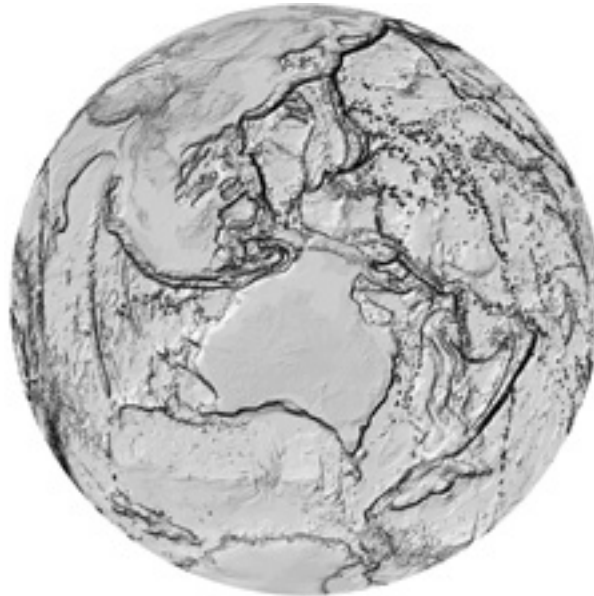


DIKTAT/ BAHAN KULIAH

GEOLOGI DAN MINERALOGI TANAH



Disusun Oleh:

Donny Dhonanto, SP, M.Sc

NIP. 19760325 200501 1 002

**JURUSAN AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA**

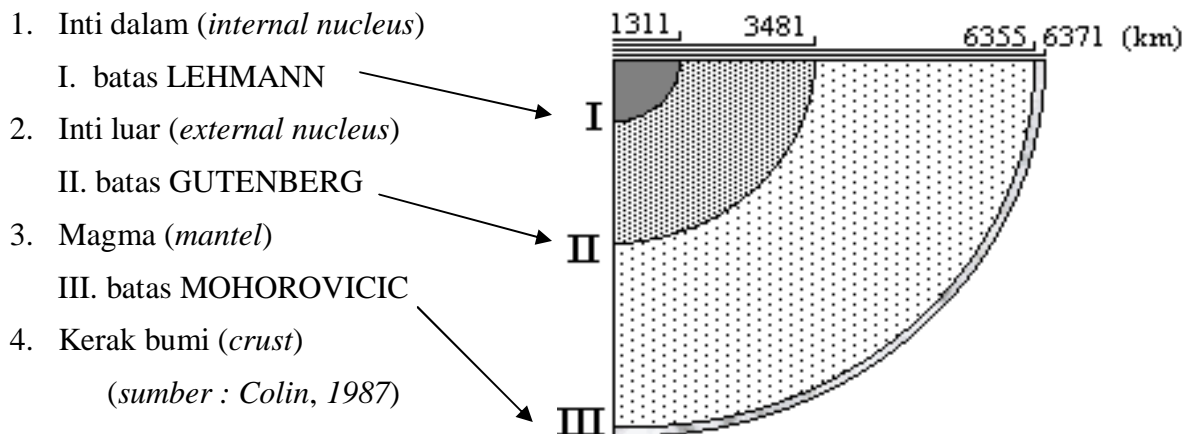
Bab I

SUSUNAN BUMI

1.1. Empat Lapisan Bumi

Bumi yang mempunyai peranan sebagai tempat kehidupan bagi manusia dan makhluk lainnya, tersusun atas pedosfer, atmosfer, hidrosfer dan lithosfer dibagian permukaan kerak bumi, serta masih ada bagian-bagian lain yang ada di bawah lapisan kerak bumi. Penggalan lubang tambang saat ini mencapai kedalaman maksimum 4.000 m (4 km) sedangkan lapisan kerak bumi mempunyai rerata ketebalan 15 km, dengan kisaran 0 – 35 km, bahkan tebal jari-jari bumi mencapai 6.371 km, maka data tebal dan jenis lapisan dalam bumi lebih banyak ditentukan dengan bantuan getaran/gelombang seismik (pengukuran tebal dan sifat lapisan secara tidak langsung).

Susunan perlapisan bumi mulai dari dalam (inti bumi) sampai ke permukaan sebagai berikut :



Gambar 1.1 Skema Susunan Bumi

Lapisan dalam bumi, dapat dilihat satu persatu sebagai berikut :

a. Inti dalam (*internal nucleus*)

Inti paling dalam dari bumi mempunyai jari-jari 1.311 km, tersusun atas campuran yang didominasi unsur Fe dan Ni yang berbentuk padat, sehingga mempunyai BJ (berat jenis) paling tinggi dibandingkan dengan lapisan lain, yaitu antara $12.000 - 12.500 \text{ kg.M}^{-3}$ ($12 - 12,5 \text{ kg l}^{-1}$), disamping itu kepadatan masa campuran Fe dan Ni ini mempunyai tekanan antara 3.100 – 3.500 k.bar. Inti dalam bumi dengan BJ dan tekanan sangat besar, mempunyai konsekwensi bahwa gaya gravitasi bumi menuju ke pusat bumi sebesar $9,998 \text{ m detik}^{-2}$ dipermukaan kerak bumi.

b. Inti Luar (*external nucleus*)

Inti luar bumi mempunyai ketebalan 2.170 km (3.481 – 1.311 km), tersusun terutama atas unsur Fe yang bersifat sebagai pasta, yang mempunyai BJ antara 10.000 – 11.000 BJ.kg.m⁻¹ dan kisaran tekanan antara 1.000 – 3.000 k.bar. Lapisan ini menimbulkan medan magnet bumi. Pasta *external nucleus* ini dapat bergerak sehingga pada 50 juta tahun yang lalu kutub utara ada di Jepang dan garis khatulistiwa lewat Belgia selatan dan Prancis utara, sehingga ditemukan adanya tanah Paleosol yang bersifat seperti latosol (ferralsol/oxisol di Indonesia).

c. Magma (*mantel*)

Lapisan magma ini mempunyai ketebalan 2.874 km (6.355 – 3.481 km), tersusun atas campuran unsur yang didominasi oleh unsur Fe, Si, Mg, dan Al dengan BJ antara 4.000 – 5.500 kg.m⁻³ dan kisaran tekanan antara 100 – 1.000 k.bar. Lapisan ini berguna sebagai bantalan/pelumas untuk Bergeraknya lempeng tektonik.

d. Lapisan Kerak Bumi (*crust*)

Lapisan kerak bumi mempunyai ketebalan bervariasi; dibawah lantai samudera antara 5 – 11 km, dengan rerata 7 km, sebaliknya lapisan kerak bumi di daratan mempunyai ketebalan rerata 35 – 40 km dengan kisaran antara 20 km (di dasar lembah California) sampai 90 km (di kawasan Himalaya). BJ kerak bumi antara 2.500 – 3.000 kg.m⁻³ dengan kisaran tekanan antara 0 – 100 k.bar. Lapisan ini berguna sebagai tumpuan kehidupan di muka bumi.

Beberapa catatan tambahan, bahwa lapisan inti (inti dalam dan inti luar) menempati 18 % dari volume bumi dan 33 % dari masa bumi, lapisan magma 81,4 % dari volume bumi dan 66,6 % masa bumi sedangkan lapisan kerak bumi hanya 0,6 % volume bumi dan 0,4 % masa bumi. Diantara lapisan penyusun bumi terdapat batas-batas :

1. Batas LEHMANN antara lapisan inti dalam dan inti luar
2. Batas GUTENBERG antara lapisan inti luar dan magma
3. Batas MOHOROVICIC antara lapisan magma dan kerak bumi

1.2. Magma dan Komposisi

Magma yang menempati prosentase volume maupun masa bumi terbesar (berturut-turut 82 % dan 62 %) mengandung berbagai unsur yang mendekati komposisi unsur mineral pedomagnesium yaitu: batuan Peridotite, batuan makrokristalin yang di dominasi oleh mineral Olivin dan Pyroxene.

Batuan ini juga mempunyai dua jenis mineral lain yaitu : Mg_2SiO_4 Forsterite dan Fe_2SiO_4 Fayalite, maupun perbandingan antara keduanya. Disamping itu disebutkan bahwa magma juga tersusun atas unsur Al, Ca, dan S, sehingga dalam magma mengandung unsur-unsur antara lain : Al, Fe, Mg, Ca, Si, S, dan O.

Kandungan unsur dalam magma yang berbentuk pasta akan terjadi pemisahan/sebaran sebagai berikut : FeO, MgO dan CaO menempati bagian bawah lapisan; SiO_2 , Al_2O_3 menempati lapisan bagian atas, sehingga dapat dikatakan unsur dengan BJ besar selalu di bawah unsur dengan BJ kecil.

1.3. Unsur Penyusun Kerak Bumi

Kerak bumi hanya menempati 1% dari volume atau masa bumi tetapi dengan data analisis unsur paling lengkap, dijumpai 8 unsur utama yaitu; O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K. seperti dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kandungan Unsur Kimia dalam Kerak Bumi

Unsur Kimia	Berat (%)	Jumlah Atom	Volume
Oksigen (O)	46,60	62,55	93,77
Silikat (Si)	27,72	21,22	0,80
Aluminium (Al)	8,13	6,47	0,47
Ferum (Fe)	5,00	1,92	0,40
Magnesium (Mg)	2,09	1,84	0,29
Kalsium (Ca)	3,63	1,94	1,03
Natrium (Na)	2,83	2,64	1,32
Kalium (K)	2,59	1,42	1,83
	98,59	100,00	100,00

(Sumber : Mason 1952 dalam Paton, 1978).

Pada persen berat tampak bahwa Oksigen menempati urutan terbesar 47 % sedangkan unsur Mg, Ca, Na, dan K berkisar antara 2 – 4 %. Jika persen berat masing-masing unsur dibagi dengan nilai BA (berat Atom) maka Oksigen makin mendominasi persen jumlah atom sebesar 60 %, sedangkan Fe, Mg, Ca, Na dan K berkisar antara 1,5 – 2,5 %. Dengan mengalikan persen jumlah atom terhadap volume masing-masing unsur maka tampak bahwa persen volume oksigen menempati 94 % volume kerak bumi, sedangkan unsur yang lain berkisar 0,5 – 2 %. Dari hal tersebut di atas terlihat bahwa volume oksigen dalam kerak bumi menempati sampai 94 %, angka ini hampir 5 kali lipat dari kadar oksigen yang hanya 19 %

dari volume udara. Dapat dikatakan bahwa oksigen dalam batuan (litosfer) lebih banyak daripada oksigen dalam udara dan dapat disimpulkan sumber O udara dari batuan.

Kerak bumi menghasilkan batuan beku yang mempunyai komposisi senyawa bervariasi, bergantung dari famili batuan beku (ada lima famili komposisi unsur) mulai dari batuan yang termasuk famili berwarna gelap (basalt) dengan BJ besar sampai batuan yang termasuk famili berwarna terang (granit) dengan BJ kecil

Perbandingan komposisi kimia antara batuan basalt rerata batuan beku dan batuan granit tersajikan dalam tabel 1.2

Tabel 1.2 Komposisi Kimia, Persen Volume dari Batuan Basalt, Rerata Batuan Beku dan Batuan Granit

Unsur Kimia	Batuan Basalt (%) Volume	Batuan Beku (%) Volume	Batuan Granit (%) Volume
Oksigen (O)	91,11	91,83	92,12
Silikat (Si)	0,70	0,83	0,92
Titanium (Ti)	0,12	0,05	0,02
Aluminium (Al)	0,74	0,79	0,76
Ferum (Fe)	1,47	0,58	0,21
Magnesium (Mg)	1,09	0,58	0,09
Kalsium (Ca)	2,78	1,50	0,45
Natrium (Na)	1,28	1,68	1,75
Kalium (K)	0,70	2,19	3,68

(Sumber : Barth, 1948 dalam Paton, 1978).

Dari data di atas tampak bahwa di dalam tiga batuan tersebut unsur O selalu mendominasi. Batuan basalt yang mewakili kerak bumi kawasan lautan (dasar laut) mempunyai kandungan Fe, Mg, dan Ca lebih banyak dari batuan lain; sebaliknya pada batuan granit yang mewakili kerak bumi kawasan benua mempunyai kandungan Si, Na, dan K lebih tinggi dari batuan lain.

Ringkasan Bab 1 : UNSUR PENYUSUN BUMI

1. Ketebalan empat lapisan bumi mulai dari paling dalam, lapisan inti dalam (1.311 km), inti luar (2.170 km), magma/mantel (2.874 km) dan lapisan kerak bumi (16 km) sehingga jari-jari bumi = 6.371 km.
2. Komposisi kimia dalam masing-masing lapisan adalah
 - Inti dalam : didominasi oleh Fe dan Ni serta unsur lainnya; sedikit S, O, dan sangat sedikit Si, C, dan K.
 - Inti luar : didominasi oleh Fe dan unsur lainnya; sedikit S, O, dan sangat sedikit Si, C, dan K.
 - Magma : Fe, Mg, Al, Ca, Si, S, dan O.
 - Kerak bumi : O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, dan K.
3. Sifat dan peranan tiap lapisan

Inti dalam bersifat padat, penyebab gaya gravitasi bumi. Inti luar berbentuk pasta, penyebab medan geomagnetik. Magma bersifat cair, bahan utama penyusun batuan/gunung, berguna sebagai bantalan pergeseran lempeng tektonik. Kerak bumi bersifat padat, tempat tumpuan seluruh kehidupan biotik serta sarana dan prasarana fisik di dunia.
4. Kerak bumi kawasan benua didominasi oleh batuan granitik, sedangkan kerak bumi kawasan lautan/samudera didominasi oleh batuan basaltik.

Bab II

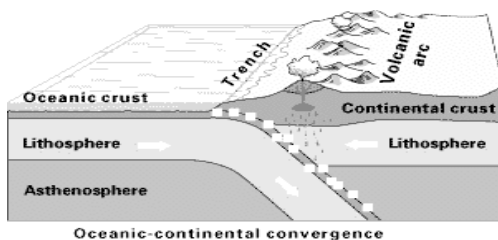
DINAMIKA KERAK BUMI

2.1. Lempeng tektonik

Lempeng tektonik di dunia ada sejumlah 16 buah yang bertanggungjawab terhadap perubahan permukaan Bumi, setelah mengalami pemadatan 500 juta tahun yang lalu (jtl). 4500 juta tahun yang lalu Bumi berupa gas yang terpisah dari matahari, selama empat milyar tahun itu gas mengalami pendinginan sehingga terbentuk cairan dan terakhir terbentuk planet padatan. Saat awal terbentuk daratan, maka di muka Bumi hanya ada satu daratan tunggal yang disebut **Pangee**, terletak agak ke utara (antara kutub utara dan ekuator); yang dikelilingi oleh lautan tunggal yang disebut **Panthalasa**.



Pangee (daratan tunggal) terbagi menjadi 5 benua oleh 16 lempeng tektonik, masing-masing lempeng tektonik bergerak dengan kecepatan yang tidak sama. Ujung India Selatan yang tadinya bersatu dengan Madagaskar bergerak ke timur laut dan ke utara dengan kecepatan 17 cm/tahun, dan pergeseran ke utara ini mengakibatkan makin tingginya gunung Mount Everest (saat ini 8 km) padahal di puncaknya ditemukan terumbu karal sebagai bukti bahwa puncak tersebut dulunya adalah laut dangkal.

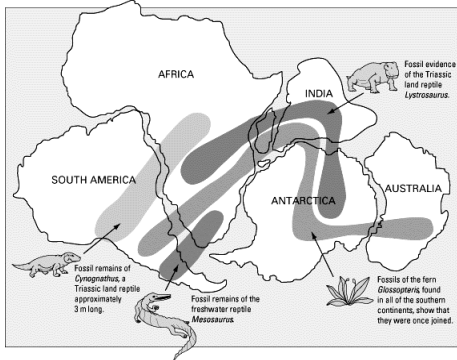


Lempeng tektonik yang lain bergerak dengan kecepatan antara 0 – 10 cm; contoh pantai selatan Yogya (mulai dari Rongkop sampai Congot, lantai lautnya tenggelam ke arah utara ke bawah daratan pulau Jawa dengan sudut 60°, lempeng tektonik bergerak ke utara dengan kecepatan 3 – 4 cm/tahun.

Pergeseran 16 buah lempeng tektonik di dunia berguna untuk memelihara kesetimbangan rotasi Bumi, mengingat Bumi berotasi dengan kecepatan 1.667 km/jam sehingga kesetimbangan berat permukaan Bumi sangat menentukan kestabilan rotasi Bumi.

2.2. Bukti adanya daratan tunggal (Pangee)

Bentuk pantai timur Amerika Selatan sangat mirip dengan bentuk pantai barat Afrika.

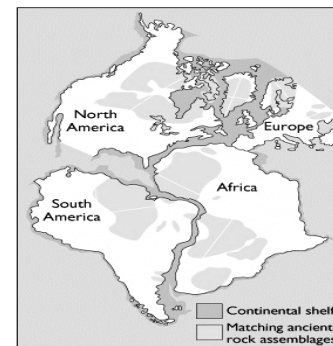


Bentuk pantai barat ujung India Selatan mirip dengan bentuk pantai timur Afrika Tengah.

Fosil hewan Reptil *Mesosaurus* dan sejenis binatang buas *Cynognathus* ditemukan di Amerika Selatan (Brazil) dan di Afrika Selatan. Fosil hewan Reptil *Lystrosaurus* dapat ditemukan di Afrika Selatan, ujung selatan India dan Antartika di kutub

selatan. Fosil tanaman paku-pakuan jenis *Glossopteris* dapat ditemukan dibagian selatan dari Amerika Selatan, Afrika Selatan, pulau Madagaskar Selatan, ujung India bagian selatan, di Antartika dan Australia.

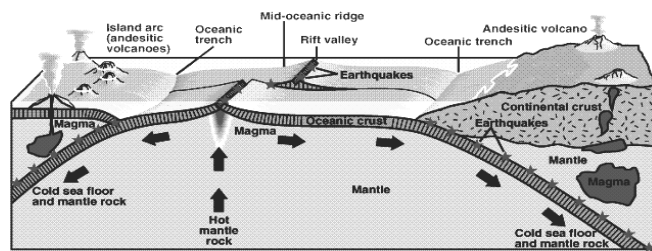
Formasi geologi yang ada di Brazil dan Afrika Selatan mempunyai dua bentuk yaitu yang berumur 550 juta tahun yang lalu dan juga yang berumur 100 juta tahun yang lalu; yang menunjukkan juga kesamaan terhadap proses erosi, sedimentasi, transgressi pantai, glaciiasi salju, pembentukan hutan yang lebat sampai dengan aktivitas vulkanik; yang kesemuanya sangat identik dan mirip.



Arah medan magnet dan batuan penyusun kerak bumi menunjukkan bahwa lempeng tektonik mengalami pergeseran, sehingga terdapat batuan yang menunjukkan kutub U – S yang berlawanan antara bagian dorsal dengan bagian pinggir, padahal keduanya dalam satu batuan yang utuh.

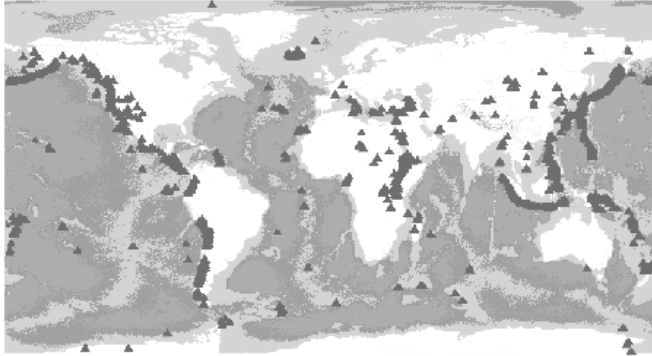
2.3. Lantai laut bergeser

Lapisan kerak bumi dengan tebal rata-rata 15 km (kisaran antara 0 km sampai dengan 35 km) ternyata tidak



mengalami pengembangan maupun pengerutan, hal ini menunjukkan bahwa 16 lempeng tektonik selama bergerak ada bagian yang makin melebar dan bagian lain makin menyempit; dengan kecepatan yang sama sehingga kerak bumi tidak mengalami perubahan ukuran.

Bagian kerak bumi yang makin melebar disebut punggung dorsal yang makin lebar dan membentuk daratan baru. Bagian lain dari kerak bumi yang mengalami penyempitan karena lantai laut tenggelam sering disebut *ocean floor subduction*/penenggelaman lantai laut. Palung



yang terbentuk karena *subduction* ini berupa parit sempit yang sangat dalam; sebagai gambaran jika kedalaman laut berkisar antara 3 – 5 km, maka palung *subduction* ini dapat mencapai 10 km.

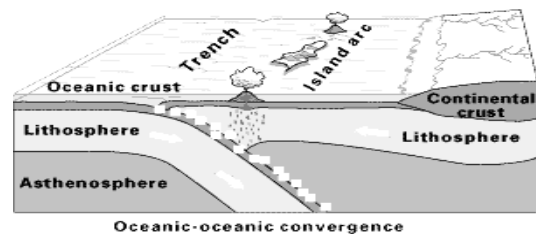
Pantai selatan Pulau Jawa sangat berbahaya karena terdapat sea floor subduction sehingga ada palung laut yang sempit dan sangat dalam, maka sering menimbulkan kecelakaan.

Negara-negara di sekitar Sirkum Mediteran seperti Itali, India, Thailand dan lain-lain termasuk goyah karena sering mengalami gempa bumi. Juga negara-negara di sekitar sirkum Pasific seperti Indonesia, Filipina, Jepang, Hawaii dan Pantai Florida (AS) serta pantai barat Amerika Selatan sering diguncang gempa.

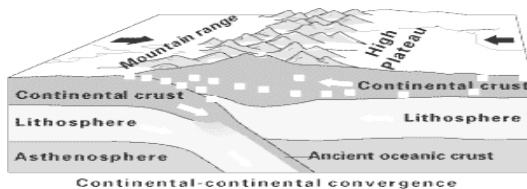
2.4. Tumbukan Lempeng Tektonik

Tumbukan lempeng tektonik menghasilkan keadaan yang bermacam-macam, yaitu :

1. Lempeng benua (granitik) lebih kecil/ringan BJ-nya maka saat ditumbuk/ditabrak oleh lempeng dasar lautan (basaltik) yang lebih besar BJ-nya, lempeng dasar lautan akan tenggelam dibawah lempeng benua dan menimbulkan panas.

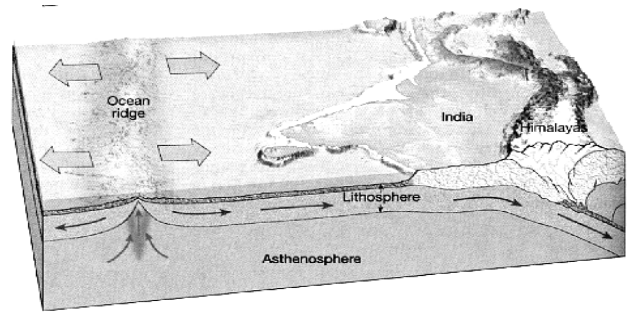


- 2.



Lempeng benua (granitik) yang menumbuk lempeng benua (granitik) yang lain, maka lempeng yang lebih rapuh/lunak akan tenggelam dibawah lempeng yang lebih keras/kuat.

3. Lempeng benua yang keras dan saling bertumbukan, maka keduanya akan berkerut dan menjulang ke atas seperti tumbukan antara lempeng ujung benua India Selatan dengan lempeng Asia membentuk Pegunungan Himalaya yang puncak mount Everestnya makin lama makin tinggi padahal sudah mencapai 8 km (menjadi kerak bumi yang paling tinggi).



Bab III

NESO/ORTHO SILIKAT

SiO₄

Rumus umum : (SiO₄) (MgFe)₂

(SiO₄) Fe₂: Fayalite, hitam

(SiO₄) (MgFe)₂: Olivin, hijau tua

(SiO₄) Mg₂ : Forsterite, transparan

INO SILIKAT TUNGGAL

Rumus umum : Si₂O₆ (Fe, Mg, Ca)₂

Pyroxene

Dibedakan menjadi 2 :

1. Hyperstene (rantai dengan Si saja)

(Si₂O₆ (Fe, Mg)₂)

$$5\% < \frac{Fe}{Mg + Fe} < 28\%$$

pada : andesite dan gabbro

2. Augite (rantai Si dan Al (1 – 15 %))

(Si_{1,66} Al_{0,33})O₆ (Ca, Mg, Fe)₂

$$1 < \frac{Ca}{Mg + Fe} < 2$$

pada : andesite, diorite, basalt, gabbro

INO SILIKAT GANDA

Rumus umum : Si₄O₁₁ (Ca, Mg, Fe)₃

Dibedakan menjadi 2 :

1. Rantai Si saja

Pada mineral-mineral yang sangat jarang,

- Si₄O₁₁ (Fe, Mg)₃ Fremolite, bat, metamorf
- Si₄O₁₁ (Ca, Mg)₃ Ribukite, granite, syenite

2. Hornblende, Si and Al (1 – 18 %)

$$1/3 < \frac{Ca}{Mg + Fe} < 1/2$$

(Si_{3,3} Al_{0,7}) O₁₁ (Ca, Mg, Fe)₃

pada : granite, syenite, diorite, gabbro

PHYLLOSILIKAT

Rumus Umum :

1. DIOKTAHEDRAL $2K(6Si\ 2Al)(4Al)\ O_{20}\ (OH)_4$
2. TRIOKTAHEDRAL $2K(6Si\ 2Al)(4Al)\ (6Mg)\ O_{20}\ (OH)_4$

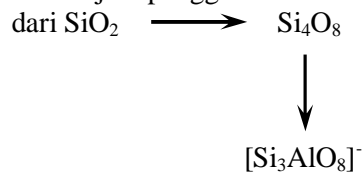
Mineral Mika 2:1 dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Mika dioktahedral ($10\ A^\circ$)
 - a. Muscovite
 $2K(6Si\ 2Al)(4Al)\ O_{20}\ (OH)_4$ atau $K_2O, 6SiO_2, 3Al_2O_3, 2H_2O$
 - b. Paragonite
 $2Na(6Si\ 2Al)(4Al)\ O_{20}\ (OH)_4$ atau $Na_2O, 6SiO_2, 3Al_2O_3, 2H_2O$
 - c. Margarite
 $2Ca\ (4Si\ 4Al)(4Al)\ O_{20}\ (OH)_4$ atau $2CaO, 4SiO_2, 4Al_2O_3, 2H_2O$
2. Mika trioktahedral ($10\ A^\circ$)
 - a. Phlogopite
 $2K(6Si\ 2Al)(4Al)\ (6Mg)\ O_{20}\ (OH)_4$ atau $K_2O, 6SiO_2, Al_2O_3, 6MgO, 2H_2O$
 - b. Biotik
 $2K(6Si\ 2Al)(4Fe^{2+}\ 2Mg)\ O_{20}\ (OH)_4$ atau $K_2O, 6SiO_2, Al_2O_3, 4FeO, 6MgO, 2H_2O$

TEKTOSILIKAT

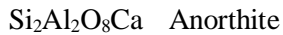
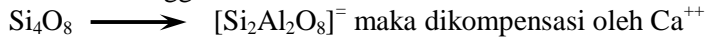
Tersusun atas tetrahedral dengan semua ujung O berikatan sebagai rumus umum SiO_2
 Beberapa mineral yang termasuk :

1. Famili dari Quartz, (SiO_2)
 - Quartz
 - Tridymite
 - Cristobalite
 - Opal
 -
2. Jika terjadi penggantian 1 Si oleh 1 Al dan dikompensasi kation :

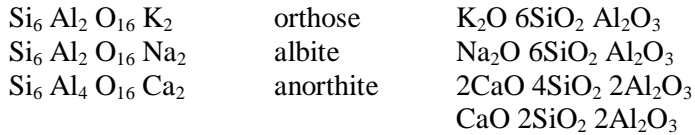


- dapat berupa :
- Si_3AlO_8K Orthose
 - Si_3AlO_8Na Albite

3. Jika 2Al mengganti 2Si



Penulisan dapat berupa seperti :



Mineral albite dan anorthite sering disebut sebagai plagioklas dan di alam dapat ditemui campuran antara albite dan anorthite, sehingga dapat dibuat suatu seri mineral albite-anorthite

	Albite	anorthite
Albite	100 - 91	0 - 9
Oligoclase	90 - 71	10 - 29
Andesine	70 - 51	30 - 49
Labradorite	50 - 31	30 - 49
Bytownite	30 - 11	70 - 89
Anorthite	10 - 0	90 - 100

Bab IV

Potensial ionik berbagai atom

Potensial ionik adalah perbandingan antara muatan sebuah atom dibagi dengan jari-jari ion. Potensial ionik makin besar, daya desak dan daya ikat atom terhadap unsur lain makin tinggi.

	Muatan	\varnothing_i	Potensial ion
H	1+	0,30	3,33
K	1+	1,33	0,75
Na	1+	0,97	1,03
Ca	2+	0,99	2,02
Fe^{2+}	2+	0,74	2,70
Mg	2+	0,66	3,03
Fe^{3+}	3+	0,64	4,68
Al	3+	0,51	5,88
Si	4+	0,42	9,52

Nilai elektronegatifitas

Nilai elektronegativitas menentukan imbalan ikatan kimia sebuah unsur dengan unsur lain menjurus ke ikatan ionik atau kovalen.

K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Si	O
0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	1,8	3,5 (tekto)
							2,1 (ortho)

Ikatan kimia ionik menghasilkan mineral dengan berat jenis rendah dan ikatan kimia kovalen menghasilkan mineral dengan berat jenis tinggi.

tekto	: feldspar	2,5	2,6	2,7	2,7
		(ort)	(al)	(an)	(quartz)
philo	: mika	2,8			
ino	: auite	2,9 - 3,5			
	horblende	3,0 - 3,5			
ortho	: olivin	3,4			

Ikatan kimia ioniki akan menghasilkan susunan mineral silikat yang sarang sehingga berat jenis menjadi renah. Ikatan kimia kovalen menghasilkan susunan mineral silikat yang mampat/padat sehingga berat jenis mineral menjadi berat/besar.

IKATAN TETRAHEDRAL SILIKAT

				O yang bermuatan
NESO/ORTHO	(Olivine)	SiO ₄	Si ₁₂ O ₄₄	100 %
SORO	(Hemimorphite)	Si ₂ O ₇	Si ₁₂ O ₄₂	86 %
CYCLO	(Tourmaline)	Si ₆ O ₁₈	Si ₁₂ O ₃₆	66 %
INO tunggal	(Augite)	Si ₂ O ₆	Si ₁₂ O ₃₆	66 %
INO ganda	(Hornblende)	Si ₄ O ₁₁	Si ₁₂ O ₃₃	54 %
PHYLLO	(mica, lempung)	Si ₂ O ₅	Si ₁₂ O ₅₀	40 %
TECTO	(Quartz, Ortoklas)	SiO ₂	Si ₁₂ O ₂₄	0 %

Bab V

BATUAN METAMORF

Terbentuk karena adanya P dan T yang tinggi sehingga membentuk komposisi baru dari mineral penyusun batuan, yang susunannya sama sekali berbeda dengan batuan asalnya.

Perubahan dapat berupa :

- Kehilangan senyawa
- Kristalisasi kembali
- Neoformasi mineral

Awalan nama dari batuan metamorf :

Meta - : meta basalt, meta kwartsit

berasal dari batuan pyroklastik atau batuan metamorf

Ortho - : ortho gneiss, ortho amphibolite

Berasal dari batuan plutonik

Para - : para gneiss, para amphibolite

Berasal dari batuan sediment

Jenis metamorfisme :

1. Cataclastic metamorf (P)
2. Thermal/Contact metamorf (T, intrusi)
3. Regional dynamothermal (P, T, tektonik)

BATUAN SEDIMENT

Jumlah batuan sedimen di bumi 5 %

Sebaran batuan sedimen di bumi 75 %

Batuan sedimen merupakan bahan induk tanah yang berperan dalam pembentukan tanah.

Bahan-bahan sedimen dan batuan sedimen terbentuk karena proses :

EXOGENIK FRAGMENT dari hasil abrasi, erosi, pelapukan.

TERTRANSPORTASI oleh : - gravitasi

- air
- udara
- es

DIAKUMULASI oleh : - gravitasi
- presipitasi kimia
- flokulasi
- fixasi oleh organisme

SAAT TERJADI : pada suhu
tekanan

Bahan sedimen menjadi batuan sedimen karena proses **DIAGENESIS** .

95 % batuan sedimen tersusun atas :

SHALES	: 77 %	} di permukaan bumi
SANDSTONES	: 10 %	
LIMESTONES	: 8 %	

DIAGENESIS/PENGERASAN/LITHIFIKASI (KIMIA DAN FISIKA)

Karena :

- Kompaksi/gravitasi bahan di atasnya
- Sementasi bahan tambahan/matriks seperti :CaCO₃, Si, Fe hidroksida, gypsum, anhydrite.
- Rekristalisasi : Si amorph → chalcedony
aragonite → calcite
- Metasomatisme (terutama untuk daerah calcite)
 - + dolomitisasi + phosphatasi
 - + silisifikasi + sideritisasi
- Pembentukan kongresi
 - Ca - Si - Fe - Mn

JENIS MINERAL BATUAN SEDIMEN

1. Group Si : - chacedony
- opal
2. Group Lempung : - Kaolinite : Al - Si
- Montmorilinite : Al - Si - Mg
- Nontronite : Al - Si - Fe
- Illite : Al - Si - K
- Glauconite : Al - Si - Fe - Mg - K
- Chlorite : Al - Si - Fe - Mg

3. Group Carbonate : - Calcite : CaCO_3
- Dolomite : $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$
- Siderite : FeCO_3
4. Group Evaporite : - Gypsum : $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ - Halite : NaCl
- Anhydrite : CaSO_4 - Sylvite : KCl
5. Fe dan Al Oksida dan Hidroksida :
- Hematite : Fe_2O_3 - gibbsite : $\text{Al} (\text{OH})_3$
- Goethite : FeOOH - boehmite : AlOOH
- Pyrite : FeS_2

AKUMULASI/DEPOSISI DIBEDAKAN :

1. Pengendapan MEKANIK/DETRITIK/KLASTIK dipengaruhi oleh :
- tenaga gravitasi dan potensial
 - ukuran, bentuk dan BJ bahan
 - BJ, kecepatan dan turbulensi agen

Endapat mekanik dibedakan atas unsur :

- immatur : kaya mineral terlapukkan breksi
 - matur : tidak ada mineral-mineral terlapukkan tetapi terdapat quartz, sandstone, konglomerat butir besar lonjong.
 - senil : mineral-mineral sangat tahan lapuk, quartz, kaolinite, konglomerat butir kecil dan bulat sempurna
2. Pengendapan KIMIA antara lainn :
- CaCO_3
 - Si. Shale silikat
 - Fe, hematite, siderite, glauconite, pyrite
 - P
3. Pengendapan HAYATI antara lain :
- Terumbu/Koral
 - Guano.

Bab VI

PELAPUKAN

Pelapukan dapat dibedakan menjadi :

1. DESINTEGRASI (FISIK)

a. Suhu (tinggi, fluktuasi)

- daya hantar panas batuan
- tekstur
- warna

- suhu yang membeku, volume air bertambah pada suhu 4 °C volume 1,0013 cc
0 °C volume 1,09083 cc (+ 9 %)
P : 250 atm/cm²

b. air, erosi, sejalan dengan V dan campuran V

15 cm/dt	pasir halus
30 cm/dt	kerikil
120 cm/dt	batu 1 kg
240 cm/dt	batu 64 kg
720 cm/dt	batu 160 kg
(26 km/jam)	

c. angin, terutama di daerah kering (abrasi) terbentuknya batu jamur

d. hewan, tumbuhan. Rayap, akar sebagai pasak

e. glacier, guguran massa es/salju yang mendorong semua bahan padat serta mengabrasi.

Daya angkut air pada erosi, sesuai dengan rumus impact (Newton) :

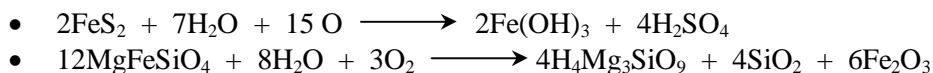
$$V_i = \sqrt{\frac{4}{3g} \frac{\sigma - P}{P}}$$

g = gravitasi;
σ = Sg bahan yang diangkut;
P = Sg bahan pengangkut

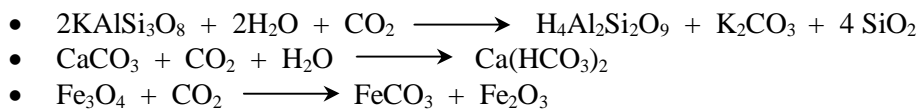
Makin dekat antara harga σ dan P maka kecepatan dan kekuatan angkut makin tinggi.

2. DEKOMPOSISI (KIMIA) 10 oC ↗ diikuti kecepatan reaksi 1,5X

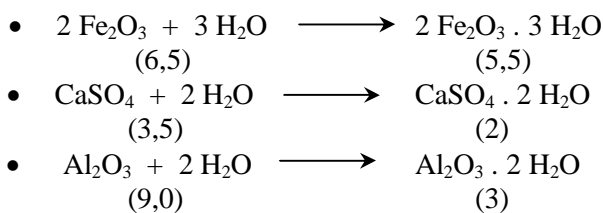
a. Oksidasi dan Reduksi



b. Karbonasi



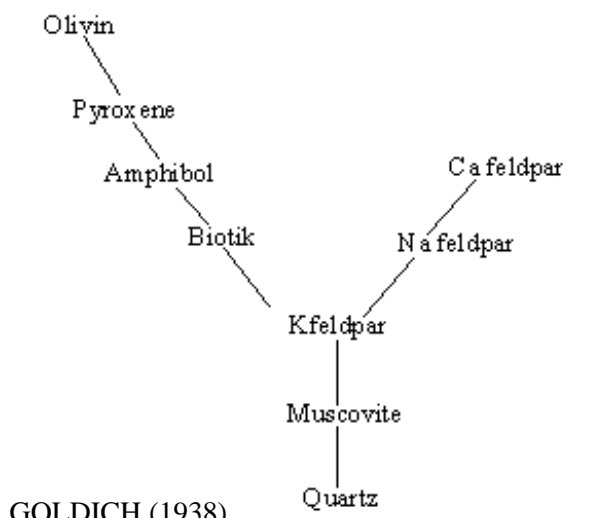
c. Hidratasi dan Dehidratasi



**STABILITAS PELAPUKAN
(WEATHERING INDEX)**

Dalam Ø
Pasir dan Debu

Dalam Ø
Lempung

 <p>GOLDICH (1938)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gypsum, palik halite 2. Calcite, apatite 3. Olivin, pyroxene, ... 4. Biotik, galnconik, ... 5. Albite, Anorthite, gelas volkanik 6. Quartz CS 7. Muscovite 8. Vermiculite 9. Montmorillnite 10. Kaol, hall, All, ... 11. Gibbsite, Boehmite 12. Hematite, Geothite 13. Anatase, Rutil, Zircon <p>JACKSON (1968)</p>
---	--

SIFAT H₂O YANG PENTING TERHADAP PELAPUKAN

1. DIPOLER/BIPOLER

Membentuk ikatan Van der Waals aktif dalam membentuk dispersi suspensi dan pelarutan kation.

2. H₂O dapat terhidrolisa → OH⁻ dan H⁺

Yang masing-masing berperan sebagai kation dan anion dalam larutan tanah.

3. H₂O dapat membentuk jembatan H dengan senyawa organik maupun mineral lempung dalam tanah, serta senyawa-senyawa pengkilasi logam.

4. H⁺ mempunyai potensial ionik > dari K, Na, Ca dan Mg dengan jari-jari ion 0,3 Ao H⁺ dapat dengan mudah menggantikan kedudukan kation-kation dalam mineral.

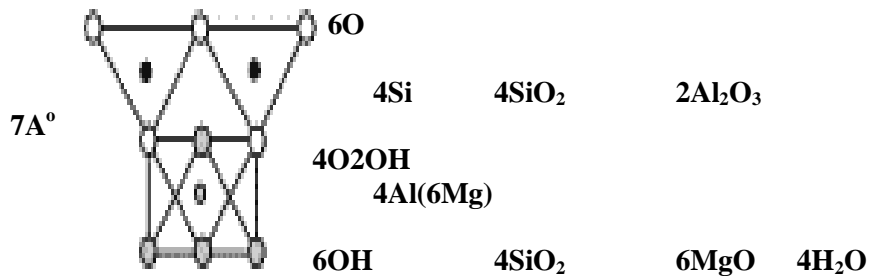
5. Jari-jari H₂O = jari-jari OH⁻ = jari-jari O

Dengan ini air dan hidroksida sangat mudah menggantikan kedudukan O dalam kisi mineral, sehingga akan menyebabkan kesetimbangan terganggu, akibatnya mineral mudah mengalami pelapukan. (kadar O dalam mineral 94 % volume).

Bab VII

MINERAL SEKUNDER TANAH

Mineral Kaolinit (1:1)



Dibedakan atas :

1. Group Kaolinite (dioctaedric)

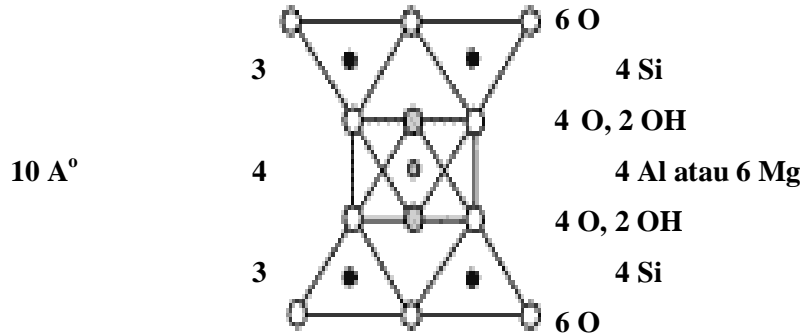
	d	CEC
a. KAOLINITE SS (1 μ)	7,12 A°	7 – 10
b. KAOLINITE DISORDERED (susunan teracak \longrightarrow kristal kecil 0,05 – 0,2 μ)	7,12 A°	10 – 20
c. DICKITE (2 variasi)	7,12 A°	10 – 15
d. NACRITE (6 variasi)	7,12 A°	10 – 15
e. METAHALLOYSITE (dengan hidrazine + formaide 10,1 A°)	7,3 A°	12 – 25
f. HALLOYSITE	10 - 11A°	20 – 30

2. Group Serpentine (trioctaedric)

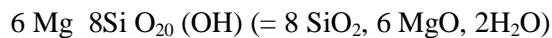
a. CHRYSOTILE	7,3 A°
b. ANTIGORITE	7,3 A°

FAMILI LEMPUNG 2:1

Untuk model lempung 2:1, orang sering menggunakan TOT tanpa substitusi isomorfik :

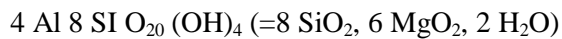


TALC (2:1, trioctahedral)



Hasil dari pelapukan thermal mineral ultrabasik atau dolomite bersilikat.

PYROPHYLLITE (2:1, dioctahedral)



Hasil dari pelapukan hidrothermal mineral feldspars

Kedua mineral tersebut di atas jarang ditemui dalam tanah.

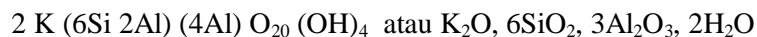
Meskipun mika merupakan mineral primer sering dibahas dalam mineral lempung, karena mempunyai struktur kisi kristal phyllosilikat, disamping juga merupakan sumber utama dari mineral illite (karena alih rupa sederhana dari mika).

FAMILI MIKA

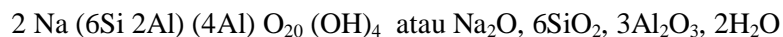
Lempung Mika 2:1 dapat dibedakan menjadi antara lain :

1. Mika dioktahedral ($10 A^\circ$)

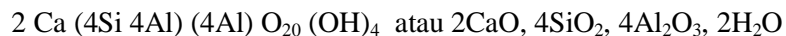
a. Muscovite



b. Paragonite

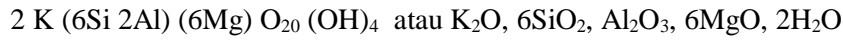


c. Margarite

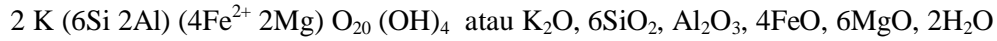


2. Mika trioktahedral (10 A°)

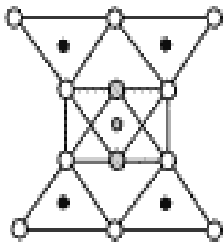
a. Phlogopite



b. Biotite



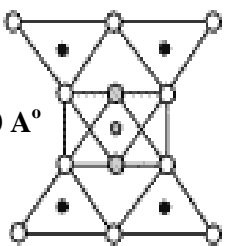
FAMILI ILLITE

10 A°		60		12	
			3,33 Si,	0,66 Al	15,30
			40,2 OH		10
			4Al (6Fe²⁺/ Mg²⁺)		12
			40,2 OH		10
			3,33 Si,	0,66 Al	15,30
	60		12		
			- 44	+ 42,60	

Cation kompensator sebagian besar adalah K⁺ → jarak antar kisi Fix sehingga dapat membentuk tumpukan 100 kisi illite.

CEC antara 10 – 25 me/100 g

FAMILI SMECTITE

10 A°		60
		4 Si,
		40,2 OH
		3,34 Al, 0,66 Mg
		40,2 OH
		4 Si,
	60	

Dengan substitusi isomorfik pada octaedrik (0,66 Mg)

- terjadi deficit + 0.66 yang menyebabkan adanya CEC (1/6 dari 4 Al²⁺ diganti oleh Mg²⁺)

CEC = 80 – 150 me/100 g

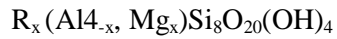
- Substitusi isomorfik dioctaedrik ikatan antar kisi lemah kembang kerut tinggi dan kisi mineral berdiri secara individu CEC tinggi

Mont Na	: 12,4 A°
Mont Mg	: 14 A°
Mont Ca	: 15,5 A°
Mont glycerol (EG)	: 17,7 A°

FAMILI SMECTITE dibedakan :

1. FAMILI SMECTITE DIOCTAEDRIK

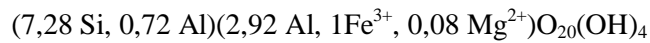
a. Montmorillonite



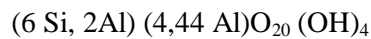
$$R = Na \text{ atau } \frac{1}{2} Ca \quad x = 0,66$$

80 – 150 me %

b. Beidelite



Beidelite teraluminium.



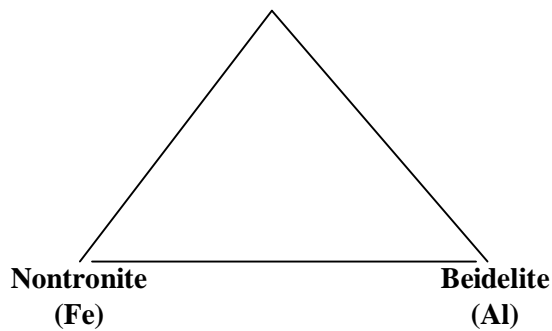
60 – 90 me %

c. Nontronite



115 – 140 me %

Montmorillonite (Mg)

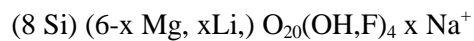


2. FAMILI SMECTITE TRIOCTAEDRIK

a. Saponite

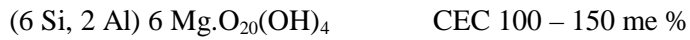


b. Hectorite



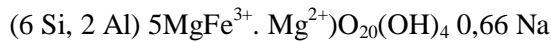
FAMILI VERMICULITE

Di alam Vermiculite hanya ada dalam bentuk trioktahedrik



dengan komposisi cation Mg^{2+} yang dikelilingi $(\text{H}_2\text{O})_{0-8}$

Sering terjadi ada substitusi di dalam oktahedrik sehingga :



(1,4 – 2)

dengan kompensasi $1\frac{1}{2} \text{ Mg}^{2+} + (\text{H}_2\text{O})_{0-8}$

Pemanasan : 100 ° 12 A°

200 ° 10A°

100 ° 14 A°

dalam jumlah uap akhir 14 A°

dengan pemanasan (mendadak) 700 - 800 ° C volume 10x dan membentuk bahan dengan γ (berat jenis) rendah baik untuk isolasi suhu dan suara.

FAMILI CHLORITE

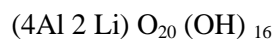
(Lempung TOT : O atau 2:1:1)

Lempung ini tersusun atas sisi 2:1 (seperti pada mika diotahedral) dengan kisi brucite dari Mg dan Al (dikelilingi OH)

Dapat dibedakan :

1. Dioktahedral untuk kisi 2:1 dan trioktahedral untuk kisi : 1 disebut Di, Tri octahedral chlorite

Contoh : 1. Cookeite : $(6\text{Si } 2\text{Al}) (4\text{Al})$



2. Sudoite : $(6,6 \text{ Si } 1,4\text{Al}) (4\text{Al})$



2. Di, trioktahedral chlorite :

Contoh : Don bassite $4 + x/3 \text{ Al} ((4 \text{ Al}) (8-x) \text{ Si } x \text{ Al}) \text{O}_{20} (\text{OH})_{16}$

Substitusi dalam tetraeder (Si diganti Al) dapat mencapai -4 sampai -1 (penggantian 2 \longrightarrow 0,5

Si oleh Al)

Jika deficit : -4 \longrightarrow $\text{Mg}_2, \text{Al}_4 (\text{OH})_{12}$

-2 \longrightarrow $\text{Mg}_2, \text{Al}_4 (\text{OH})_{12}$

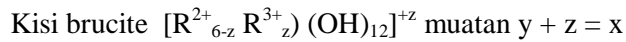
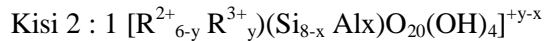
-1 \longrightarrow $\text{Mg}_2, \text{Al}_4 (\text{OH})_{12}$

Dengan demikian muatan dalam chlorite adalah netral, KPK chlorite rendah antara 10 – 30 me/100g yang berasal dari bagian ujung dari kristal

Mg – normal
 E – G
 Suhu 550 °C

} 14 A°

Substitusi isomorfik dapat juga terjadi dalam oktaeder rumus umum :



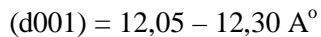
FAMILI SEPIOLITE DAN PALYGORSKITE

Mineral lempung yang struktur kristalnya mempunyai discontinuitas, sering disebut berstruktur

“pseudo – layer” atau “empty brick” karena kisi TOT tidak membentuk lembaran, melainkan berselang seling dengan molekul air.

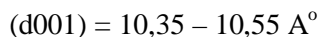
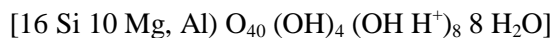
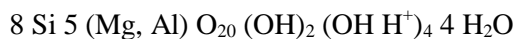
SEPIOLITE tersusun atas (CEC = 20 – 45 me %)

8 octaedrik dari Mg²⁺



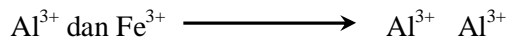
PALYGORSKITE tersusun atas (CEC = 5 – 20 me %)

5 octaedrik dari Mg²⁺ atau Al³⁺



CEC pada SEPIOLITE > PALYGORSKITE karena :

1. Substitusi isomorfik pada tetraedrik dilakukan :



2. Substitusi isomorfik pada oktaedrik dilakukan :

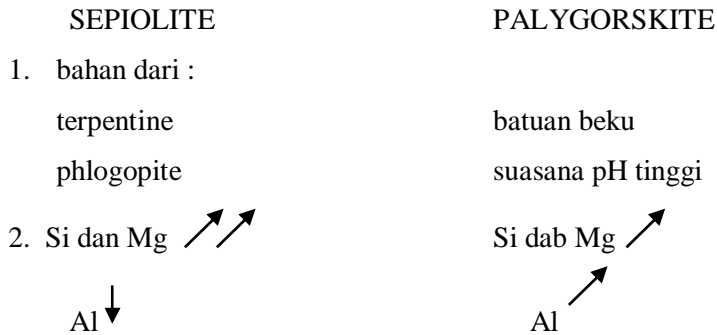


Gugus air dalam SEPIOLITE dan PALYGORSKITE ada 3 bentuk :

1. Air bebas (air zeolitic) yang hilang pada pemanasan antara 20 – 200 °C.
2. Air dari OH dan H⁺ yang terdapat pada ujung mineral, air ini terlepas dengan cara 2 tahap : (air crystal/jembatan air)
 - ½ lepas pada 200 – 380 °C. (Pg : 250 – 400 °C)
 - ½ lepas pada Spi 380 – 680 °C.

3. Air dari group OH (dari compact layer) yang terlepas pada 680 - 900 °C. (airhydroxil) (Pg > 400 °C).

Kedua mineral terbentuk karena proses hidro thermal



Perbandingan beberapa sifat antara mineral lempung

	Mont	Illite	Kao
Ukuran (μ)	0,01 – 1,0	0,1 – 2,0	0,1 – 2,0
Bentuk	Lempeng Tak beraturan	Lempeng Tak beraturan	Hexagonal
Luas permukaan (m ² /g)	700 – 800	100 – 120	5 – 20
Permukaan extern	Tinggi	menengah	Rendah
Permukaan antar kisi	Sangat tinggi	menengah	Tidak ada
Kapasitas mengembang	Tinggi	menengah	Tidak ada
CEC me/100g	80 - 150	15 - 40	3 – 15

FAMILI MINERAL LEMPUNG INTERSTRATIFIKASI.

Tersusun atas dua type atau lebih dari mineral lempung, dapat dibedakan menjadi :

1. Interstratifikasi tak beraturan

Tumpukan dua jenis mineral lempung dapat secara :

- | | | | |
|--------------------|----------|--------|----------|
| a. random | MSSMSMSM | SMMSM | MMSS |
| b. urutan maksimum | MSMSMSMM | MSMSMM | MSMSMSMM |
| c. segregasi : | | | |
| - sebagian | MMMMSSS | MMMSS | MMMSSSS |
| - lengkap | SSSSSS | MMMM | MMMMM |
| d. terkurung | SSMMMMSS | SMMMS | SMMMMSS |

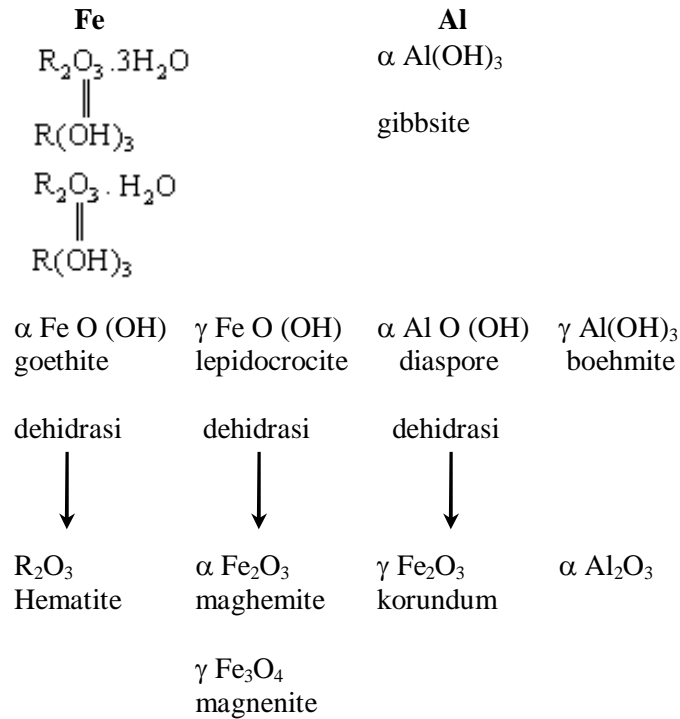
2. Interstratifikasi beraturan :

- | | |
|------------------|-------------------|
| MSSSMSSSMSSSMSSS | (M 25 % ; S 75 %) |
| MMSSMMSSSMSSS | (M 40 % ; S 60 %) |

Dalam mineral lempung interstratifikasi dapat tersusun atas :

- Kaolinite/halloysite – smectite
- Mica – smectite
- Chlorite – vermiculite
- Chlorite – smectite

FAMILI Al DAN Fe OKSIDA HIDROKSIDA



Bentuk amorph

Fe amorph ada 25 % dalam tanah

CEC 25 me %

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$

Al amorph ada 8 %

pH 4 – 5 (50 – 200 μm)

CEC 200 – 350 me %

S : 200 m^2/g

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$

FAMILI T_1O_2 (ANATASE)

Dalam tanah < 10 %

Tinggi sampai 30 % dalam tanah dengan bahan induk basalt (Hawai); dengan Augite dan Pyroxene
Peak 3,51 A° .

FAMILI $\text{MnO} \cdot \text{OH}$ (MANGANITE)

Dalam tanah <10 %

Warna hitam, memercik dengan H_2O_2 3 %

Karena polyvalensi \longrightarrow mengalami suasana oksidasi Si reduksi.

Pada fluktuasi air tanah \longrightarrow menghasilkan konsentrasi Mn.

FAMILI ZEOLITE



M = Na, K, Li atau Ca, Mg, Ba, Si

n = valensi kation

y/x = antara 1 – 6

p = antara 1 – 4

merupakan tetra hidra yang 2 atau 0 nya berikatan

Tempat pembentukan :

A. Daerah suhu tinggi

1. magma
2. kontak metamorfik
3. hydrothermal
4. diagenetik

B. Dekat permukaan

1. deposit air tanah
2. zone pelapukan
3. danau alkali, salin

C. Suhu rendah

- lingkungan laut

D. Daerah kaldera

- padatan kaldera

GENESIS MINERAL LEMPUNG

Daerah :

	Warisan/residu	Transformasi	Neoformasi
1. Pelapukan	Mika - illite	Illite : - vermiculite - montmorillonite (degradasi)	Drainase bagus : - kaolinite - gibbsite - goethite Pengaruh air tanah/dinamika - dalam : • gibbsite • goethite - dangkal : kaolinite - terendam : • kaolinite (atas) • montmorillonite (bawah) Attapulgit (Al) Sepiolite (Mg)
2. Sedimentasi			
3. Metamorfik		Illite – chlorite (Agradasi)	

LINGKUNGAN PELAPUKAN

I. Pelapukan Geokimia

Daerah Tropika Humida unsur penyusun batuan terurai total karena reaksi kuat dan sempurna.

Kondisi netral (tanpa asam-asam organik)

ML terbentuk karena neoformasi, dipengaruhi

Jenis batuan	tergenang	terlindi
	PH > 5	pH < 5
1. warna gelap	monmorillonite	kaolinite
2. warna cerah	kaolinite	

II. Pelapukan Biokimia

Daerah iklim sedang reaksi berjalan lambat

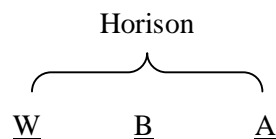
Dibedakan 3 hydrolysis :

1. Hydrolysis netral : ML warisan
Mika – Illite
2. Acydolysis (hydrolysis masam) : ML transformasi
 - degradasi (terlindi) : Illite - Vermiculite
 - agradasi (terendam) : Vermiculite – Chlorite Al
3. Complexolysis (hydrolysis dengan asam-asam organik; podzol/kilasi)
 - amorphisme (pH < 3,5) : Illite dan Vermiculite → amorph

BASALTS

CHEMICAL COMPOSITION

	<u>ROCK</u>
SiO ₂	45,8
Al ₂ O ₃	14,6
Fe ₂ O ₃	11,9
TiO ₂	2,6
MgO	9,4
CaO	10,7
Na ₂ O	2,6
K ₂ O	1,0
P ₂ O ₅	0,4
Mn ₃ O ₄	0,2
+ H ₂ O	0,8
Σ	100,0



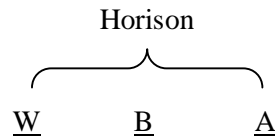
MINERALOGICAL COMPOSITION

K-Feldspar	4,0
(Na-Ca) Feldspar	56,0
Quartz	0,0
Pyroxene	20,0
Amphibole	3,0
Magnetite	3,0
Ilmenite	1,5
Apatite	1,0
Mica white	0,0
Mica black	1,0
Olivine	10,5
Σ	100,0

GRANITES

CHEMICAL COMPOSITION

	<u>ROCK</u>	
SiO ₂	72,0	
Al ₂ O ₃	13,9	
Fe ₂ O ₃	2,5	
TiO ₂	0,4	
MgO	0,5	
CaO	1,3	
Na ₂ O	3,1	
K ₂ O	5,5	
P ₂ O ₅	0,2	
Mn ₃ O ₄	0,1	
+ H ₂ O	0,5	
Σ	100,0	



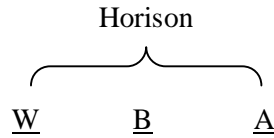
MINERALOGICAL COMPOSITION

K-Feldspar	37,1
(Na-Ca) Feldspar	28,0
Quartz	28,0
Pyroxene	0,0
Amphibole	1,0
Magnetite	1,0
Ilmenite	0,5
Apatite	0,4
Mica white	2,0
Mica black	2,0
Σ	100,0

DACITES

CHEMICAL COMPOSITION

	<u>ROCK</u>
SiO ₂	63,5
Al ₂ O ₃	16,0
Fe ₂ O ₃	6,0
TiO ₂	0,6
MgO	2,1
CaO	5,5
Na ₂ O	4,0
K ₂ O	1,4
P ₂ O ₅	0,2
Mn ₃ O ₄	0,1
+ H ₂ O	0,5
Σ	99,9



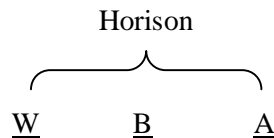
MINERALOGICAL COMPOSITION

K-Feldspar	6,0
(Na-Ca) Feldspar	56,2
Quartz	20,0
Pyroxene	0,0
Amphibole	10,0
Magnetite	2,3
Ilmenite	1,2
Apatite	0,3
Mica black	4,0
Olivine	0,0
Σ	100,0

SYENITES

CHEMICAL COMPOSITION

	<u>ROCK</u>
SiO ₂	59,4
Al ₂ O ₃	17,1
Fe ₂ O ₃	5,0
TiO ₂	0,8
MgO	2,0
CaO	4,0
Na ₂ O	3,9
K ₂ O	6,5
P ₂ O ₅	0,4
Mn ₃ O ₄	0,1
+ H ₂ O	0,6
Σ	99,8



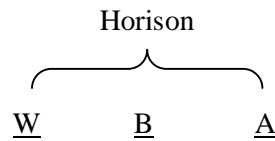
MINERALOGICAL COMPOSITION

K-Feldspar	44,0
(Na-Ca) Feldspar	38,5
Quartz	2,0
Pyroxene	3,0
Amphibole	8,0
Magnetite	2,0
Ilmenite	1,5
Apatite	1,0
Mica white	0,0
Mica black	2,0
Olivine	0,0
Σ	100,0

ANDESITES

CHEMICAL COMPOSITION

	<u>ROCK</u>
SiO ₂	54,2
Al ₂ O ₃	17,2
Fe ₂ O ₃	9,0
TiO ₂	1,3
MgO	4,4
CaO	7,9
Na ₂ O	3,7
K ₂ O	1,1
P ₂ O ₅	0,3
Mn ₃ O ₄	0,1
+ H ₂ O	0,8
Σ	100,0



MINERALOGICAL COMPOSITION

K-Feldspar	2,0
(Na-Ca) Feldspar	65,0
Quartz	2,0
Pyroxene	11,0
Amphibole	12,0
Magnetite	2,4
Ilmenite	1,5
Apatite	0,6
Mica white	0,0
Mica black	3,0
Olivine	0,0
Σ	99,5