyebaran terbatas. Hal ini disebabkan karena endapan mineral dan akan terbentuk pada tempat-tempat tertentu yang merupakan daerah lemah, sehingga mudah dilalui larutan yang membawa mineral yang akan diendapkan. Daerah lemah tersebut dipengaruhi oleh keadaan struktur atau stratigrafi batuanannya. Proses pengendapan mineral tergantung kepada cara terjadinya (*genesa*) serta pengaruh struktur dan stratigrafinya.

2.3.1. Kontrol struktur

Keadaan struktur baik yang bersifat regional maupun lokal bahkan sampai struktur kecil (*micro-structure*) akan memungkinkan permeabilitas batuan diperbesar. Oleh karenanya daerah tersebut akan mudah diisi larutan yang membawa berbagai jenis mineral yang kemudian diendapkan sebagai cebakan mineral. Kontrol struktur ini dapat dipakai sebagai petunjuk (*guide*) dalam *prospecting*, misalnya berupa struktur kekar, sesar, lipatan, struktur mikro bahkan *orogenic movement*, *mountain building*. Beberapa bukti yang menunjukkan bahwa proses mineralisasi dikontrol oleh keadaan struktur adalah :

- Penemuan endapan mineral logam tertentu disekitar dan pada intrusi batuan beku granit, granidiorit dan batuan beku lain bukan secara kebetulan tetapi dikontrol oleh strukturnya.
- Intrusi batuan beku merupakan sumber *ore-deposit*, dimana endapan bijihnya akan terakumulasi pada bagian-bagian lemah yang dikontrol oleh strukturnya.
- Patahan yang besar (*regional fault*) merupakan saluran utama (*master channel*) sebagai tempat bergerakanya larutan yang menghasilkan endapan bijih.

- Struktur minor lebih berpengaruh dalam proses pengendapan tergantung pada sifat fisik batuan (Sudradjat, 1982 : 149-150, Koesoemadinata, 1982 : 22-24).

Atas dasar beberapa bukti di atas, di dalam melokalisir endapan mineral serta penyebaran dan bentuk endapannya perlu diperhatikan keadaan struktur yang mempengaruhinya.

2.3.2. Kontrol Stratigrafi

Pengaruh keadaan stratigrafi sangat besar terutama untuk pengendapan material-material berupa gas, minyak dan air. Demikian juga untuk jenis-jenis endapan yang berupa batubara, besi, mangan, fosfat, garam-garam dan endapan lain yang terjadi karena proses sedimentasi. Jenis-jenis stratigrafi yang bisa mengontrol pengendapan mineral bisa berupa :

- Major stratigrafi, misalnya geosinklin merupakan daerah sedimentasi yang sangat luas.
- Minor stratigrafi, berupa cekungan-cekungan lokal di tempat-tempat tertentu, bidang-bidang perlapisan atau lensa-lensa pada batuan lain yang merupakan daerah yang mudah dilalui larutan mineralisasi.
- Plateau control, daerah dataran rendah (plateau) ini merupakan daerah pengendapan mineral, karena : setelah sedimentasi terjadi perlipatan, kemudian erosi sehingga terjadi bidang-bidang ketidak selarasan yang dapat menimbulkan konsentrasi residu dan mekanis.

Kontrol lain yang bisa mempengaruhi pengendapan mineral adalah faktor-faktor fisik dan kimia tertentu, antara lain :

- Permeabilitas batuan, merupakan faktor penting pada proses pengendapan mineral epigenetik atau proses oksidasi dan pengayaan supergen.

- Brittleness (kerapuhan batuan), sering mempengaruhi permeabilitas batuan.
- Sifat kimia daripada komposisi mineral , menyangkut mudah tidaknya reaksi berlangsung dalam proses pengendapan efigenetik (Sudradjat, 1982 : 150-151, Koesoemadinata, 1982 : 15-16).

Atas dasar kenyataan di atas, maka lokalisasi endapan mineral dikontrol oleh keadaan struktur, stratigrafi, jenis (sifat) batuan, sifat dan komposisi larutan (mineralisasi) yang mengisinya.

BAB III

MINERAL LOGAM

Penggolongan mineral logam, terutama didasarkan pada sifat-sifat kimia yang hampir bersamaan serta beberapa sifat lainnya yang mempunyai banyak persamaan antara lain asosiasi dan cara pengendapannya. Pembahasan tiap-tiap jenis/golongan meliputi jenis mineral bijih dan asosiasi, cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor, cara terjadi, penyelidikan/penambangan serta kegunaannya.

Pembagian secara garis besar daripada endapan mineral logam adalah :

2.1. Mineral logam-logam berharga (The Precious metals)

Yang termasuk golongan ini adalah emas, perak dan platina.

2.1.1. Emas

Mineral logam emas primer dapat berasosiasi dengan batuan beku asam hingga intermidit. Hampir semua bijih emas mengandung perak. Bijih emas primer terbentuk secara singenetik bersama pembekuan magma maupun dalam pegmatik atau juga dapat terbentuk secara epigenetik akibat proses pneumatolitik, dan hidrotermal maupun kontak metasomatik (Sudradjat, 1982 :162).

Jenis genesa emas di Indonesia dikategorikan atas empat macam :

- a. Endapan epitermal
- b. Penggantian (replacement)
- c. Alluvial dan eluvial
- d. Sebagian kecil metamorfik

Berdasarkan pola tektonik Indonesia (Westervel, 1952 : 56) menyimpulkan bahwa batuan-batuan pembawa emas primer diperkirakan terbentuk pada tempat-tempat :

1. Emas primer terbentuk pada akhir *Jurassic Malayan Orogen* dan pada bagian selatan dari Kalimantan Barat.
2. Emas-emas primer pada Sumatera Utara, Barat dan tengah yang terbentuk endapan pindahan (replacement ore) terjadi pada *Cretaceous Sumatera Orogen*.
3. Vein-vein epitermal emas-perak terletak pada pertengahan *Miocene Sunda Orogen* (Jawa, lebong, pantai Barat Sumatera). Vein epitermal emas-perak juga terdapat pada bagian Utara Sulawesi Selatan dan bagian Timur Sulawesi Utara.

Jenis batuan pembawa bijih emas dikenal berbagai macam antara lain :

- a. Vulkanic rock, seperti : andesit, dasit yang terdapat di daerah Bengkulu dan Cikotok.
- b. Sedimentary rock dan metasedimen yang terdapat di Tembagapura dan Muara Sipongi.
- c. Metamorphic rock, di bagian Timur Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur.
- d. Ultramafic rock (serpentine) terdapat di Kalimantan Selatan.

Jenis mineral bijihnya dapat berupa emas murni (native gold), bentuk persenyawaan berupa telurid, elektrum (Au, Ag) atau emas amalgam (emas yang bersenyawa dengan air raksa).

Yang berbentuk persenyawaan telurid berupa mineral kalaverite ($AuTe_2$), silvanit (Au, Ag, Te_4), krenit (Au, Ag, Te_2) dan petzit (Au, Ag, Te). Pada umumnya emas mengandung perak. Apabila kandungan peraknya cukup banyak, maka emas tersebut akan berwarna kuning sampai keputih-putihan .

Logam emas sering terdapat bersama-sama sulfida logam-logam dasar (base metal sulphides) dengan asosiasi mineral dan batuan. Pada umumnya emas sering ditemukan bersama-sama perak dalam persenyawaan berbentuk mineral bijih.

Mineral-mineral yang turut menyertai bijih-bijih emas atau mineral asosiasinya adalah : platina, antimon, mineral perak, pirit, kalkopirit, galenit, arsenopirit dan molibdenit. Sedangkan beberapa mineral gangue lainnya adalah : kwarsa, karbonat, turmalin, fluorit dan lainnya.

Geologi Pertambangan

Daerah-daerah yang mengalami proses mineralisasi emas dan perak di Indonesia, yang paling banyak terdapat di ujung Sumatera ke selatan dan berlanjut ke Pulau Jawa. Di Kalimantan Barat sejarah mineralisasi berbeda lagi, disamping emas dan perak juga ditemukan mineral sulfida lain. Yang terkena mineralisasi di sini ialah kelompok batuan lapuk (basement) dan terbentuk dalam berbagai zaman, dari sebelum Trias Atas sampai Pasca Paleogen.

Mineralisasi emas di Sulawesi Utara sebenarnya sudah lama ditemukan dan sudah pernah diusahakan tetapi belum banyak diketahui umum. Perusahaan Australia, PT Tropic Endeavour Indonesia menandai kontrak karya tahun 1970 kemudian menemukan sejumlah urat dalam breksi Wohudu dalam himpunan dengan Cu, Pb dan Zn gunung api terdapat di daerah Gorontalo. Disamping emas primer juga terdapat endapan emas aluvium yang tersebar di sekitar bekas gunung api. Di pegunungan Jaya Wijaya, Irian Jaya emas dan perak ditemukan sebagai mineral ikutan tembaga diberbagai tempat diketemukan emas aluvium (Departemen Pertambangan 1994, 134 - 135).

Sejarah Penambangan

Pulau Sumatera yang dikenal sebagai Pulau Emas, emas sudah lama diusahakan oleh rakyat. Demikian juga di Kalimantan, orang Cina sejak dulu sudah mengerjakannya. Penambangan modern dimulai dengan dibukanya tambang Lebong Donok, di Bengkulu pada tahun 1899. Usaha itu disusul oleh pembukaan tambang lain seperti Simau (1910), Lebong Simpang (1921), Tambang Sawah (1923), Salido (1914), Gunung Arum (1935), Muara Sipongi (1935). Kesemua tambang di atas mengerjakan endapan primer. Usaha untuk menambang emas alluvium terdapat di Logas, Riau (1937 - 1940) dan Meulaboh, Aceh (1940) (Departemen Pertambangan 1994 : 135).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Metoda sianidasi, amalgamasi (amalgamation) atau cara pemisahan (ekstraksi) Au tergantung asosiasinya, bisa dengan keduanya tanpa atau dengan flotasi dan pembakaran (roasting).

Cara terjadinya

1. Cebakan magmatis
2. Cebakan metasomatisme kontak
3. Proses penggantian (replacement)
4. Cebakan hidrothermal (cavity fillings)
5. Cebakan konsentrasi mekanis.

Penyelidikan /penambangan

Penyelidikan umumnya dilakukan dengan pemetaan geologi (geology mapping), tunneling dan pemboran inti. Kadang-kadang dilakukan juga penyelidikan secara geofisik sebelum pemboran untuk mengetahui kontinuitas dan hubungan antara singkapan-singkapan (outcrop) yang satu dengan lainnya.

Bijih emas placer diselidiki dengan test pitting. Penambangan bijih placer ialah secara hydraulicking (disemprot dengan air) dengan kapal keruk (dredge) atau dengan dragline yang dikombinasi dengan pengolahan di atas ponton (floating washing plants). Bijih emas primer (lode) kebanyakan secara tambang dengan sistem cut and fill (gali dan isi) dan skrinkage stoping (Direktorat Pertambangan, 1980 : 17).

Pengolahan

Pengolahan bijih emas ialah secara cyanidasi, amalgamasi, flotasi, gravity concentration dan peleburan (smelting) atau dengan kombinasi cara-cara ini.

Kegunaannya

Logam emas terutama digunakan untuk cadangan moneter. Penggunaan lain untuk perhiasan, industri kimia, kedokteran, dekorasi interior. dalam jumlah kecil dipergunakan untuk menyepuh, membuat huruf emas, fotografi, kedokteran gigi, thermocouples, electrical contacts, synthetic fibers dan perkakas-perkakas laboratorium pengolahan.

REPRODUCED FROM
NATIONAL ARCHIVES

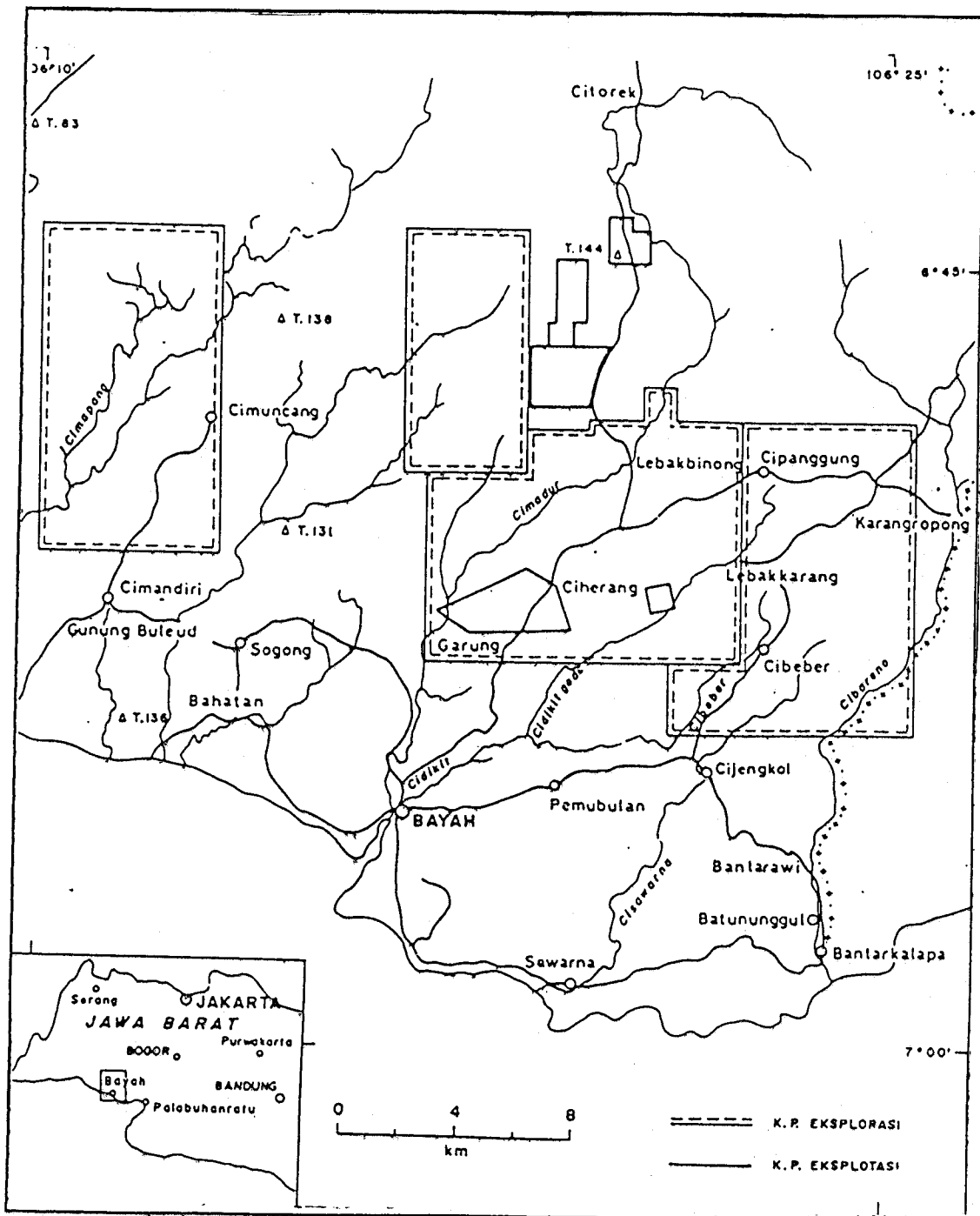
Tempat-tempat ditemukan emas di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
ACEH				
Sekitar Meulaboh				
1	Krueng Teunom Ladang Geupoh	endapan alluvial	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp, De Groot, Marsman 's Alg. Expl. Mij Wallen & Guillaume Porurra & Ricahard
2	Krueng Wolja	endapan alluvial	-	sda
3	Krueng meureuboh dengan anak sungainya : Kr.Manggi, Kr. Gume dan Kr. Meuko	endapan alluvial	-	sda
4	Krueng Seunangan	endapan alluvial	-	sda
Daerah lainnya				
5	Gle Mon Ampeuet	endapan alluvial 1,87 gr per 18 m ³	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
6	Krueng Geunteuet	endapan alluvial	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
7	Babah Lho	endapan alluvial tidak berarti	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
8	A Talu dan Putro Mane	endapan alluvial tidak berarti	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
SUMATERA UTARA				
1	Muara Sipongi	kontak metamorphism	-	-
SUMATERA BARAT				
1.	Mangani-Equator	primer	-	De Haan
	Mangani-Marasmanan	primer	-	Boomgart
	Pagadis	primer	-	Boomgart
2.	Salido	primer	-	Verbeek & Wing Easton
3.	Kinadam	primer	-	-
4.	Balimbing	primer	-	Hundeshagen
5.	gunung Arum	primer	-	De Haan
6.	Bulangi	Placer deposit	-	Van der Hass
RIAU				
1.	Bengkalis	alluvial	-	-

BENGKULU				
1.	Lebong Donok	primer	-	Wing Easton
2.	Lebong Sulit	primer	-	Wing Easton
3.	Simau	primer	-	Koolhoven
4.	Lebong Simpang	primer	-	Wing Easton
5.	Tambang sawah	primer	-	Harting
JAWA BARAT				
1.	Merak	Alluvial	-	-
2.	Gunung Parang	Alluvial	-	-
3.	Jampang	Alluvial	-	-
4.	G. Megamendung	Alluvial	-	-
5.	Banten Selatan	Primer	569.041	Zuid Bantam Mining Co
6.	Jampang	Primer	-	Koolhoven
7.	Cikondang	Primer	-	Koolhoven
8.	Ciwangun	Primer	-	Koolhoven
9.	Gunung Cariu	Primer	-	Koolhoven
10.	Gunung Parang	Primer	-	Koolhoven
11.	Gunung Sawal	Primer	-	Koolhoven
JAWA TIMUR				
1.	Janglot	Primer	-	-
2.	Dawuhan	Primer	-	-
3.	Kedungpring	Primer	-	-
4.	Tegalrejo	Primer	-	-
5.	Domasan	Primer	-	-
6.	Kalitelu	Primer	-	-
7.	Kasihon	Primer	-	-
8.	Brungkah	Primer	-	-
9.	Batu Ulu	Primer	-	-
KALIMANTAN BARAT				
	Sambas			
1.	Montrado	-	-	Dientsv/d Mijnbouw
2.	Bengkayang	-	-	Dientsv/d Mijnbouw
	Sintang			
3.	Melawi	-	-	Dientsv/d Mijnbouw
4.	Lubuk Embayu	-	-	-
5.	Bunut	-	-	-
6.	Tayan, Melinau, Sanggan dan Sekadau	-	-	Dientsv/d Mijnbouw
KALIMANTAN TENGAH				
1.	Hulu Dayak (S.Kahayan)	-	-	Dients v/d Mijnbouw
2.	Sampit: Hulu	-	-	Dients v/d Mijnbouw

dengan lintasan kabel ke Pabrik Pengolahan di Pasir Gombang. Pengolahan semula hanya dengan cara sianidasi yang menghasilkan presipitat emas perak untuk diolah selanjutnya di Unit Pengolahan dan Pemurnian Logam Mulia Jakarta.

Tambang emas Pongkor dengan wilayah Kuasa Pertambangan Eksploitasi seluas 4058 Ha terletak di Sorongan sekitar 54 km barat Kotamadya Bogor. Berawal dari penelusuran Tim Geologi Aneka Tambang pada tahun 1988 menemukan adanya gejala mineralisasi di daerah Gunung Pongkor, dan selanjutnya melakukan eksplorasi terpadu yang terinci dan terarah. Sistem penambangan bijih emas Pongkor sama dengan penambangan di Cikotok yaitu cara gali-isi (cut and fill) (Departemen Pertambangan, 1994 : 133-134).



Peta 1. Penambangan emas dan perak di daerah Banten Selatan, Jawa Barat.

2.1.2. Perak

Jenis mineral bijih perak dapat berupa perak murni (native silver) atau berbentuk persenyawaan antara lain berupa mineral-mineral argentit ($Ag_2 S$), keragirit ($Ag Cl$), proustit ($Ag_3 As S_3$), polibasit ($Ag_6 Sb_2 S_{11}$) dan pirargirit ($Ag_3 Sb S_3$). Logam perak sering terdapat bersama-sama dengan mineral emas dalam persenyawaan berbentuk mineral. Kadang-kadang mineralnya berasosiasi juga dengan mineral sulfida logam-logam dasar (Sudradjat, 1982 : 163).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) tergantung pada asosiasinya. Bila berbentuk bijih perak dengan sianidasi atau konsentrat, sianidasi atau cara smelter. Tenor dari bijihnya sekitar 15 ons per ton, bila merupakan hasil sampingan lebih kecil.

Cara terjadinya

Kemungkinan terbentuknya endapan mineral yang mengandung logam perak adalah berupa :

1. Cebakan metasomatis kontak
2. Cebakan hidrotermal berupa (*fissure veins, stockworks, breccia fillings* dan *pore-space fillings*)
3. Proses replacemen pada endapan (*masive, lode dan disseminated*)
4. Proses pengayaan sulfida supergen

(Sudradjat, 1982 : 164 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 25).

Penyelidikan /penanaman

Penyelidikan umumnya dilakukan dengan pemetaan geologi (*geology mapping*), *tunneling* dan *pemboran inti*. Kadang-kadang dilakukan juga penyelidikan secara geofisik sebelum *pemboran* untuk

mengetahui kontinuitas dan hubungan antara singkapan-singkapan (outcrop) yang satu dengan lainnya.

Bijih perak placer diselidiki dengan test pitting. Penambangan bijih placer ialah secara hydraulicking (disemprot dengan air) dengan kapal keruk (dredge) atau dengan dragline yang dikombinasi dengan pengolahan di atas ponton (floating washing plants). Bijih perak kebanyakan secara tambang dengan sistem cut and fill (gali dan isi) dan square set pada bijih yang lebar.

Pengolahan

Bijih yang telah digiling halus diklasifisir dengan akings clasifier menjadi 60 % lewat saringan 200 mesh. Bubur bijih diflotasi dalam floasi cell Fagergren.

Kegunaan

Terutama untuk Reversemoneter setelah emas, penggunaan lain untuk membuat campuran-campuran logam (alloy), solder perak, alat-alat listrik, kamera televisi, industri kimia, seni dan perhiasan. Tempat ditemukan sama dengan emas.

2.1.3. Platina

Mineral bijih platina bisa berbentuk *native platinum* atau berbentuk persenyawaan berupa mineral sperilit ($Pt As_2$), Koperit ($Pt As S$) dan Bragit ($Pt Pd Ni S$). Asosiasi logam platina sering terdapat bersama-sama logam Cr dan Pt dalam batuan basa - ultra basa. Kadang-kadang terdapat juga bersama-sama Cu, Au dan Ag mineral platiniferous nickel (Sudradjat 1982 : 164 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 29).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) bijih placer dengan cara *gravity concentration*. By Product platina dengan cara *electrolitic refining*. Lode

platinum dengan *gravity* dan *flotasi*. Tenornya tergantung pada kemurnian mineral bijihnya, pada umumnya *native element* platina tidak murni, sering berupa *by product* dari mineral logam lain.

Cara terjadinya

Logam platina bisa terbentuk karena proses:

1. *Early magmatic* baik *disseminated* maupun *segregation*.
2. *Late magmatic* baik secara *immiscible liquid segregation* atau *immiscible liquid-injections*.
3. Metasomatik kontak
4. Hidrothermal
5. Endapan sekunder (*placer*)

(Sudradjat 1982 : 165 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 29).

Penyelidikan/Penambangan

Bijih *placer* diselidiki dengan pemetaan geologi (*geology mapping*), *test pitting* dan pemboran tangan (*bangka bor*) Bijih primer diselidiki dengan cara *tunelling* dan pemboran inti.

Penambangan bijih *placer* seperti mengerjakan emas *placer* yaitu dengan kapal keruk, *gravel sand* dan *hydraulicking*. Bijih primer dikerjakan secara tambang dalam (*underground mining*) dengan sistem *cut and fill* (*gali dan isi*) atau tambang terbuka (*open pit*) bila tidak begitu dalam.

Pengolahan

Pengolahan bijih *placer* ialah secara *gravity concentration* dengan menggunakan *cordury tables*, *sluicing* dan pembersihan konsentrasinya dengan *magnetic separator*. Pengolahan bijih primer tergantung pada macam mineral-mineral /logam-logam yang menyertai, dilakukan cara kombinasi antara *gravity concentration*, *flotasi* dan *magnetic separator*.

Kegunaan

Logam platina digunakan antara lain untuk permata, perlistrikan (anode, katalisator) dan industri pasta gigi serat alat-alat kedokteran.

Tempat-tempat ditemukan platina di Indonesia

No	Tempat Ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan	Diselidiki oleh
R I A U				
1.	Bengkalis	dalam peridotit	-	-
KALIMANTAN SELATAN				
2.	Martapura	Bijih platina yang mengandung sedikit amalgam	-	Maier

Sumber : Departemen Pertambangan.

2.2. Mineral Logam Besi dan Campuran (Iron and Ferro-alloy metals)

2.2.1. Besi

Mineral yang mengandung logam besi adalah terdiri dari mineral-mineral magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), limonit ($Fe_2 O_3 H_2O$), siderit ($Fe CO_3$), Markasit (FeS_2), Arsenopyrit ($FeAsS$), Vivianit ($Fe_3(PO_4) 6(OH)_2O$), Guthit ($\alpha FeOOH.xH_2O$). Mineral bijih besi sering mengandung logam-logam lain beserta asosiasi mineral non logamnya. Mineral logam dan non logam yang sering berasosiasi adalah : silika, karbonat, fosfor, mangan, belerang, alumina, titanium dan air (Sudradjat, 1982 ; 170 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 39 ; Harben, 1995 : 85).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) dengan cara smelter atau pembakaran, tergantung jenis mineral logamnya. Tenor of orenya tergantung jenis endapan, contoh ; limonit dengan tenor of ore sekitar 55 - 65 %. Pada umumnya bijih besi yang dikerjakan berkadar tinggi ($> 50 \% Fe$) pengolahan biasanya terdiri dari pencucian untuk membuang tanah dan kotoran-kotoran lainnya di dalam saringan berputar (log washer). Terhadap

bijih berkadar rendah ($\pm 40\%$ Fe) dilakukan konsentrasi dengan jig, humprey spiral dan meja goyang. Bijih magnetit dapat dikonsentris dengan magnetic separator.

Cara terjadi

Pembentukan endapan bijih besi bermacam-macam, yaitu berupa :

1. Cebakan magmatis
2. Cebakan metasomatis kontak
3. Proses replacement
4. Proses konsentrasi mekanis
5. Proses konsentrasi residual
6. Proses oksidasi

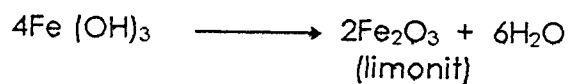
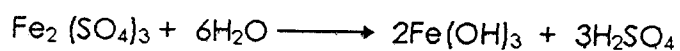
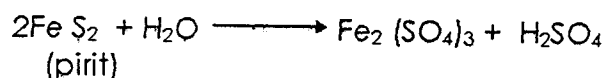
(Sudardjat 1982 : 170)

Endapan besi konsentrasi residual terbentuk karena batuan induknya memenuhi persyaratan yang diperlukan yaitu :

- Tubuh endapan, berupa lode pada besi karbonat atau besi sulfida.
- Endapan mineral besi yang terbesar pada batu gamping yang bebas aluminium dan silika.
- Batuan basa beku tertentu, dengan kandungan Fe nya jauh lebih besar dari pada Al.

Iklim yang cocok untuk pembentukan endapan ini adalah tropis dan subtropis.

Contoh reaksi kimia yang terjadi pada pelapukan mineral pirit adalah :



Endapan yang terbentuk adalah berupa perlapisan, kantong-kantong, lensa atau Oolitik. Bentuk endapan ini tergantung pada jenis larutannya, seperti lumpur atau koloid serta lingkungan pengendapannya.

Tipe endapan yang terbentuk antara lain :

- Endapan marin (oksida besi ; hematit, limomit atau silikat besi ; kamasit, greenalit-glaukonit) dengan penyebaran yang cukup luas.
- Endapan rawa (bog ore, berupa endapan besi karbonat) sering terdapat berlapis dengan siderit, batu bara dan clay-iron.
- Endapan clay iron stone (besi karbonat)
- Kadang-kadang sebagai endapan koloid, berbentuk lensa atau Oolitik.

Penyelidikan /Penambangan

Penyelidikan besi laterit dan bijih sedimenter dilakukan dengan test pitting atau pemboran (untuk pasir besi titan ($Fe Ti O_3$ /Ilmenit) cukup dengan bor tangan. Penyelidikan bijih besi kontak dan lainnya biasanya dilakukan secara geofisik (dengan magnetometer) dibantu dengan pemboran inti.

Untuk bijih besi sedimenter dan laterit penambangan dikerjakan secara open pit dengan alat-alat seperti bulldozer, power shovel dan dragline. Tambang dalam (underground mining) dilakukan terhadap bijih-bijih magmatic, kontak dan replacement.

Kegunaan

Kegunaan mineral logam besi sangat banyak antara lain untuk keperluan pembuatan alat-alat: rumah tangga, pertanian, alat-alat pengangkutan (mobil, kapal laut, kereta api), mesin-mesin dan alat-alat pertambangan dan lainnya.

Bijih besi kecuali dilebur menjadi besi dan baja juga digunakan untuk cat, semen, basic refractories, flux pada peleburan logam-logam nonferous dan sebagai katalisator.

Tempat-tempat ditemukan besi di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
A C E H				
1.	Krueng Geunteuet dengan anak sungainya: Al Botu dan A Panton Raba	gumpalan magnetit dengan pirit	-	Hovig Jansen, Lindberg & Wolvekamp
2.	Gle Mon Ampeuet	fragment magnetit dengan pirit	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
3.	Krueng Ligan (Babah-Lho)	bijih besi dengan pirolusit dan pirit sepanjang 700 m dan 8 - 17 m tebal	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
4.	Krueng Rigaih	fragment bijih besi	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
5.	Alu Ta Lu	fragment bijih besi	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
6.	Kwala Boe	fragment bijih besi dengan pasir kuning kemerah-merahan sesand magnetiferous	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
7.	Cot Pluj	fragment bijih besi dengan pasir kuning kemerah-merahan sesand magnetiferous	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
8.	Cot Seumeureung, Cot Meuseugit, Cot Regan, Cot Darat, Cot Mane	Swamp ore terdapat pada luas 3 km ²	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
9.	A Pentuwa Gado	-	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
10.	Kute Buloh	endapan magnetit	-	Jansen, Lindberg & Wolvekamp
11.	Parton Lawas	gumpalan magnetit di atas kapur	-	Jansen, Lindberg &

				Wolvekamp
12.	Tapak Tuan	gumpalan bijih besi		Jansen, Lindberg & Wolvekamp
SUMATERA UTARA				
1.	Nias	butir-butir	-	De longh, Van Dijk, Fennema, Hovig
2.	Muara Sipongi	magnetit dan hematit dalam daerah granit dan schist	-	De longh, Van Dijk, Fennema, Hovig
3.	Ulu Aek Sorik	-	-	-
4.	Aek Horsik	dalam daerah batu kapur dan instrusi	-	Hovig
5.	Kampar kiri	pada permukaan tanah	-	-
SUMATERA BARAT				
1.	Gunung Besi	contact - metamorphism	10.000	Verbeek&Hovig
2.	Pasilian	-	-	Schwaneveld
3.	Panningahan	contact - metamorphism	-	Verbeek&Van Scheele
4.	Batu Menjulang	dalam daerah hornblende granite	-	Huguanin & Verbeek
5.	Sungai Lasi	dalam batuan gabbro dan granit	-	Gollner
6.	Lubuk Selasih	contact - metamorphism	-	-
7.	Air Dingin	butir dari granodiorit sampai pada contact - metamorphism	-	Verbeek
JAMBI				
1.	Tambang Lasi	-	-	Tobler
2.	Sungai Batu Kolam	magnetit	-	Tobler
3.	Sungai Sumai	metamorphic, conglomerate, hematit	-	Tobler
4.	Sungai Luro	magnetit	-	Tobler
5.	Empayang Atas	besi chalcedony	-	Tobler
6.	Talang Kepayang	contact metamorphism	-	Tobler
7.	Sungai Melinau	hematik	-	Tobler

SUMATERA SELATAN				
1.	Bukit Raya	contact - metamorphism aluvial dan primer	275.000	Hoving
2.	Lingsing Atas	dalam batuan erupsi	-	Musper
3.	Tatang Seleman	slags	-	Musper
BENGKULU				
1.	Gunung Ratai	dalam daerah kontak dengan granodiorit	10.835.000	Elbert
2.	Gunung Serot	hematit & magnetit	-	Zwierzycki
3.	Teluk Betung	magnetit	-	-
4.	Sukadana	limoniy	-	Phlippi
5.	Raja Basa	dalam daerah andesit	115.000	Hartmann
BANGKA DAN BELITUNG				
1.	Gunung Selumar	magnetit	-	Verbeek
2.	Pangkal Pinang	ferrogenous, laterite	-	-
3.	Plawan, Koba	magnetit	-	-
4.	Pulu Munjang	magnetit	-	Bothe
JAWA BARAT				
1.	Jampang	besi titan	8.769.784	Van Es
JAWA TENGAH				
1.	sepanjang pantai Cilacap s/d Karang Bolong	besi titan	4.100.000	Wedexro, NKK
JAWA TIMUR				
1.	Pantai Selatan Kediri	-	-	-
KALIMANTAN BARAT				
1.	Batu Konkabang Pebesian, Pebatuan	Magnetit-Hematit 64 % besi, tanpa pospor, titan dan belerang, persentase Al_2O_3 dan MnO_2 rendah	-	-
2.	Sejambun	-	-	-
3.	S. Ella Hilir	magnetit-hematit	-	van Schelle
4.	Kapung Siluas	magnetit-hematit	-	van Schelle
5.	G. Jaboi	magnetit-hematit	-	van Schelle
6.	Pajilu	magnetit-hematit dengan 60 % besi	-	-
KALIMANTAN TENGAH				
1.	Kampung	bijih Oksidik	-	-

	Kepayang			
2.	G.Karim dan G.Segalung	bijih kontak ; magnetit-hematit	1.000.000	v. Gaffron, Frying. Wedexro
3.	Jemuat	bijih kontak ; magnetit-hematit	-	v. Gaffron, Frying. Wedexro
4.	Segulak	bijih kontak ; magnetit-hematit	-	v. Gaffron, Frying. Wedexro
5.	Beginci	bijih kontak ; magnetit-hematit	-	v. Gaffron, Frying. Wedexro
KALIMANTAN SELATAN				
Besi Laterit				
1.	G.Kukusan			
	a. bagian Utara	Clay ore, boulder ore	51.000.000	Wedexro
	b. bagian Selatan	Clay ore, boulder ore	75.000.000	Macke
2.	P. Sebuku	Clay ore, boulder ore	99.000.000	van Doornick
3.	P.Sywangi	Clay ore, boulder ore	250.000	Macke
4.	P. Danawan	Clay ore, boulder ore	7.000.000	Macke
5.	Batu Kora	kontak dengan batukapur	206.700	Wedexro
6.	Sungai Pontain	kontak dengan batukapur	5.000	Wedexro
7.	Tanjung	kontak dengan batukapur	150.000	Wedexro
8.	Munggu Pulau Ulin	kontak dengan tuff/sedimen	49.2000	Wedexro
9.	Tembaga	kontak dengan tuff/sedimen	165.000	Wedexro
10.	G. Melati	kontak dengan tuff/sedimen	35.000	Wedexro
11.	Sarang Alang Takisong Panjaringan Padang Biji	kontak dengan tuff/sedimen	100 50	Wedexro
SULAWESI TENGAH				
1.	S. Larona dekat D. Towuti	endapan bog-iron	37.000.000.	Dienst v/d Mijnbouw
2.	Lingkena	lump.ore	1.500.000	Dienst v/d Mijnbouw
3.	Lingkobale	lump.ore	1.500.000	Dienst v/d Mijnbouw

RESEARCHER IN CHARGE
MRS. P. A. BROWN

4.	Karipinan	lump.ore	1.000.000	Dienst v/d Mijnbouw
5.	Bone-putih	lump.ore	2.000.000	Dienst v/d Mijnbouw
SULAWESI SELATAN				
1.	Walanea	contact-metamorphic	-	T. Hoen & Hovig
2.	Salo Talimbang	contact-metamorphic	-	T. Hoen & Hovig
FLORES				
1.	Riung	kontak metasomatik	500.000	Dir. Pertambangan
IRIAN JAYA				
1.	War Akopi dan War Isjow	limonitik	-	-

Sumber : Departemen Pertambangan.

2.2.2. Nikel

Mineral bijih nikel bisa berupa : pentlandit sebagai mineral utama ($\text{Fe, Ni}_9 \text{S}_8$), Milerit (NiS), Nikolit (Ni AS) dan Garnierit $\text{Ni}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Annabergit ($\text{Ni}_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Mineral Pentlandit (Fe, Ni) 9S_8 sering berasosiasi dengan mineral pirotit dan kalkopirit, terdapat pada batuan ultra basa. Logam Nikel yang sangat keras dan putih mengkilat terdapat di dalam kerak bumi sebanyak $\pm 0,002 \%$ (Sudradjat, 1982 : 172 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 51).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) pertama-tama dibakar untuk menghilangkan S, kemudian dilebur menjadi campuran Ni-Fe-Cu, terus dilebur lagi untuk memisahkan Cu dan sulfida Ni. Terakhir dibakar bersama-sama batubara, selanjutnya dielektrolisa sehingga menghasilkan logam nikel murni. Tenornya sekitar 1 - 4 % Ni.

Cara terjadi

Mineral bijih nikel bisa terbentuk pada batuan:

1. Ultra basa yang lapuk (sedimentasi residu)
2. Replacement
3. Injeksi magmatis

(Sudradjat 1982 : 172 ; Direktorat Pertambangan 1980 : 51)

Bijih nikel di Indonesia umumnya terjadi karena pelapukan (lateritasi) dari batuan ultra basa.

Logam nikel disamping diambil dari logam primer, juga dapat diambil dari endapan sedimen residu yang berupa mineral garnierit. Persyaratan yang bisa membentuk endapan laterit nikel antara lain:

- Batuan induk berupa batuan beku basa-ultrabasa yang mengandung unsur Ni.
- Iklim tropis sampai subtropis, dimana pelapukan kimia jauh lebih besar dibandingkan pelapukan mekanis.
- Pelapukan terjadi pada batuan yang letaknya dari permukaan bumi.

Kadang-kadang endapan nikel ini ditemukan pada retakan batuan ultra basa/sarpenit di bawah lapisan laterit. Komposisi laterit nikel yang ekonomis terdiri dari 1,5 - 3,5 % , 6 - 10 % air, 40 -45 % SiO_2 , 20 - 30 % MgO , 13 - 20 % Fe_2O_3) 0 - 2 % CO dan 0,1 - 0,8 % Cr_2O_3 .

Geologi Pertambangan

Bijih nikel yang terdapat di bagian tengah dan timur Sulawesi termasuk nikel laterit dan bijih nikel silikat (garnierit, krisopras) yang terjadi akibat pelapukan dan pelindian batuan ultra basa seperti serpentin, peridotit atau endapan bertipe molasa yang terdiri dari rombakan batuan ultrabasa.

Berdasarkan penyelidikan di daerah Soroako, di sini dapat dibedakan tiga jenis batuan dasar utama yaitu : jenis A merupakan

peridotit halus tak terserpentinkan, jenis B merupakan peridotit kasar terserpentinkan lemah dan jenis C merupakan peridotit kasar terserpentinkan sangat kuat dan terkoyakkan. Soroako bagian barat terutama dialasi batuan dasar jenis A, sedangkan bagian timur jenis B dan C.

Proses pelapukan dan pelindian itu antara lain menyebabkan sangat menurunnya kadar Al dan Ca dalam batuan. Sebaliknya kadar Fe, Cr, Ni dan Co meninggi, Ni yang larut dalam proses pelapukan dan pencucian, yaitu karena pengaruh peredaran airtanah adanya unsur Mg dalam batuan, kemudian mengendap kembali dengan membentuk mineral hidroksilat, antara lain garnierit, $H_4(Mg, Ni_3, SiO_9)$ atau $H_2(Ni, MgO_4, H_2O)$. Mineral bentukan baru itu kemudian mengisi celah atau retakan dalam batuan. Selain garnierit, bijih nikel terpenting yang terdapat dalam endapan di Sulawesi bagian ini ialah krisopras, yaitu kalsedon yang mengandung Ni. Disamping itu masih kurang jelas dalam bentuk apakah nikel dapat diserap oleh pelapukan berwarna coklat tua yang sering dikenal dengan sebutan *bijih coklat*.

Endapan bijih nikel di daerah Kolaka-Pomalaa terdapat di Pulau Lemo, Pulau Maniang, di perbukitan daerah Pomalaa, Tanjung Pakar dan Batukilat. Medan di daerah berupa perbukitan rendah dengan ketinggian rata-rata mencapai 250 m dari permukaan laut. Batuan dasarnya semua peridotit dan serpentinit dengan penyebaran bijih tidak merata. Pada umumnya endapan bijih ditemukan pada lereng landai di bagian pematang yang merupakan punggung penghubung antar bukit. Selain oleh keadaan morfologi, pembentukan endapan bijih laterit nikel ini sangat banyak dipengaruhi oleh tektonik setempat.

Penyelidikan di daerah Soroako menunjukkan bahwa penampang laterit dapat dilukiskan sebagai empat lapisan yang beralih berangsur-

angsur. Keadaan setempat, yaitu dasar maupun tingkat kikisan mungkin saja ada sebuah lapisan yang tidak ditemukan. Keempat lapisan itu ialah tudung besi, lapisan limonit, perkotakan silika dan lajur saprolit. *Tudung besi* yang berwarna merah itu terdiri atas goethit dan limonit yang menyerupai sepon, berkadar tinggi tetapi kadar nikelnya sangat rendah. *Lapisan limonit* warnanya coklat-merah atau kuning dengan butiran halus dan merupakan selimut pada sebagian besar daerah ini. Pada lereng selimut itu hanya tipis saja atau bahkan telah terkikis habis. *Perkotakan silika* terdapat pada dasar lapisan limonit, sampai batas tertentu masih dikenali struktur dan tekstur batuan aslinya. Endapan garnierit supergen di perkotakan silika ini mengakibatkan terjadinya bijih nikel silika yang tinggi kadar nikelnya. Jalur saprolit merupakan peralihan dari limonit ke batuan dasar yang keras dan belum lapuk. Jalur inilah yang merupakan tempat bijih dengan kadar nikel tertinggi, akibat proses pemerkayaan supergen. Perkembangan jalur saprolit tergantung pada sifat fisika dan mineralogi batuan dasar.

Meskipun sama-sama nikel laterit, perkembangan endapan nikel di Pulau Gebe berlainan dengan di Sulawesi Tengah/Tenggara. Pada garis besar, secara geologi struktur Pulau Gebe terletak pada jalur orogen lingkaran Pasifik. Batuan dasar jalur ini terdiri dari batuan Mesozoikum Atas sampai Tersier Bawah. Melalui retakan pada batuan dasar ini terjadilah terobosan batuan ultrabasa. Pengaruh iklim tropika, terjadilah proses pelapukan pada batuan basa dan ultrabasa tersebut. Dalam proses selanjutnya timbullah endapan laterit nikel.

Sebagian dari batuan basa dan ultrabasa ini tertindih batugamping dan batupasir. Formasi batugamping sebagian besar terdapat di bagian selatan Pulau Gebe, batuan ultrabasa juga terdapat di beberapa pulau di

sekitarnya seperti Halmahera, Obi dan Gag. Di semua pulau ini ada petunjuk akan adanya endapan laterit nikel.

Untuk Pulau Gebe, endapan bijih nikel terbesar terdapat di daerah Oeboelie. Endapan ini terletak pada punggung barat dan selatan puncak EL Fanoon (279,6 m). Luas daerah ini sekitar 4 km² dan terdiri dari perbukitan dan dataran landai dengan kemiringan sekitar 7° sedangkan pada tempat tertentu kemiringan mencapai 20° - 30° (Departemen Pertambangan, 1994 : 135-136).

Penyelidikan /Penambangan

Penyelidikan bijih nikel laterit dilakukan dengan test pit. Untuk bijih sulfidik, geofisik dan pemboran inti. Penambangan bijih nikel laterit adalah tambang terbuka. Lapisan penutup dikupas dengan bulldozer, bijihnya digali dengan power shovel. Bijih nikel sulfidik ditambang secara terbuka atau tambang dalam (underground mining) tergantung keadaan cebakan.

Kegunaan

Logam nikel digunakan untuk campuran dengan logam lain (Cu, Cr, Al, Pb, Co, Mn, Ag dan Au), baja tahan karat (stainless steel), melapisi logam-logam (electroplating), campuran -campuran yang tahan akan listrik dan suhu tinggi. Pada pembuatan logam campuran (kuningan, perunggu dan lainnya). Industri perlistrikan, katalisator, keramik, alat-alat transportasi dan pembuatan pelat-pelat nikel.

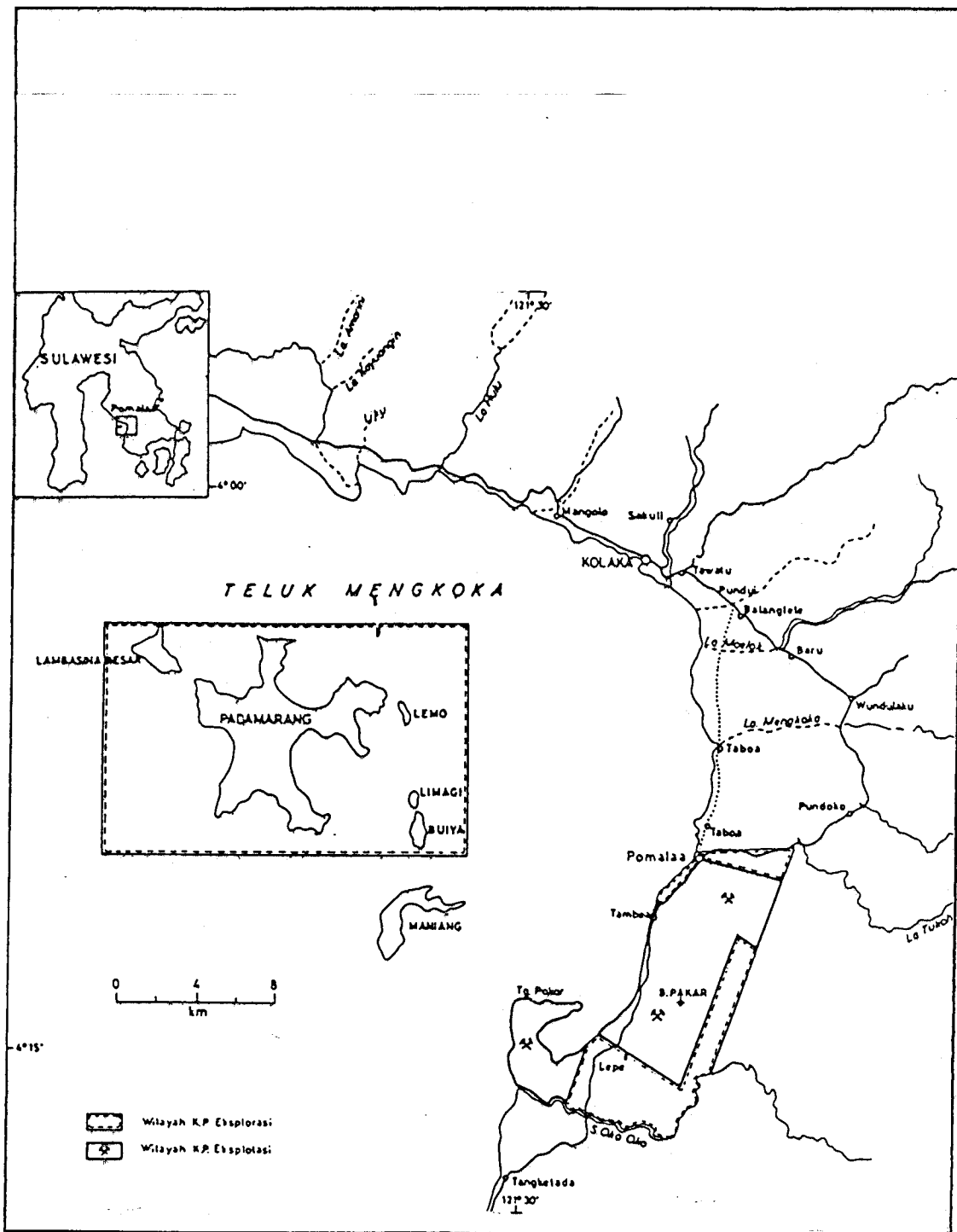
Tempat-tempat ditemukan nikel di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
SULAWESI TENGAH				
1.	Soroako	hasil weathering & lixiviation dari peridotit	700.000	Dienst v/d Mijnbouw
2.	Bulubalang	hasil weathering & lixiviation dari peridotit	320.000	Dienst v/d Mijnbouw
SULAWESI TENGGARA				
1.	Pomalaa	nikel laterit	1.372.543	PN. Aneka Tambang
2.	Tanjung Pakar	-	-	PN. Aneka Tambang
3.	Pulau Maniang	nikel laterit	62.000	PN. Aneka Tambang
4.	Pulau Lemo	nikel laterit	-	PN. Aneka Tambang
SULAWESI SELATAN				
1.	Soroako	-	-	PN. Aneka Tambang

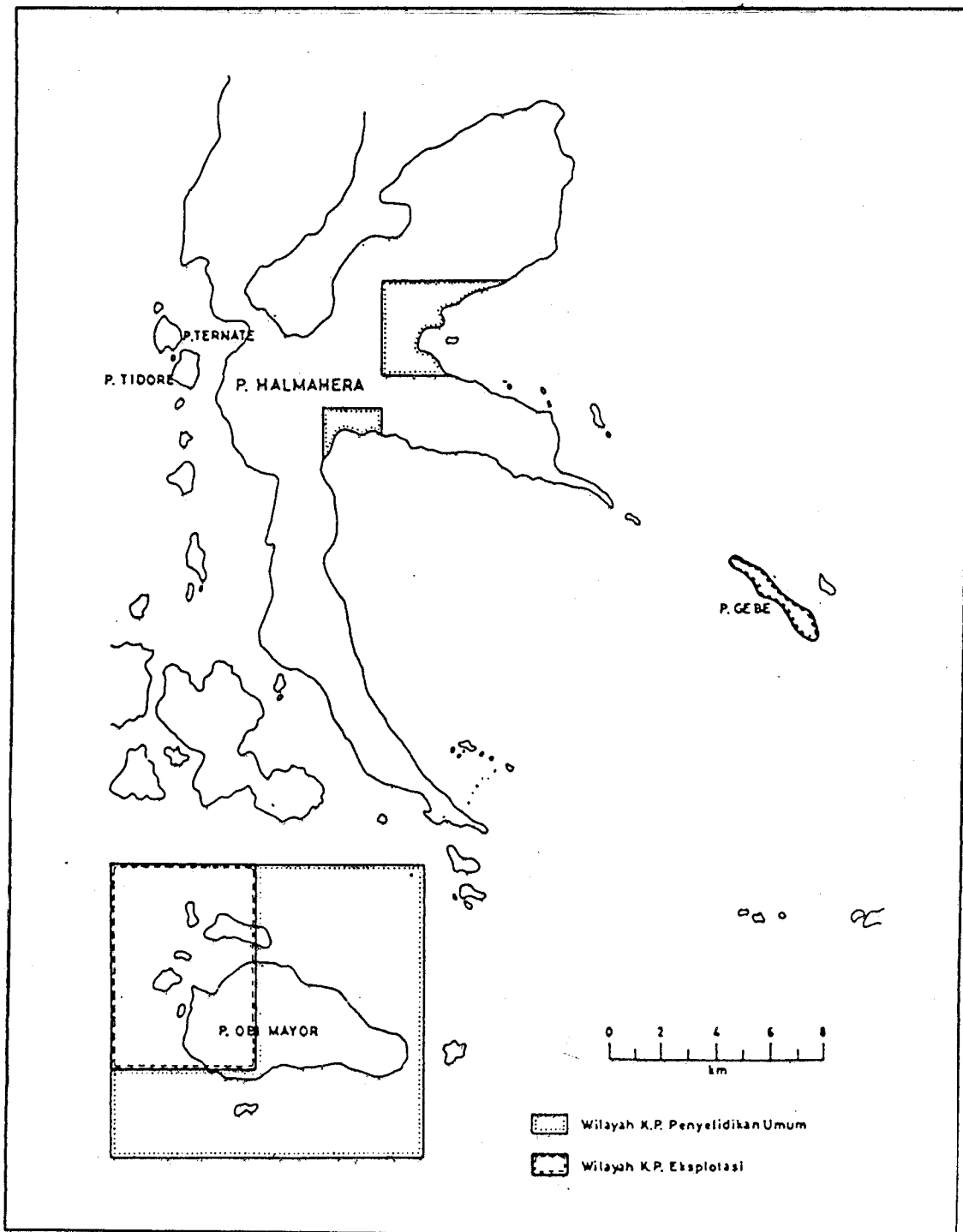
Sumber : Departemen Pertambangan.

Penambangan dan pengolahan bijih nikel dilaksanakan oleh Perusahaan Negara PT Aneka Tambang yang bekerja di Pomalaa, Sulawesi Tenggara dan di Pulau Gebe, Kabupaten Halmahera Tengah, Maluku.

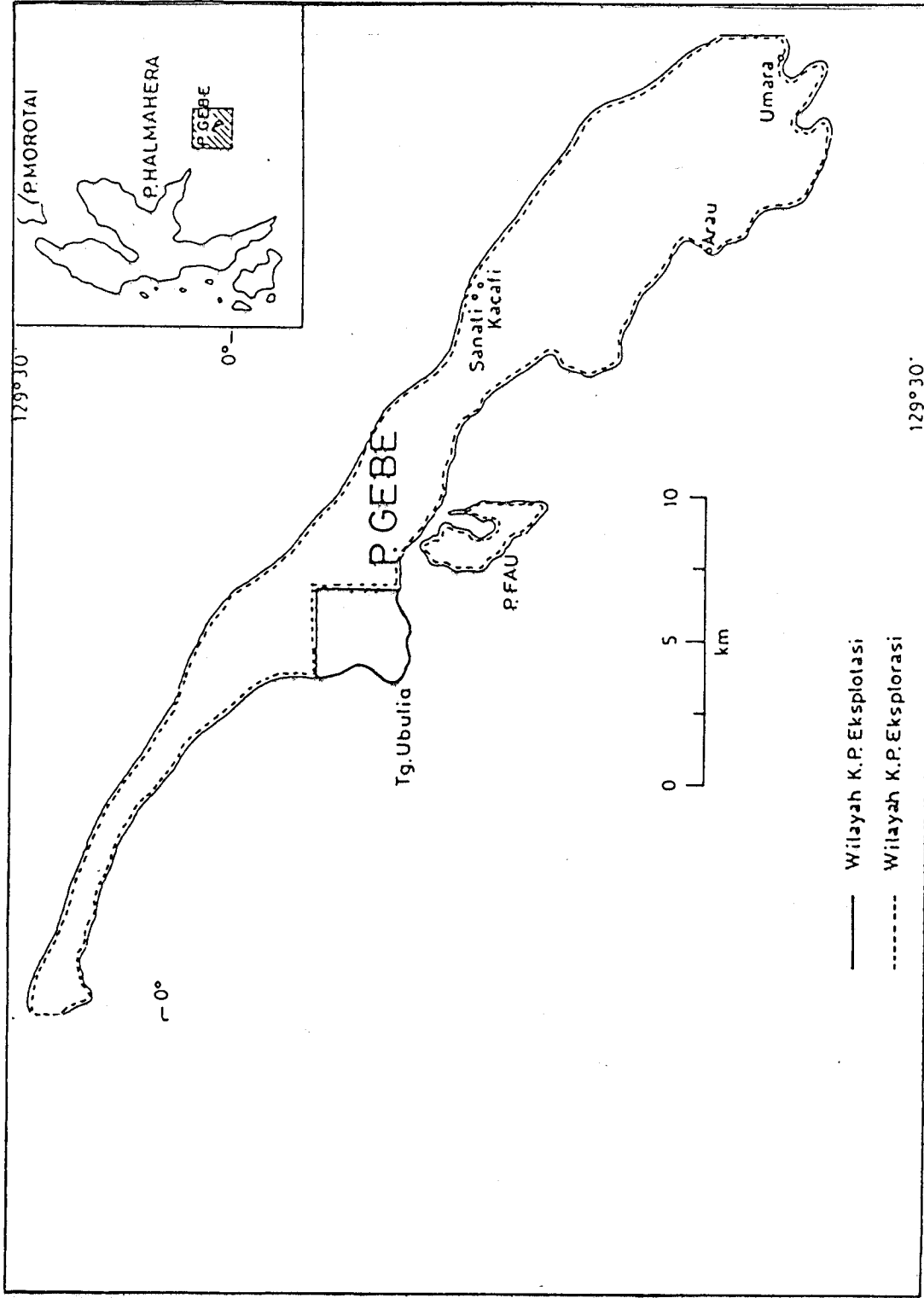
Untuk pertama kali nikel dikenal di Sulawesi adalah ketika Jawatan Pertambangan pada zaman penjajahan Belanda dan melakukan eksplorasi dibagian tengah-timur Sulawesi tahun 1917 - 1922. Pada tahun 1935, Boni Tolo Maatschappij anak perusahaan Oost Borneo Maatschappij melakukan eksplorasi di daerah sekitar Pomalaa, Kolaka, Pulau Maniang dan berhasil menemukan endapan bijih nikel banyak. Endapan nikel di Tanjung Pakar tak begitu jauh dari pantai, mempunyai kadar Ni rata-rata 3 - 3,5 %.



Peta 2. Pertambangan Nikel di daerah Pomalaa, Sulawesi Tenggara.



Peta 3. Wilayah Kuasa Pertambangan Nikel di Maluku Utara.



Peta 4. Daerah Kuasa Pertambangan Nikel di Pulau Gebe, Maluku Utara.

2.2.3. Mangan

Mineral bijih logam mangan terdiri dari : Pirolusit (MnO_2 ; 60% - 63%), Manganit ($\text{Mn}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$; 62,4 %), Psilomelan ($\text{Mn}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$; 45 - 60 % Mn), Hausmanit (Mn_3O_4 ; 72,5 % Mn), Rodokrosit (MnCO_3 ; 47,6 % Mn), Rodonit (MnSiO_3 ; 41,9% Mn), Bementit ($2\text{Mn SiO}_3, 2\text{H}_2\text{O}$; 39,1 % Mn). Mineral logamnya sering terdapat bersama-sama mineral bijih besi dengan asosiasi logam lainnya menyertai (Harben, 1995 : 105).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) disortir dengan cara dicuci, kemudian dibakar bersama-sama bijih besi membentuk ferromanganese. Selanjutnya dengan metode elektrolisa dipisahkan Mn-nya. Pada bijih yang berbentuk brongkalan berkadar tinggi di dalam tanah liat (clay) yang mudah hancur pengolahan terdiri dari hand picking dan pencucian di dalam log-washer atau wash trommel. Bila bijih bercampur di dalam batuan keras harus dihancurkan (crushing) dulu kemudian dikerjakan dengan jig dan meja goyang.

Cara terjadi

Endapan mineral bijih mangan bisa terjadi pada proses:

1. Hidrotermal
2. Sedimentasi residu
3. Proses metamorfosis

(Sudradjat 1982 : 171 ; Direktorat Pertambangan 1980 : 55)

Sebagian besar dari endapan mangan dunia akan bijih mangan adalah terdiri dari cebakan sedimenter dan residual. Endapan mangan banyak mempunyai persamaan dengan endapan besi dalam berbagai hal (cara pengendapan, jenis larutan dan batuan induknya) karena sifat kimia yang hampir bersamaan. Batuan induknya bisa berupa batugamping atau dolomik dengan kadar Al rendah, tetapi mengandung

oksida Mn. Dapat pula berupa batuan beku atau sekis kristalin yang mengandung silikat Mn, endapan hidrotermal dan metasomatis kontak yang mengalami proses replacement. Contoh mineral yang mengandung unsur Mn adalah : Rodokhrosit, rodonit, siderit Mn, spesartit, tephrit, piedmontit, dan hausmanit. Sebagian besar endapan Mn berasal dari proses pelapukan dalam bentuk koloid yang memperlihatkan struktur koloform dan radial.

Proses pemisahan unsur Mn dari Fe pada waktu pengendapan dipengaruhi oleh adanya larutan karbonat. Pemisahan terjadi karena karbonat Mn lebih stabil berada dalam larutan karbonat Fe, sehingga Mn diendapkan pada tempat yang lebih jauh daripada endapan Fe. Demikian pula oksida besi lebih sukar larut dari pada oksida Mn, sehingga oksida besi lebih dahulu diendapkan dari oksida Mn. Endapan Mn dioksida lebih stabil dari Mn oksida, sehingga Mn dioksida paling mudah diendapkan dan merupakan endapan Mn utama yang banyak di dapat (Sudradjat, 1982 : 112-113).

Penyelidikan/Penambangan

Penyelidikan dengan test pit atau pemboran. Pada umumnya penyelidikan detail harus dilakukan dengan pemboran (bor inti). Penambangan dilakukan secara tambang terbuka (open pit) dan tambang dalam.

Kegunaan

Kurang lebih 95 % dari bijih mangan dipergunakan dalam industri metallurgy , dalam industri batteray dan kimia. Dalam metallurgy untuk membuat baja yang tahan pengaruh belerang, baja kuat, keras dan liat, perunggu yang digunakan untuk propeller kapal, alloy (campuran logam) yang mempunyai sifat meredam, getaran dan suara, besi tuang. Dalam industri kimia untuk melindi bijih uranium, welding rod (batas-batas las),

bahan celup, cat, pernis, pupuk, obat-obatan, kaca/glas, keramik dan lainnya.

Tempat-tempat ditemukan mangan di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
A C E H				
1.	Lho Kruet	deposit metasomatik mangan berhubungan dengan bijih besi	-	-
2.	Pantai Timur Aceh	konsentrasi mangan besi	-	Van Der Marel
SUMATERA UTARA				
1.	Pantai Timur	dalam tanah liparit	-	Van Der Marel
SUMATERA BARAT				
1.	Mangani	Breccia-vein	-	-
2.	Ulu Air	-	-	-
R I A U				
1.	Sungai lumut	butir-butir sporadis	-	-
SUMATERA SELATAN				
1.	Pesawaran Rantai	sedimen	-	Philippi
2.	Bangka	-	-	-
BENGKULU				
1.	Tambang Sawah	pada urat-urat emas	-	Gouka
JAWA BARAT				
1.	Cikotok	dalam lapisan kwarsa	-	-
2.	Cibadong	-	10.000	Koolhoven
3.	Karangnunggal	sedimeter	-	Dir.Geologi
JAWA TENGAH				
1.	Peg. Karang Bolong	-	-	-
JOGJAKARTA				
1.	Kliripan	pada bidang kontak antara breccia gunung api dengan batu kapur	150.000	van Bemmelen
2.	Klaten	dalam daerah batu kapur	-	-
JAWA TIMUR				
1.	Puger	-	-	Somons
KALIMANTAN BARAT				
1.	Gn.Sekereh	-	-	-
2.	Jelatok	residual	50.000	Dir.

				Pertambangan
KALIMANTAN SELATAN				
1.	G.Besi (Pengaron)	-	9.000	Fritsche Hooze
2.	Hulu Sungai	-	-	Hogenraad
3.	Pasir	-	-	Hogenraad
SULAWESI UTARA				
1.	Tanjung Towaritan	dibentuk oleh pelapukan dari andesit	-	Fennema
2.	Tewangko (S.Toasa)	boulder quartz dengan psilomelan -	-	Kopenberg
3.	S.Molosipat	-	-	Kopenberg
NUSA TENGGARA BARAT				
1.	Teluk Maja (Sumbawa)	Boulders lepas dari magnetit	-	Pannekock & van Rheden
NUSA TENGGARA TIMUR				
1.	Oil Manonok	dalam triassic clay	-	Van Es & Hoen
2.	Tanini	dalam triassic hornfels	-	Van Es & Hoen
3.	Amarasi	Boulders of pyrolusit	-	Verbeek
4.	Kupang	dalam batu kapur jurassic	-	-
5.	P. Roti	-	-	Verbeek
6.	G. Kantool Flores	dalam batu kapur kontak dan tuff	-	-
MALUKU				
1.	L. Amboina (P.Buru)	pragmen lepas di pantai selatan	-	-

Sumber : Departemen Pertambangan

Mangan di Indonesia ditemukan untuk pertama kali pada tahun 1854 di daerah Karangnunggal, Tasikmalaya, Jawa Barat. Meskipun tempat temuan pertama di Karangnunggal tetapi endapan yang diusahakan terlebih dahulu ialah di daerah Kliripan, Kulon Progo, Yogyakarta. Baru setelah tahun 1930 emas di Karangnunggal diusahakan oleh NV Algemeene Indische Mijnbouw en Exploitatie Maatschappij (AIME). Mineral ikutan yang ditemukan, baik di daerah Kliripan maupun Karangnunggal, diantaranya ialah barit.

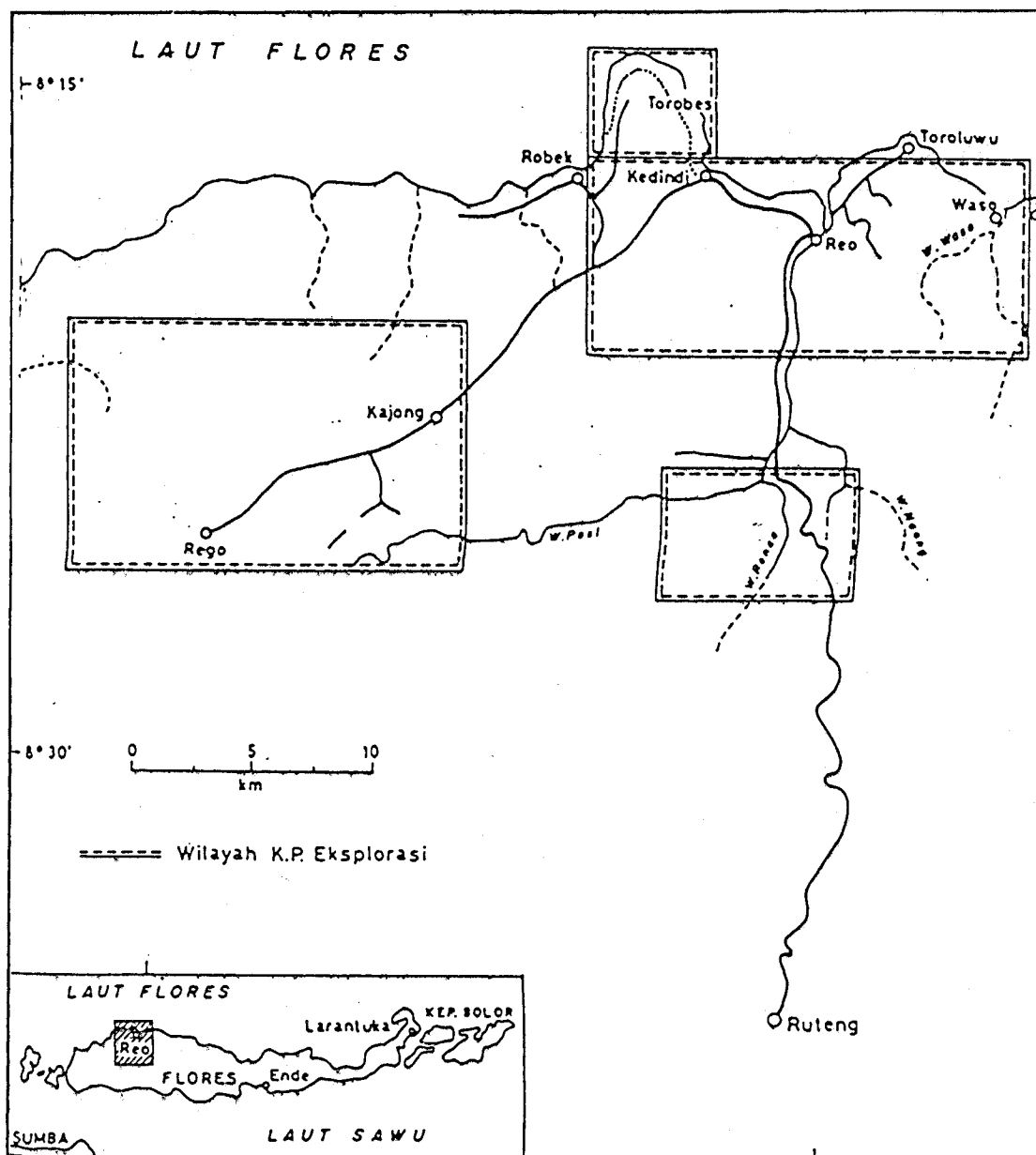
Mangan juga diusahakan pula secara kecil-kecilan dengan perlengkapan sederhana, misalnya di Pegunungan Karangbolong, Kedu

1944-1945

1944-1945

1944-1945

Selatan, Pegunungan Menoreh di dekat Sleman, Magelang ; di daerah Gunung Kidul bagian utara dan berbagai tempat di Jawa Timur. Mangan di Jawa umumnya terdapat dalam kantong-kantong dalam batugamping yang terletak di dalam atau di atas batuan gunung api seperti tufa dan breksi.



Peta 5. Daerah Kuasa Pertambangan Eksplorasi Mangan di Flores, Nusa Tenggara Timur

2.2.4. Chrom(Chromium)

Nama chrom (chromium) berasal dari kata Gerika *chroma* yang berarti warna. Mineral bijihnya berupa chromit (FeCr_2O_4) merupakan mineral umum ditemukan. Mineral bijih lainnya adalah : Crocoit (Pb Cr O_4) dan Uvarovit ($\text{Ca}_3 \text{Br}_2 (\text{SiO}_4)_3$). Biasanya berasosiasi dengan mineral bijih lain yang sama-sama terbentuk pada batuan beku ultra basa, yaitu mineral-mineral yang mengandung Pt dan Ni.

Cara Pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Bijih chromit primer yang berkadar tinggi tidak hanya memerlukan pengolahan hanya cara pemisahan (ekstraksi) biasa (hand sorting) sedangkan untuk pasir chromit (cebakan sekunder) dapat dikerjakan dengan gravity concentration (rough concentration). Selanjutnya mineral chromit tersebut dilebur menjadi ferrochrome dan selanjutnya dijual. Chromium komersil harus mengandung 45 % $\text{Cr}_2 \text{O}_3$, dimana perbandingan Cr : Fe di bawah 2,5 kali sampai 1 kali.

Cara terjadi

Cebakan chromit terjadi secara magmatic segregation di dalam batuan ultra basa berbentuk massive, lensa-lensa dan tersebar (disseminated). Karena pengaruh pelapukan dan sedimentasi bisa terakumulasi sebagai konsentrasi mekanis. Dibeberapa tempat oleh proses pelapukan butir-butir chromit yang menyebar (disseminated) dikonsentris sebagai bijih detritus (detrital/residual deposit) (Sudradjat, 1982 : 173 ; Direktorat Pertambangan 1980 ; 61).

Penyelidikan/Penambangan

Penyelidikan umum dilakukan secara pemetaan geologi (geology mapping), trenching, tunneling dan pemboran inti cebakan primer (magnetic). Sedangkan untuk cebakan sekunder (detritus deposit) cukup

dengan bangka bor atau test pitting bersama-sama pemetaan geologi (geology mapping).

Penambangan dilakukan baik secara tambang terbuka (open pit) maupun tambang dalam. Kebanyakan tambang-tambang chromit yang besar dikerjakan secara tambang terbuka (open pit).

Kegunaan

Terutama digunakan di dalam industri metalurgi, untuk pembuatan campuran logam bersama alloynya (Fe, Ni dan Co), refractories dan kimia. sebagai alloy diantaranya pada baja tahan karat (stainless steel), alloy tahan suhu tinggi, baja yang berputar/bergerak cepat. Refractories (bahan tahan api) dari chromit dipergunakan untuk melapisi tungku (funace) suhu tinggi, dan dalam industri kimia, penyamakan kulit.

Tempat-tempat ditemukan chrom di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
KALIMANTAN BARAT				
1.	G. Batara Bulu (Pleihari)	bijih terjadi sebagai blok 31 - 32 % kromit	10.000	-
SULAWESI TENGAH				
1.	Latan	dalam peridotit	3000	Dieckmann & Julius

Sumber : Departemen Pertambangan

2.2.5. Molibdenit (Molibdenum)

Mineral bijihnya bisa berupa: Molibdenit (MoS_2), Wulfenit (PbMoO_4), Ferrimolibdenit ($\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Powelit (Ca Mo O_4) dan Molybdit ($\text{XFe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{OO}$). Mineral ini sering ditemukan pada batuan asam dan sangat asam, metamorfik sedimen dan sedikit pada batuan beku asam.

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) konsentrasinya dengan metoda diferensiasi flotasi. Tenornya berkisar antara 1 - 3 % MOS_2 untuk endapan

yang kecil. Biji campuran diolah secara gravity konsentrasi kombinasi dengan flotasi.

Cara terjadi

Endapan mineral molibdenit bisa terjadi pada cebakan :

1. Pegmatit
2. Metasomatik kontak
3. Replacement (disseminated)
4. Hidrothermal (fissure-veins)

Bijih molybdenum terdapat di dalam batuan beku asam, metamorfik sedimen dan sedikit pada batuan beku basa. Sebagian dari bijih molybdenum berhubungan dengan batuan beku asam dan berbentuk vein dan stock work (vein kecil-kecil banyak dan berbentuk jaringan) (Sudradjat, 1982 : 174 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 69).

Penyelidikan / Penambangan

Penyelidikan dengan pemetaan geologi (geological mapping), geofisik dan pemboran. Penambangan umumnya secara tambang dalam (underground mining) dan sedikit tambang terbuka (open pit). Penambangan untuk untuk bijih yang besar dikerjakan secara caving dan cut and fill (gali dan isi).

Kegunaan

Penggunaan molibdenum terutama di dalam industri besi dan baja yang menggunakan 80 - 90 % dari bijih molibdenum. Persenyawaan molibdenum digunakan sebagai katalisator, minyak pelumas (lubricants), keramik, pupuk, insectisides.

Tempat-tempat ditemukan molibdenum di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
A C E H				
Gayo Lueus				
1.	Bunni Aguseun	kristal-kristal limestone mengandung molibdenit	-	Zwierzycki, R.W. Van Bemmelen
2.	Woini Tripe	quartzvein dengan sedikit molibdenit	-	Verbeek
SUMATERA BARAT				
1.	Timbulun (Peg. Sibumbun)	Molibdenit dalam contact-metamorphic, permo-carboniferous limestone	-	Verbeek
R I A U				
1.	Singkep	-	-	-
2.	Karimun Besar	-	-	-
SUMATERA SELATAN				
1.	Kelapa Kampit (Belitung)	dalam lapisan sandstone	-	Tongeren
2.	Jebus (Bangka)	dalam urat kwarsa	-	-
3.	Wai Kupang (T. Betung)	dalam urat kwarsa	-	Cosyn
KALIMANTAN BARAT				
1.	G. Bawang (Kamp. Ledo)	dalam quartzvein pada batuan granidiorit	-	Paddegon
2.	G. Benaul	dalam quartzvein pada batuan granidiorit	-	Z.V. Emmichoven

Sumber : Departemen Pertambangan

3. Logam-Logam bukan Besi (Non Ferrous)

3.1. Timah Putih

Timah biasanya terdapat sebagai oksida diantaranya adalah mineral kasiterit (SnO_2) atau disebut juga batu timah, stannite ($\text{Cu}_2\text{S FeS SnS}_2$), tealite (SnS. PbS). Asosiasi batumannya adalah granit, kadang-kadang di dalam mineral timah tersebut, terdapat juga asosiasi logam tungsten, molibdenit atau perak.

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) mineral murni dengan cara smelter, dilakukan dengan penambahan batubara terus dibakar. Mineral kompleks dengan cara agitasi dengan udara atau *electrolytic refining*. Tenornya berkisar pada 1 - 8 % tergantung komposisinya.

Cara terjadi

Cara terjadinya bisa berasal dari :

1. Granit kwarsa
2. Endapan "lode" yang mengandung mineral-mineral dengan temperatur geologi tinggi.
3. Cebakan hidrothermal
4. Cebakan metasomatis kontak
5. Sedimentasi mekanis

Pada umumnya bijih timah yang terjadi berhubungan dengan adanya intrusi batuan granit (Sudradjat, 1982 : 168 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 75).

Penyelidikan/Penambangan

Penyelidikan untuk bijih timah putih elluvial dan alluvial dilakukan dengan pemetaan geologi (geology mapping), test pitting dan boring dengan bangsa bor. Pemboran untuk bijih primer dilakukan dengan pemboran inti.

Penambangan bijih elluvial dan alluvial ialah dengan kapal keruk, gravel pump dan hydraulicking. Bijih primer ditambang secara terbuka dengan alat-alat bolduzer, power shovel atau tambang dalam (underground mining) menggunakan dynamit.

Kegunaan

Logam timah putih digunakan untuk : logam campuran antara timah hitam dan timah putih (pewter), melapisi logam-logam (baja dan

tembaga). perunggu, keramik, pipa, stabilizer dalam plastik, pengawet kayu, pelapis alat-alat rumah tangga, solder.

Tempat-tempat ditemukan timah putih di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
R I A U				
1.	Singkep	alluvial	40.000	NITEM
2.	Bangkinang	alluvial	-	-
3.	Karimun dan Kundur	alluvial	-	-
J A M B I				
1.	Bukit Rayah	dalam magnetit & hematit	-	Hovig
SUMATERA SELATAN				
1.	Bangka	primair & alluvial	-	NITEM
2.	Belitung	primair & alluvial	-	NITEM

Catatan : NITEM (Nederlandsch-Indische Tin Exploatie Maatschappij)

Sumber : Departemen Pertambangan

Timah telah ditambang di Indonesia sejak tahun 1709 oleh masyarakat setempat dan pendatang Cina dengan cara sederhana. Penambangan secara mekanis dan diorganisasikan oleh penjajah Belanda dilaksanakan oleh VOC, baru pada tahun 1815. Penambangan di Bangka dan Belitung dilaksanakan oleh Pemerintah Hindia Belanda (*Biliton Maatschappij*). Pada tahun 1824 *Biliton Maatschappij* meluaskan usahanya ke Pulau Singkep melalui anak perusahaannya, *Singkep Tin Maatschappij*, yang pada tahun 1887 memperoleh konsesi untuk penambangan timah di Singkep dan daerah lepas pantainya.

Sebelum ditemukannya jalur timah kaya dan besar di Brasil tahun 1987, jalur timah terkaya di dunia terdapat di Asia Tenggara. Jalur itu membujur dari Cina Selatan, Birma, Muangthai, Malaysia dan berlanjut ke Indonesia. Batuan tertua yang mengandung timah di Singkep adalah berumur Permokarbon, berupa batuan endapan yang mengalami pemalihan. Sedangkan di Bangka dan Belitung batuan tertua terdiri

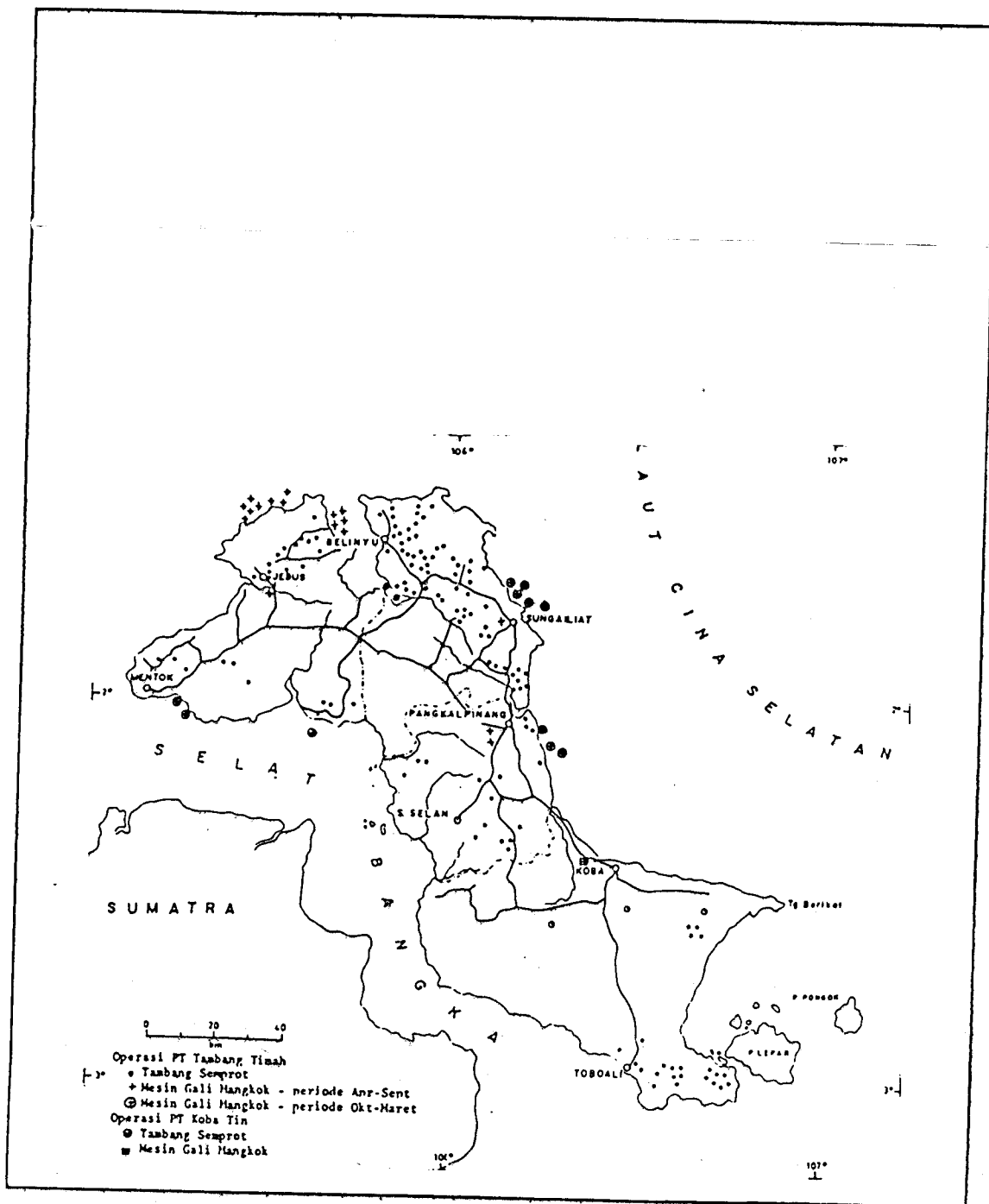
batuan endapan malih berumur Permokarbon hingga Trias. Batuan tersebut diterobos oleh granit biotit yang diperkirakan sebagai penyebab terbentuknya endapan timah. Batuan endapan di Bangka dan Belitung umumnya terlipat kuat dengan jurus umumnya berarah timur-barat dan kemiringan curam, di Pemali jurusnya berubah arah menjadi barat laut - tenggara.

Endapan timah primer terdapat pada batuan granit dan daerah sentuhan, dan pada batuan endapan malih dengan jenis pertama terdapat di Tikus (bagian barat laut P. Belitung). Endapan terdiri dari kanta kwarsa yang mengandung kasiterit dan wolframit dengan jumlah kadar yang bisa dimanfaatkan sebesar 0,4 %.

Endapan timah primer di Kelapakampit merupakan jenis khas, hal ini disebabkan karena terdapat sebagai urat bidang lapisan dan terhampar mengikuti jurus batuan sedimen.

Di Bangka jenis endapan yang terpenting terdapat di Pemali dan Tempilang. Pada tempat ini keterdapatannya sebagai jejaring (stockwork) dan greisen dalam granit dan urat turmalin kasiterit yang membujur sejajar dengan sentuhan.

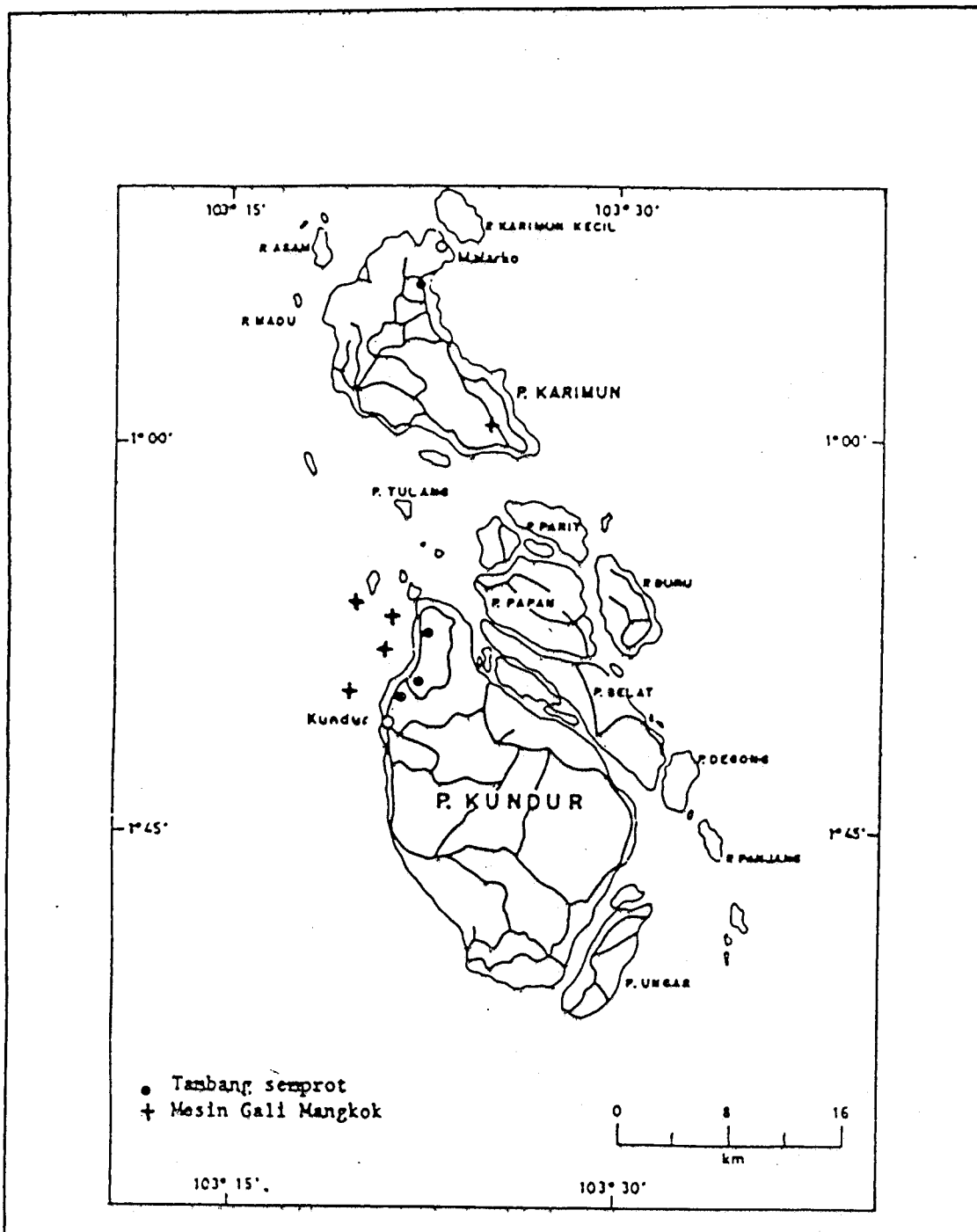
Endapan timah jenis lain ialah endapan sekunder (alluvial), berasal dari endapan primer yang telah mengalami pelapukan dan hasil perombakannya kemudian diendapkan di tempat yang tidak jauh (Departemen Pertambangan 1994, 144).



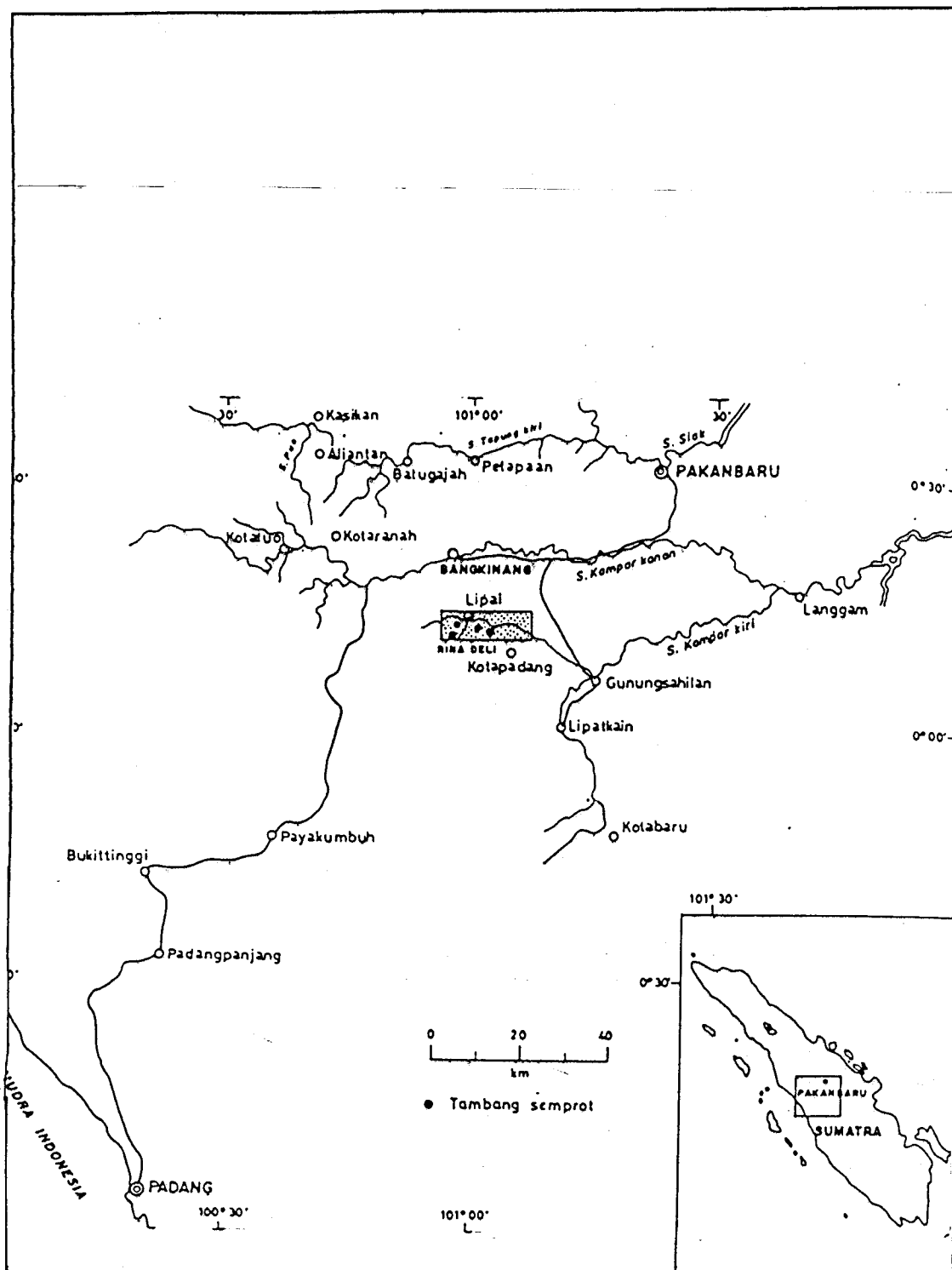
Peta 6. Pertambangan Timah di Pulau Bangka



Peta 7 : Pertambangan Timah di Pulau Belitung



Peta 9. Pertambangan Timah di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kundur



Peta 10. Pertambangan Timah sekitar Bangkinang

3.2. Bauksit/Aluminium

Nama bauksit berasal dari nama tempat di Perancis Baux (Beaux) dekat St. Remy. Bauksit sebenarnya bukan suatu mineral tetapi suatu campuran colloidal oksida-oksida Al dan Fe yang mengandung air. Istilah bauksit digunakan untuk bijih yang mengandung oksida aluminium monohidrat atau ttrahidrat berupa mineral-mineral gipsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), bochmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan diaspor ($\text{Al O}(\text{OH})$). Aluminium tidak diambil dengan cara pemisahan langsung dari mineral yang mengandung logam aluminium, tetapi diambil dari bijih aluminium yang disebut *bauksit* yang terjadi karena proses pelapukan residu dari batuan tertentu. Batuan tersebut harus banyak mengandung Al dengan sedikit mineral Fe dan kuarsa. Beberapa batuan yang mempunyai sifat demikian antara lain syenitnefelin, batu gamping tak murni, sekiskristalin dan lempung. Endapan Al yang terbentuk dalam kondisi pelapukan yang *istimewa*, artinya walaupun di daerah tropis yang mengalami pelapukan ini, sekalipun batuan asalnya sama belum tentu menghasilkan endapan bauksit. Hal ini disebabkan karena pelapukan kimia yang seharusnya menghasilkan aluminium silikat yang mengandung H_2O (hydrous aluminium silicate). Berarti pada pembentukan endapan bauksit ada kondisi *istimewa*, yaitu adanya medium yang melarutkan silika, berupa H_2O , asam-asam humus dan air hujan. Bauksit di pulau Bintan berasal dari pelapukan serpih pelitik yang sudah berubah menjadi hornfels afanitik karena metamorfosa sentuh sebagai akibat dari instruksi batuan granitik.

Faktor yang mempengaruhi terbentuknya endapan bauksit ini adalah : iklim tropis-subtropis, medan landai dan stabil, pelapukan kimia intensif dan dominan, pelarutan terhadap unsur-unsur tak diinginkan cukup baik (ada medium pelarut terhadap silikat, berupa H_2O , CO_2 , asam-asam humus dan air hujan) serta waktu dan pengawetan yang cukup lama dan

terjadi pada atau dekat dengan permukaan tanah. Endapan bauksit sering berbentuk lapisan (balanket, inter stratified) atau kantong-kantong (pockets and lenses). Biasanya berupa hidrogel yang sebagian mengkristal dan terdiri dari molekul gipsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan bochmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dalam berbagai perbandingan. bauksit yang mempunyai nilai ekonomis, terdiri dari 53 - 65 % Al_2O_3 , maksimum : 6 % SiO_2 , 10 % Fe_2O_3 dan 4 % TiO_2 dengan kandungan air (H_2O) 10 - 30 %. Bauksit komersial (commercial bauxite) dalam 3 bentuk, yaitu :

- Pisolit/Oolit, berupa oksida Al yang amorf
- Ore seperti spons disebut sponge-ore, sangat porous terjadi karena proses hidrotermal
- Bijih lempung (clay-ore) terjadi karena pelapukan

Cara Pemisahan dan Tenor

Cara pemisahan dengan cara melarutkannya sehingga menghasilkan endapan logam Al-hidroksida, selanjutnya disaring dan dikeringkan kemudian dikalsinasi. Hasilnya terus dielektrolisa pada temperatur 950°C sehingga logam Al terpisah. Tenornya didapatkan dari hasil pemisahan dan berkisar sekitar 2 ton alumina murni dan 1 ton logam dari 4 ton bauksit.

Penyelidikan /Penambangan

Karena bauksit umumnya terjadi pada permukaan atau dekat permukaan dan merupakan letakan-letakan mendatar, maka cara penyelidikan yang paling tepat dan praktis ialah dengan pembuatan-pembuatan sumuran (test pit). Pada endapan yang tebal/dalam dapat digunakan bor tangan.

Penambangan bijih bauksit seperti di pulau Bintan dan sekitarnya adalah tambang terbuka (open pit). Lapisan penutup disingkirkan dengan

bulldozer, kemudian setelah terkupas bijihnya dikeruk dengan power shovel. bijih ini kemudian diangkat tempat pencucian.

Geologi Pertambangan

Bauksit di Kepulauan Riau terdiri atas batuan vulkanik dan sedimen yang terlipat dan telah mengalami pemalihan. Batuan itu tertindih batu pasir dan serpih yang mungkin berumur Trias dan terlipat kuat. Granit berumur lewat Trias telah menerobos batuan yang ada dan menyebabkan pemalihan sentuh, dapat diamati diberbagai tempat di Kepulauan Riau. Batuan termuda di daerah ini adalah batuan klastika yang terlipat sedang, tidak mengalami pemalihan dan diperkirakan berumur Kapur atau Tersier.

Sebelum Perang Dunia II, para penyelidik berpendapat bahwa asal kejadian bauksit di Pulau Bintan adalah sebagai berikut:

1. Batuan asal bauksit adalah serpih bersifat filit halus yang sedikit napalan, berubah menjadi batu tanduk (hornfels) padat karena pemalihan sentuh.
2. Pelapukan laterit telah berlangsung selama masa penneplanisasi yang panjang dalam masa Tersier dan Kuartar. Laterit aluminium-oksida terbenetuk pada tempat erosi kimia lebih kuat daripada erosi mekanik.
3. Selain sebagai lapisan atas, aluvium penampang lapukan, bauksit terdapat juga sebagai hasil pembauksitan secara aluvium batuan asal tetapi endapan terakhir ini tidak mempunyai arti ekonomis.

Penyelidikan sesudah Perang Dunia II menghasilkan kesimpulan lain. Bauksit merupakan hasil akhir pelapukan laterit setempat. Endapan terdapat pada jalur kongkresi dekat permukaan pada puncak dan sisi bukit yang lebar, mungkin merupakan suatu sisi hampir rata (peneplain). Kongkresi yang mengandung aluminium-oksida dan besi terdapat di mana-mana tetapi bahan yang disebut bauksit sangat terbatas. Daerah yang paling baik untuk pembentukan endapan bauksit ialah yang

mempunyai batuan dasar granit atau sianit-kwarsa yang kadar kwarsanya rendah, batuan vulkanik bersifat riolit dan mungkin juga filit.

Kegunaan

1. Alumina sebagian besar dipergunakan dalam industri alumunium, untuk abrasive (amplas), resfactory (bahan tahan api) dan industri kima. Hampir 65,80 % alumina dipergunakan sebagai bijih logam. Al 75 % untuk keperluan kimia dan 10 % untuk abrasive dan allumina cement.
2. Aluminium banyak dipergunakan karena mempunyai sifat-sifat seperti : ringan, pengantar panas dan tahan korosi , tidak beracun. Dalam bidang bangunan untuk dinding, atap, dibidang alat-alat pengangkutan terutama industri pesawat terbang. Dalam industri listrik sebagian sebagai pengganti tembaga.

Tempat-tempat ditemukan alumunium di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
R I A U				
1.	Pulau Bintan	Lapisan laterit 4-10 m	7.500.000	NIBEM
2.	kep. Riau dan Lingga	-	-	-
3.	Kundur dan Batam	-	-	-
SUMATERA SELATAN				
1.	Pulau Bangka	-	-	-
2.	Pulau Billiton	-	-	-
KALIMANTAN BARAT				
1.	Singkawang	Lapisan laterit	3.000.000	Dir. Pertambangan

NIBEM = Nedrlandsch Indische Bauxiet Exploitatie Maatschappij

Sumber : Departemen Pertambangan

Dewasa ini penambangan bauksit dilaksanakan oleh Unit Pertambangan Bauksit PT. Aneka Tambang di daerah Kijang dan sekitarnya

3.3. Tembaga

Tembaga telah dipergunakan oleh bangsa Mesir Purba pada masa lalu. Kurang lebih 165 mineral-mineral tembaga telah diketahui. Tetapi mineral bijih yang mengandung logam tembaga dapat berupa : tembaga alam/murni (native copper, Cu), logam sulfida atau logam oksida. Contohnya antara lain:

- Mineral bijih sulfida : kalkofirit (Cu Fe S_2), bornit ($\text{Cu}_5 \text{Fe S}_4$), kalkosit ($\text{Cu}_2 \text{S}$), kovelit (CuS), enargit ($\text{Cu}_3 \text{As S}_4$), tetrahedrit ($\text{Cu}_8 \text{Sb}_2 \text{S}_7$) dan tenantit ($\text{Cu}_8 \text{As}_2 \text{S}_7$).
- Mineral bijih oksida : kuprit (Cu_2O), malakhit ($\text{Cu}_2 \text{CO}_3, (\text{OH})_2$), azurit ($2 \text{Cu CO}_3 \text{Cu CO}_3 \text{Cu} (\text{OH})_2$), krisokola ($\text{Cu Si}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), antlerit ($\text{Cu}_3 \text{SO}_4 (\text{OH})_4$), bronchanit ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$) dan atacamuit ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu} (\text{OH})_2$).

Logam tembaga sering berasosiasi dengan logam lain : Pb, Zn dan Ag, kadang-kadang Au, dimana logam Cu yang didapat hanya sebagai hasil sampingan dari mineral bijih yang mengandung logam-logam tersebut. Logam Cu yang dapat bernilai ekonomis biasa diambil dari mineral-mineral logam Cu, baik logam murni, bijih sulfida atau bijih oksida.

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Bijih tembaga berkadar tinggi (>6 % Cu) biasanya dilebur tanpa pengolahan terlebih dahulu. Cara pemisahan (ekstraksi) dengan dua tahap, yaitu untuk bijih low grade sulphide dengan cara flotasi, kemudian konsentrasinya dengan cara smelter.

Tenor of orenya bermacam-macam, tergantung kepada mudah tidaknya cara pemisahan (ekstraksi) dan komposisinya. Contohnya native copper sekitar 0,6 % , bijih sulfida ± 1 % dan bijih oksida antara 2,5 - 10 %.

Cara terjadi

Proses yang dapat membentuk endapan mineral logam tembaga antara lain:

1. Cebakan magmatis
2. Cebakan *metasomatis* kontak
3. Cebakan hidrotermal, berupa :
 - Cavity fillings (fissure-veins, breccia-fillings, cave-fillings, pore-space fillings, vesicular fillings).
 - Replacement (massive, lode, disseminated).
4. Proses sedimentasi
5. Proses pengayaan oksidasi dan sulfidasi
6. Endapan porphyry-copper

Hampir sebagian besar cebakan-cebakan tembaga terjadi dari larutan hidrotermal dengan tipe replacement dan cavity filling. Cadangan bijih tembaga dunia terdiri dari tipe replacement dalam bentuk porphyry-copper (Sudradjat, 1980 : 116 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 83).

Geologi Pertambangan

Gunung Bijih Irian Jaya, daerah Erstberg merupakan daerah batuan terobosan bersifat granodiorit yang berstruktur porfir. Meskipun tubuh itu dianggap sebagai suatu kesatuan tetapi susunannya beragam dari diorit hingga monzonit kwarsa. Tubuh itu menerobos batu gamping formasi Faumi yang berumur Eosen. Erstberg sendiri merupakan masa batuan bersifat gamping yang telah berubah karena pemalihan dan palironan (*metasomatis*). Tubuh bijihnya merupakan masa berbentuk sumbat dan sebagai gigi pada rahang mempunyai akar yang panjang. Bagian yang tersingkap tingginya 140 m, menjulang di atas dasar lembah sedangkan akarnya terus berlangsung ke bawah sedalam 360m.

Pemineralan tidak merata, bijih terdiri dari magnetik, kalkopirit, bornit dan batuan tak berbijih terdiri dari kalsium silikat. Selain itu terdapat dalam jumlah kecil pirit, markasit dan molibdenit. Mineral ubahan juga terdapat di daerah ini seperti konvelit, granit, diopsid, piroksen halus, uralit dan epidot.

Endapan bijih tembaga di Gunung Bijih diusahakan oleh Feeport Inc. sejak tahun 1967. Bijih tembaga di daerah ini terdiri dari kalkosit (Cu_2S) dengan kadar Cu rata-rata 2,64 %. Batuan induk berupa campuran monticellit dan skarn yakut. Lebar tubuh bijih tidak sama, pada bagian barat 160 m dan 120 m sedangkan bagian timur 200 m (Departemen Pertambangan 1994 : 142).

Penyelidikan /Penambangan

Disamping penyelidikan dengan pemetaan geologi juga dilakukan dengan geofisik, geokimia dan pemboran. Sering juga dibantu dengan test pitting, trenching dan tunneling.

Penambangan dilakukan secara tambang terbuka (open pit) dan tambang dalam (underground mining) tergantung pada besar kadar tembaga serta dalamnya cebakan. Bijih tembaga porphyry biasanya dikerjakan secara tambang terbuka dengan alat-alat berat dikombinasikan dengan blasting. Penambangan dalam dilakukan secara block caving, square setril, shrinkage, top slicing, sub level caving, cut and fill (gali dan isi) dan long hole.

Kegunaan

Logam tembaga banyak digunakan dalam industri perlistrikan, mobil, kabel-kabel, alat-alat radio, lemari es, air condition, telepon, amunisi, kapal terbang, peluru kendali, campuran logam (perunggu, kuningan), industri kimia bahan celup dan alat-alat rumah tangga.

Tempat-tempat ditemukan tembaga di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	Diselidiki oleh
A C E H				
1.	Pulau Bras	malachit dan native copper	-	Grotier, De longh
2.	Daerah Gle Broe : Kruong Kala Gle Mon Ampeuet	copper ore containing quartz vein 0,3 % Cu Native copper	-	Hoogenraad
3.	Aer Talu	-	-	-
4.	Daerah Beutong	Native copper	-	De longh, Jansen, Lindberg & Wolverkamp
5.	Alu Baru	fragments dari malachite	-	Jansen, Wolverkamp & Lindberg
SUMATERA UTARA				
1.	Air Si Hayo	-	-	De longh
2.	Muara Soma	-	-	De longh
3.	Singengu	-	-	Ma l e r
4.	Tambang Oil	-	-	Van Dijk
5.	Kota Pungkut	dalam lapisan kwarsa	-	Fennema
6.	Pakantan	dalam batuan sienit	-	Van Dijk, Fennema
7.	Malili	-	-	De longh
8.	Muara Sipongi	tebal urat 0,35 m panjang 60 m	-	-
9.	Aer Sipongi	dalam urat kwarsa	20.000	De longh
10.	Gunung Marisi	-	-	De longh
11.	Pagaran Si Ayu	-	65.000	De longh
12.	Sidingin	dalam urat kwarsa	-	De longh
SUMATERA BARAT				
1.	Sumpu	-	-	De longh
2.	Lubuk Selasih	-	-	De longh
3.	Sekitar Danau Singkarak	native copper	-	De Groot
4.	Sungai Pagu	native copper	40.000	Egerton-Wood
5.	Bulangsi	-	-	Boomgart
6.	Tapan	dalam batuan andesit dan diabas	-	De longh
7.	Manggani	-	-	Matthysen
8.	Gunung Arum	-	-	Matthysen

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

J A M B I				
1.	Talang Kapayang	contact metamorphisme	-	Tobler
2.	Sungai Bulu	kalkopirit dalam diorit	-	Tobler
3.	Sungai Letung	dalam batuan porphyry	-	Tobler
4.	Sungai Sengering	-	-	Tobler
SUMATERA SELATAN				
1.	Sungai Tuboh	-	-	Tobler
2.	Kikim Besar	-	-	Musper
3.	Bukit Rayah	dalam daerah granit	-	-
BENGGULU				
1.	G. Batu Bertulis	-	-	Hovlg
2.	Aer Panejun	dalam sedimen	-	Hovlg
3.	Taba Tombilang	-	-	Koomanns
4.	Aer Loh	-	-	Hovlg
5.	Lembong Sulit	-	-	-
6.	Simau	-	-	Koolhoven
LAMPUNG				
1.	Gunung Ratai	-	-	Zwierzycki
JAWA BARAT				
1.	Banten Selatan	Cikotok, Cipicung, Cirotan bersama emas dan perak	538.000	Diens v/d Minjbouw
2.	Jampang	dalam formasi gunung api meocene tua	21.000	Diens v/d Minjbouw
3.	Cikondang	dalam formasi gunung api neogene	-	Van Es
4.	Karang Nunggal	dalam andesit, tuff, neogen	-	AIME
JAWA TENGAH				
1.	S. Lukulo, Banjarnegara			
JAWA TIMUR				
1.	Jangkot	Primair	-	Dir. Pertambangan
2.	Dawuhan	Primair	-	Dir. Pertambangan
3.	Kedungpring	Primair	-	Dir. Pertambangan
4.	Tegalrejo	Primair	-	Dir. Pertambangan
5.	Domasan	Primair	-	Dir. Pertambangan

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY DEPARTMENT

1100 S. EAST ASIAN AVENUE

6.	Klaitelu	Primair	-	Dir. Pertambangan
7.	Kasihah	Primair	-	Dir. Pertambangan
8.	Brungkah	Primair	-	Dir. Pertambangan
9.	Batu Ulu	Primair	-	Dir. Pertambangan
KALIMANTAN BARAT				
1.	Konsesi Pandan	bersama-samaemas	-	-
2.	Mandor	ditemukan nativenya, oksidanya dan sulfidanya (127 km ²)	-	Everwijn
3.	Montrado	-	-	van Schelle
4.	Bengkayang	persentase rata-rata tembaga dalam urat 7,5 %	-	van Schelle
KALIMANTAN TENGAH				
1.	Sampit : S. Mentikei cabang S. Samba	ditemukan tembaga murni pada waktu pencucian emas	-	van Schelle
SULAWESI UTARA				
1.	Paleleh Barat	-	-	-
2.	Gorontalo	-	-	-
SULAWESI SELATAN				
1.	Peg. Latimojang	Coppeclay	-	-
2.	Sangkaropi	primair	-	Dir. Pertambanangan
SULAWESI TENGAH				
1.	Lampea	Siliceous copper	-	-
NUSA TENGGARA TIMUR				
1.	Bonei, Tinini (P. Timor)	primair	48.000	Van Es
IRIAN JAYA				
1.	Wamoni, A. Wasirawi, A. Ibkoru dan W. Biki	Kontak metamorf	-	-
2.	Pulau Doom	Malakit	-	-
3.	Peg. Cartenz	-	-	-
4.	Gunung Bijih		90.000.000	

Sumber : Departemen Pertambangan

Endapan bijih tembaga yang relatif luas penyebarannya terdapat di Gunung Bijih, Sangkaropi dan Gorontalo. Endapan bijih tembaga di Sangkaropi telah selesai di eksplorasi oleh PT. Aneka Tambang namun belum dapat diusahakan secara ekonomis karena tembaganya jauh di bawah kadar batas (*cut of grade*) yang dapat ditambang secara menguntungkan. Demikian juga di daerah Gorontalo yang dieksplorasi oleh PT. Tropic Endeavor Indonesia tahun 1971 sampai tahun 1986.

3.4. Timah Hitam dan Seng

Kedua jenis logam ini biasa terdapat bersama-sama di dalam geologi yang sama, walaupun sifat kimianya banyak berbeda. Mineral bijihnya antara lain: *timah hitam*: galena (PbS), Serusit (PbCO₃), Anglesit (PbSO₄); *Seng* : Sflerit (ZnS), Smithsonit (Zn CO₃), Hemimorfit (Zn₄ Si₂ O₇), Zinkit (ZnO), Willemit (Zn₄ SiO₄), Franklinit (Fe Zn Mn) (Fe Mn)₂ O₄, Goslorit (Zn SO₄. 7H₂O), Ganit (ZnAl₂O₄) dan Wurtzit (ZnS).

Pada umumnya kedua jenis logam Pb dan Zn sering terdapat bersama-sama, berupa galena dan sflerit. Sebagai bijih oksida kedua logam tersebut kadang-kadang mengandung emas. Logam kadmium sering berasosiasi dengan Zn, sedangkan Bi dan Sb sering berasosiasi dengan logam Pb.

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Cara pemisahan (ekstraksi) untuk galena dan sflerit dengan cara konsentrasi gravitasi atau flotasi untuk mineral yang komponennya kompleks. Tenornya tergantung asosiasi mineralnya, antara lain 2- 4 % untuk logam Pb atau Zn yang mengandung Ag ; umumnya sekitarnya 6 - 8 %.

Cara terjadi:

Endapan kedua jenis mineral (logam Pb dan Zn) bisa terbentuk dengan cara pengendapan :

1. Metasomatik kontak
2. Hidrothermal, berupa :
 - Fissure-veins
 - Breccia fillings
 - Cave fillings
 - Pitches and flats (lembaran)
3. Proses Replacement pada endapan berbentuk:
 - Masive
 - Lodes
 - Disseminated

Kebanyakan bijih timah hitam dan seng terjadi akibat cave-filling dan replacement dari larutan hidrotermal dengan suhu relatif rendah (Sudradjat 1982 : 169 ; Direktorat Pertambangan 1980 : 91).

Penyelidikan/Penambangan

Penyelidikan bijih timah hitam dan seng dilakukan dengan pemetaan geologi (geological mapping), geokimia, geofisik dan pemboran serta dibantu dengan tunnelling.

Penambangan pada umumnya secara tambang dalam (underground mining) dengan berbagai variasi. Penggalan bijih tambang dalam (stopping) biasanya dilakukan dengan sistem block caving, room and pillar, shrinkage dan cut and fill (gali dan isi).

Kegunaan

Logam timah hitam (Pb) antara lain untuk : pembungkus kabel, solder, lempengan Pb, amunisi, baterai, industri cat, keramik, industri kima , stabilizer.

Logam seng (Zn) dipergunakan untuk proteksi logam terhadap korosi, sel-sel kering dan bangunan.

Tempat-tempat ditemukan timah hitam dan seng di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan (ton)	diselidiki oleh
A C E H				
1.	Krueng Beureung	bolders dengan galena	-	Jansen, Lidberg & Wolvekamp
2.	Krueng Isep	4 buah gelena veins, 10 - 20 cm tebal	-	Jansen, Lidberg & Wolvekamp
3.	Pasir putih	berupa pockets dan busa	-	Jansen, Lidberg & Wolvekamp
4.	Lokop	berupa boulders	-	Dir. Pertambangan
SUMATERA UTARA				
1.	Bululaga	dalam clay merah dari daerah batu kapur	-	Schrens & Van Ronkell
2.	Nias	dalam daerah batu kapur	-	Everwijn & Verbeek
3.	Si Hayo	antara lapisan shale	-	De longh
4.	Huta Bargot	dalam batuan kwarsa	-	De longh
5.	Muara Soma	dalam daerah besi	-	De longh
6.	Ulu Si Dingin-dingin dan Ulu Aek Peneme	dalam daerah instrusi hornblende-augit-andesit	-	Von Steiger
7.	Estella	tebal urat 1,30 m dan panjang 60 m	-	De longh
8.	Pagaran Si Ayu	tebal 0,3 - 2,4 m dalam daerah granit	-	De longh
9.	Bukit Pionggu	-	-	De Haan
10.	Malilir	lebar 30 m, panjang 80 m	-	Truscott
11.	Gunung Marisi	-	-	Hundeshagen
12.	Sidingin	dalam daerah batuan kwarsa	-	Hundeshagen
SUMATERA BARAT				
1.	Sumpu	-	-	Hundeshagen
2.	Balung	dalam pre-tertiary schist	-	Philippi
3.	Batang Bio	-	-	Von Steiger
4.	Batu Menjuler	-	-	Verbeek
5.	Lubuk Selasih	dalam breccia-andesit-tuff	-	Adam
6.	Sungai Talang	-	-	Schwanefeld
7.	Sungai Pagu	-	-	Stage
8.	Bulangsi	-	-	Bruggeman

9.	Tapan	dalam batuan andesit	-	De longh
10.	Manggani	-	-	Matthysen
11.	Gunung Arum	-	-	Matthysen
SUMATERA SELATAN				
1.	S. Tuboh	dalam batuan granodiorit	-	Koomnanns
2.	Air Kulus	dalam batuan granit	-	-
3.	Air Seri	-	-	-
4.	Bukit Layah	dalam batuan granit	-	-
5.	Kikim Besar	-	-	Musper
BENGKULU				
1.	S. Ipuh Panjang I	dalam urat kwarsa	-	-
2.	S. Ipuh Panjang II	dalam urat kwarsa	-	-
3.	G. Batu bertulis	-	-	Hovlg
4.	Air Penejum	dalam daerah contact dacite	-	-
5.	Air Saleh	dalam daerah batu kapur	-	-
6.	Air Piaten	dalam daerah kwarsa-	-	-
7.	Air Bagus	butir-butir kwarsa	-	-
8.	Tabah Tembilang	-	-	Koommanns
9.	Air Anget	butir-butir kwarsa	-	-
10.	Air Limpur Cepei	-	-	-
11.	Air Kedurang	butir-butir kwarsa	-	-
12.	Air Loh	dalam urat kwarsa	-	Hovlg
13.	Muara Impu Tanah	dalam urat kwarsa	-	De longh
14.	Lebong Simpang	-	-	Hovlg
15.	Lebong Donok	-	-	Van den Veen
16.	Lebong Sulit	-	-	Hovlg
17.	Lebong Kandis	dalam daerah batu kapur	-	-
18.	Simau	-	-	Schouten
19.	Tambang Sawah	dalam daerah batu kapur	-	Caron
LAMPUNG				
1.	Rajabasa	-	250.000	Philippi
2.	Gunung Ratai	-	-	De longh
JAWA BARAT				
1.	Cirotan	bersama emas	-	P.N.Aneka Tambang
2.	Gunung Parang (Purwakarta)	berupa urat	-	Aime
3.	Gunung Sawal	berupa urat	-	Dir. Pertambangan

JAWA TIMUR				
1.	Janglot	primair	-	Dir. Pertambangan
2.	Dawuhan	primair	-	Dir. Pertambangan
3.	Kedungpring	primair	-	Dir. Pertambangan
4.	Tegalrejo	primair	-	Dir. Pertambangan
5.	Domasan	primair	-	Dir. Pertambangan
6.	Kalitelu	primair	-	Dir. Pertambangan
7.	Kasihon	primair	-	Dir. Pertambangan
8.	Brungkah	primair	-	Dir. Pertambangan
9.	Batu Ulu	primair	-	Dir. Pertambangan
KALIMANTAN BARAT				
1.	Daerah Mandor	bersama tembaga	-	Van Schelle, Everwijn
2.	Bengkayang	Cu-Au vein mengandung galena	-	van Schelle
3.	Daerah Matan (S. Samarajak)	bersama emas dan perak	5	de Croes
KALIMANTAN TENGAH				
1.	Sampit : Kampung Mangkup (S. Mentaya)	dalam urat kwarsa bersama-sama dengan emas	-	Van Schelle
KALIMANTAN TIMUR				
1.	Sungai Mara	ditemukan gumpalan yang mengandung galena, sphalerit, pirit, dan kalkopirit ; bersama-sama Au & Ag	-	-
SULAWESI SELATAN				
1.	Daerah Sasak	-	1.360	Dienst v/d Mijnbouw
2.	Daerah Masupu	-	-	Dienst v/d Mijnbouw
3.	Daerah Bobokan	-	-	-

Sumber : Departemen Pertambangan

3.5. Bismuth

Mineral ini terutama berupa native bismuth (Bi) dan bismuthinit (Bi_2S_3). Sering terdapat sebagai elektrofit pada mineral bijih galena.

Cara pemisahan (ekstraksi)

Pemisahan (ekstraksi) dengan metoda basah dan kering (wet and dry methods) untuk memisahkan unsur-unsur lain. Pada umumnya bismuth merupakan hasil pemurnian (refinery) dari logam timah putih, timah hitam, tembaga, emas dan perak.

Kadar tergantung jenis mineral bijihnya, contohnya pada mineral yang mengandung Ni, Co dan Ag, kandungan Bi nya antara 1 - 7 %.

Cara Terjadi

Sebagai endapan larutan sisa magma (endapan hidrotermal) dan batuan granitis. Pada umumnya semua bismuth yang diproduksi adalah hasil sampingan dari tambang-tambang dan pengolahan bijih-bijih timah putih, timah hitam, tembaga, emas dan perak (Sudradjat, 1982 : 180 ; Direktorat Pertambangan 1980 : 97).

Kegunaan

Terutama digunakan untuk industri kimia, obat-obatan dan kosmetik serta campuran logam (alloys) dengan titik lebur rendah (fusible alloys). Juga dipergunakan untuk mencampur logam-logam aluminium, besi dan baja. Yang lainnya untuk industri pencelupan, alat-alat optik, campuran porselen dan lain-lain.

Tempat-tempat ditemukan bismuth di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan	Diselidiki oleh
SUMATERA UTARA				
1.	P. Samosir (D. Toba)	butir kecil dari native bismuth dalam batuan tuff	-	Wing Easton
KALIMANTAN BARAT				
1.	Kamp. Jakangi (Landak)	terdapat Bi_2S_3	-	Wing Easton

Sumber : Departemen Pertambangan

3.6. Antimon

Perkataan antimon (antimony) berasal dari perkataan Gerika *anti* dan *monos* yang berarti logam yang jarang terdapat menyendiri. Mineral yang mempunyai nilai ekonomis berupa stibnit ($Sb_2 S_3$), native antimon (Sb), cervantit ($Sb_2 O_3 Sb_2$), senarmonit ($Sb_2 O_3$), stibkonit ($H_2 Sb_2 O_5$). Mineral ini kadang-kadang terdapat berasosiasi dengan mineral/logam lainnya yang terjadi pada proses hidrotermal temperatur rendah (Harben, 1995: 1).

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Antimon dipisahkan dengan cara pemisahan (ekstraksi) biasa (hand-sorted) atau dikonsentrir secara gravity concentration dengan jig. Kemudian dipanaskan sehingga logam antimon murni terpisah. Tenornya berkisar antara 3 - 8 %.

Cara terjadi :

Antimon terjadi pada proses hidrotermal dengan temperatur pembentukan rendah dan berada dekat dengan permukaan (fissure-veins), joint, rock pores serta proses replacement. Kejadian antimon biasanya berhubungan dengan adanya intrusi batuan beku asam seperti granit, granodiorit dan monzonit (Sudradjat, 1982 : 177 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 101).

Penyelidikan / Penambangan

Penyelidikan dengan pemetaan geologi (geological mapping) dan pemboran. Penambangan secara tambang dalam (underground mining) atau tambang terbuka (open pit)

Kegunaan

Antimon digunakan untuk campuran logam (alloys) dengan logam timah hitam kemudian digunakan dalam baterai, pompa air kimia (chemical pump), melapisi tangki-tangki, lembaran atap, pembungkus

kabel, peluru, solder. Oksida antimon dipergunakan untuk enamel (email) pada keramik, pigment pada cat, gelas sedangkan sulfida antimon (antimon pentasulfida) dipergunakan untuk memvulkanisir karet, antimon trisulfida untuk korek api.

Tempat-tempat ditemukan antimon di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan	Diselidiki oleh
RIAU				
1.	Kep. Natuna	bercampur dengan kwarsa	-	Simons
SUMATERA SELATAN				
1.	Muaro	-	-	-
JAWA BARAT				
1.	Krawang	-	-	Koolhoven
2.	Purwakarta	-	-	Koolhoven
3.	Suakwajana	-	-	Koolhoven
4.	Sungai Cipicung	bersama-sama dengan cinnabar	-	Koolhoven
KALIMANTAN BARAT				
1.	Sungai Betung	dalam tanah alluvial	-	van Schelle
2.	Bukit Undan	Air raksa bercampur antimonit	-	Enthoven
3.	Gunung Silubat	-	-	Z.v Emmichoven
KALIMANTAN TENGAH				
1.	Muara Tewe	Veinlet yang diisi kaolin	-	Witkamp
2.	Ketingan	-	-	Witkamp
3.	Seyuran	-	-	Posewitz
KALIMANTAN TIMUR				
1.	Gunung Nanta	Veinlet yang diisi kaolin	-	Witkamp
KALIMANTAN SELATAN				
1.	Manunggal (Riam kanan)	-	-	-
SULAWESI SELATAN				
1.	Sassak	-	-	-
NUSA TENGGARA BARAT				
1.	Lombok	-	-	-
2.	G. Rawa , G. Maria	fragmen-fragmen lepas	-	Pannekoek
NUSA TENGGARA TIMUR				
1.	Kaie (Timor)	-	-	-

Sumber : Departemen Pertambangan

3.7. Titan (Titanium)

Mineral bijih ini sering terdapat pada magnetit yang mengandung unsur Titan, Rutil (TiO_2), Ilmenit ($FeTiO_3$) dan Spehne ($CaTiSiO_5$). Sering berasosiasi dengan mineral-mineral oksida besi primer.

Cara pemisahan (ekstraksi) dan tenor

Konsentrasi titan berupa endapan placer dilebur, selanjutnya dilarutkan pada asam belerang (H_2S) dan menghasilkan oksida titan yang dianggap menguntungkan bila berupa 92 - 98 % TiO_2 .

Cara terjadi

Sering terdapat pada batuan beku yang mengandung mineral - mineral magnetit dan ilmenit, sebagai mineral tambahan. Kadang-kadang sebagai endapan placer. Bijih primer terdapat sebagai cebakan metamorfik, magmatik dan replacement (Sudradjat, 1982 : 184 ; Direktorat Pertambangan, 1980 : 105).

Penyelidikan/Penambangan

Penyelidikan ialah dengan pemetaan geologi (geological mapping), test pitting dan pemboran tangan untuk cebakan placer ; geofisik dan pemnboran inti untuk cebakan primer.

Bijih titan placexer (dikenal sebagai pasir besi titan) ditambang dengan kapal keruk, gravel pump hydraulicking). Bijih primer umumnya ditambang secara tambang terbuka (open pit).

Kegunaan

Mineral digunakan untuk pewarnaan barang-barang keramik, campuran pembuatan kain, industri kulit, carbide, fiber glas dan bahan kimia. Penggunaan lain sebagai sumber besi pada pabrik semen, dalam industri palstik,kertas. Logam ini banyak digunakan untuk tujuan militer diantaranya pada kapal udara, jet.

Tempat-tempat ditemukan titan di Indonesia

No	Tempat ditemukan	Keadaan endapan	Cadangan(ton)	Diselidiki oleh
JAWA BARAT				
1.	Jampang	endapan alluvial	8.769.784	Van Es
JAWA TENGAH				
1.	Cilacap	endapan alluvial	3.600.000	N.K.K
JAWA TIMUR				
1.	Pantai Selatan Kediri	endapan alluvial	-	-

Sumber : Departemen Pertambangan

DAFTAR BACAAN

- Bemmelem, R.W. Van (1949). *The Geology of Indonesia -Vol 11A, Economic Geology*, The Hague , Martinus Nijhoff, Netherland.
- Departemen Pertambangan (1994). *Buku Tahunan Pertambangan Indonesia*, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta.
- Direktorat Pertambangan (1980). *Bahan Galian Indonesia*, Departemen Pertambangan, Jakarta.
- Gocht, W.R. (1988). *International Mineral Economics*, Springer-verlag Berlin Heidelberg, New york.
- Harben, Peter W. (1995). *The Industrial Minerals Handy Book 2nd Edition*, Industrial Minerals Division Metal Bulletin PLC, London, United Kingdom.
- Kennedy, B.A.(1990). *Surface Mining*, Society for Mining, Metalurgy and Exploration, Inc, Colorado.
- Keosoemadinata, R.P (1982). *Geologi Explorasi*, Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral ITB, Bandung.
- Reedman, J.H., (1979). *Techniquees in Mineral Exploration*, Applied Science Publishers, LTD, London.
- Peter, W.C (1978). *Exploration and Mining Geology*, John Willey & Sons, New York.
- Sudradjat M.D. (1982). *Geologi Ekonomi*, Laboratorium Geologi Ekonomi Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, ITB Bandung.
- Totok D, (1994). *Dasar-dasar Eksplorasi*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITB Bandung.