

MATERI 8

GEOLOGI LINGKUNGAN

MINERAL BATUAN (LANJUTAN)

BATUAN

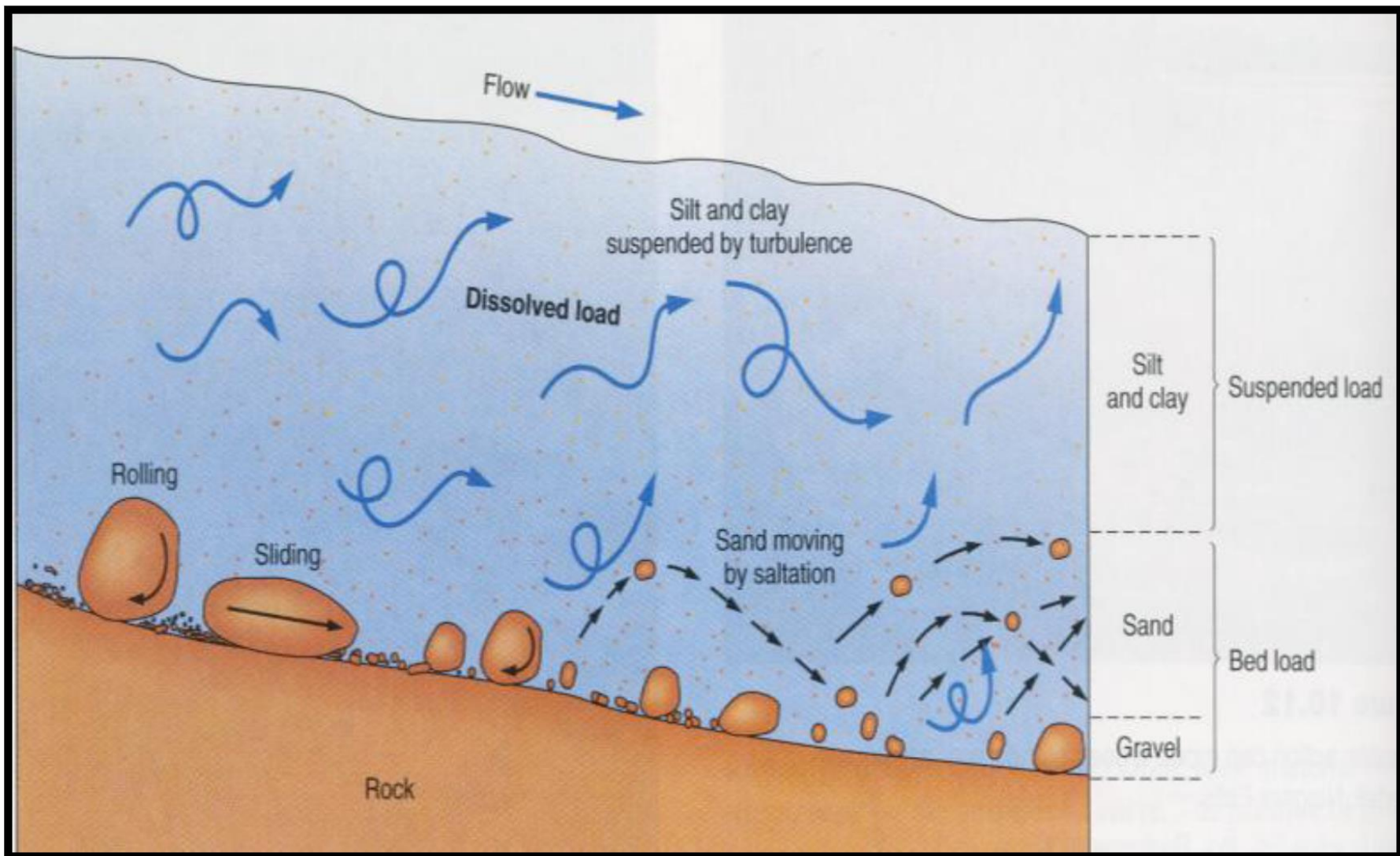
1. Batuan Beku
2. Batuan Sedimen
3. Batuan Metamorf/malihan

2. Batuan Sedimen

- Sedimen merupakan bahan atau partikel yang terdapat di permukaan bumi (di daratan ataupun lautan), yang telah mengalami proses pengangkutan (transportasi) dari satu tempat (kawasan) ke tempat lainnya. Sedimen ini apabila mengeras (membatu) akan menjadi batuan sedimen.
- Ilmu yang mempelajari batuan sedimen disebut dengan sedimentologi. Faktor-faktor yang mengontrol terbentuknya sedimen adalah iklim, topografi, vegetasi dan juga susunan yang ada dari batuan. Sedangkan faktor yang mengontrol pengangkutan sedimen adalah air, angin, dan juga gaya gravitasi.

Sedimen dapat diangkut dengan tiga cara, yaitu:

- 1) *Suspension*: ini umumnya terjadi pada sedimen-sedimen yang sangat kecil ukurannya (seperti lempung) sehingga mampu diangkut oleh aliran air atau angin yang ada.
- 2) *Bed load*: ini terjadi pada sedimen yang relatif lebih besar (seperti pasir, kerikil, kerakal, bongkah) sehingga gaya yang ada pada aliran yang bergerak dapat berfungsi memindahkan partikel-partikel yang besar di dasar. Pergerakan dari butiran pasir dimulai pada saat kekuatan gaya aliran melebihi kekuatan inersia butiran pasir tersebut pada saat diam. Gerakan-gerakan sedimen tersebut bisa menggelundung, menggeser, atau bahkan bisa mendorong sedimen yang satu dengan lainnya.
- 3) *Saltation* yang dalam bahasa latin artinya meloncat umumnya terjadi pada sedimen berukuran pasir dimana aliran fluida yang ada mampu menghisap dan mengangkut sedimen pasir sampai akhirnya karena gaya gravitasi yang ada mampu mengembalikan sedimen pasir tersebut ke dasar.



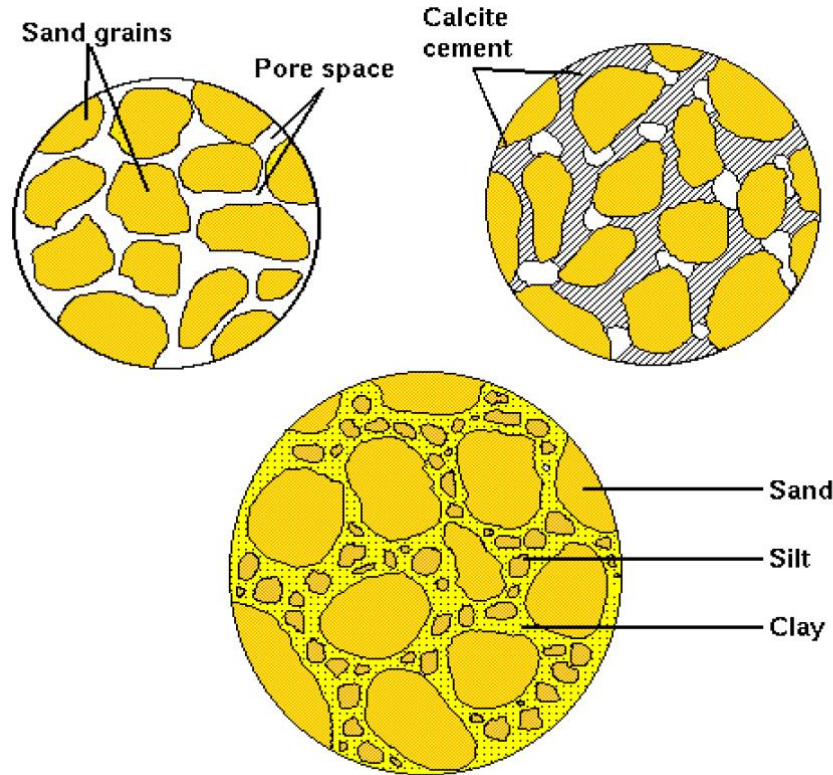
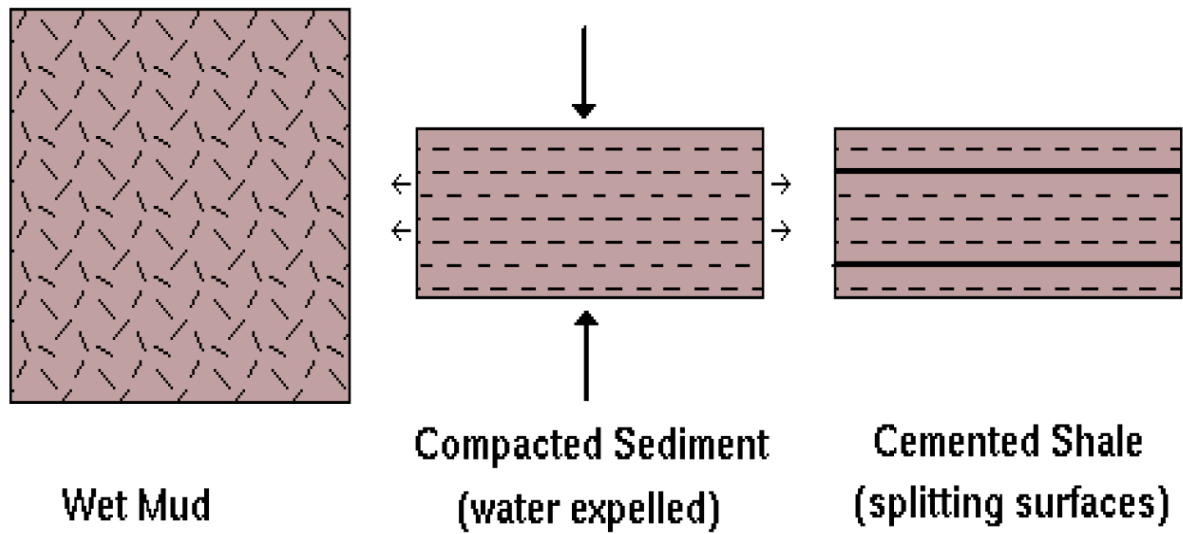
Aliran permukaan (Surface runoff)

Aliran yang mengalir didaratan dapat mengerosi partikel-partikel tanah dan mengangkutnya kebagian bawah lereng.

- 1) Erosi "*rainsplash*" akan terjadi sebagai dampak awal dari jatuhnya butiran-butiran air hujan yang mengenai permukaan tanah.
- 2) Erosi berlembar "*sheet erosion*" akan terjadi apabila air mengalir di daratan dan secara langsung juga berperan sebagai pembawa sedimen tetapi aliran ini tidak akan membentuk "gullies".
- 3) Erosi "*gully*" akan terjadi apabila aliran yang membawa material sedimen mengalir dalam suatu saluran.

Diagenesa

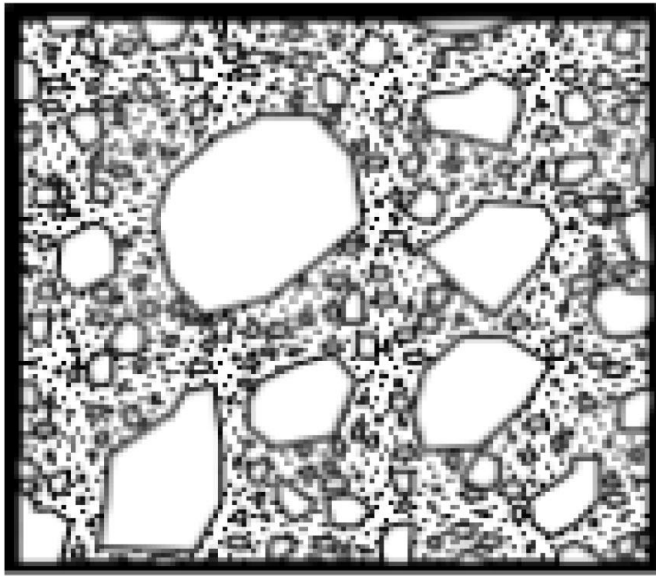
- Diagenesa adalah proses perubahan yang terjadi setelah sedimen diendapkan. Proses ini melibatkan semua perubahan selama dan setelah pembentukan menjadi suatu batuan dan proses pembentukan batuan dari sedimen dikenal sebagai litifikasi/pembatuan. Diagenesa terjadi melalui proses kompaksi, sementasi, rekristalisasi dan perubahan kimiawi dari sedimen. Kompaksi terjadi sebagai akibat berat sedimen yang terakumulasi dan butiran-butiran mineral secara bersamaan. Kompaksi akan mengurangi ruang pori dan menghilangkan kandungan air yang terdapat didalamnya.



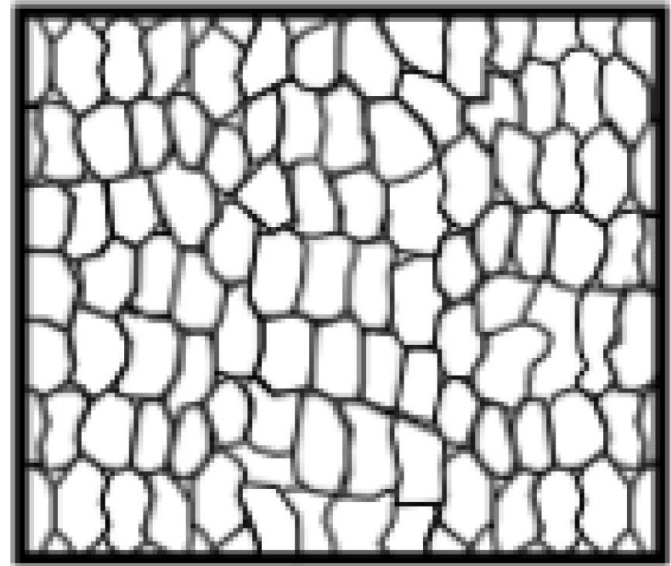
Tekstur Batuan Sedimen

- a) Besar Butir (Grain Size) adalah ukuran butir dari material penyusun batuan sedimen diukur berdasarkan klasifikasi Wenworth.
- b) Bentuk butir (Grain shape) pada sedimen klastik dibagi menjadi: Rounded (Membundar), Sub-rounded (Membundar-tanggung), Sub-angular (Menyudut-tanggung), dan Angular (Menyudut).
- c) Kemas (Fabric) adalah hubungan antara masa dasar dengan fragmen batuan / mineralnya. Kemas Terbuka, yaitu hubungan antara masa dasar dan fragmen butiran yang kontras sehingga terlihat fragmen butiran mengambang diatas masa dasar batuan. Kemas tertutup, yaitu hubungan antar fragmen butiran yang relatif seragam, sehingga menyebabkan masa dasar tidak terlihat).

- e) Pemilahan (sorting) adalah keseragaman ukuran butir dari fragmen penyusun batuan. Pemilahan adalah tingkat keseragaman ukuran butir. Ukuran butir yang lebih berat/besar akan terendapkan lebih dulu
- f) e. Sementasi adalah bahan pengikat antar butir dari fragmen penyusun batuan. Macam dari bahan semen pada batuan sedimen klastik adalah : karbonat, silika, dan oksida besi.
- g) f. Kesarangan (Porosity) adalah ruang yang terdapat diantara fragmen butiran yang ada pada batuan. Jenis porositas pada batuan sedimen adalah Porositas Baik, Porositas Sedang, Porositas Buruk.
- h) g. Kelulusan (Permeability) adalah sifat yang dimiliki oleh batuan untuk dapat meloloskan air. Jenis permeabilitas pada batuan sedimen adalah permeabilitas baik, permeabilitas sedang, permeabilitas buruk.



Pemilahan Buruk



Pemilahan Baik



Pemilahan Buruk



Pemilahan Baik

Batuan Sedimen Klastik

SKALA WENWORTH		
Ukuran Butir	Nama (Inggris)	Nama (Indonesia)
>256	Boulder	Bongkah
64 – 256	Cobble	Kerakal
4 – 64	Pebble	Kerikil
2 - 4	Granule	Pasir kasar
1/16 – 2	Sand	Pasir
1/256 – 1/16	Silt	Lanau
1/256 <	Clay	Lempung

BATUAN SEDIMEN KLASTIK			
Tekstur	Ukuran Butir	Komposisi	Nama Batuan
Klastik	Gravel > 2 mm	Fragmen batuan membundar	Konglomerat
		Fragmen batuan menyudut	Breksi
	1/16 - 2 mm	Mineral kuarsa dominan	Batupasir Kuarsa
		Kuarsa dan felspar	Batupasir Arkose
		Kuarsa, felspar, lempung dan fragmen batuan	Batupasir Graywacke
	< 1/256 mm	Laminasi	Serpih
		masif	Lempung



Batupasir



Konglomerat



Batugamping



Batulempung

Batuan Sedimen Non Klastik

- Batuan sedimen non-klastik adalah batuan sedimen yang terbentuk dari proses kimiawi maupun organik. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah sedimen evaporit (evaporites), karbonat (carbonates), batugamping dan dolomit (limestones and dolostone), serta batuan bersilika (siliceous rocks), rijang (chert).

Klasifikasi Batuan Non-Klastik

BATUAN SEDIMEN NON-KLASTIK			
Kelompok	Tekstur	Komposisi	Nama Batuan
Evaporite	Non Klastik	Halite, NaCl	Batu garam
	Non Klastik	Gypsum, CaSO ₄ -2H ₂ O	Batu Gypsum
	Non Klastik	CaCO ₃	Travertine
Karbonat	Klastik/Non-klastik	Calcite, CaCO ₃	Batugamping Klastik
	Klastik/Non-klastik	Dolomite, CaMg(CO ₃) ₂	Dolomite
	Klastik/Non-klastik	Calcite, CaCO ₃	Batugamping Terumbu
Silika	Non-klastik	Mikrokristalin quartz, SiO ₂	Rijang (Chert)
	Non Klastik	Plantonik Diatomaceous Earth	Diatomite
Organik	Non Klastik	Material Organik	Batubara

Batuan Sedimen Evaporit

Batuan evaporit atau sedimen evaporit terbentuk sebagai hasil proses penguapan (evaporation) air laut.

- 1) Batugaram (Rock salt) yang berupa halite (NaCl).
- 2) Batuan gipsum (Rock gypsum) yang berupa gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- 3) Travertine yang terdiri dari calcium carbonate (CaCO_3), merupakan batuan karbonat. Batuan travertin umumnya terbentuk dalam gua batugamping dan juga di kawasan air panas (hot springs).

Batuan Sedimen Karbonat

Batuan sedimen karbonat terbentuk dari hasil proses kimiawi, dan juga proses biokimia. Kelompok batuan karbonat antara lain adalah batugamping dan dolomit.

- 1) Mineral utama pembentuk batuan karbonat adalah:
 - a) Kalsit (Calcite) (CaCO_3)
 - b) Dolomit (Dolomite) ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

2) Nama-nama batuan karbonat:

- a) Mikrit (*Micrite*) (microcrystalline limestone), berbutir sangat halus, mempunyai warna kelabu cerah hingga gelap, tersusun dari lumpur karbonat (lime mud) yang juga dikenali sebagai calcilutite.
- b) Batugamping oolitik (*Oolitic limestone*) batugamping yang komponen utamanya terdiri dari bahan atau allokem oolit yang berbentuk bulat
- c) Batugamping berfosil (*Fossiliferous limestone*) merupakan batuan karbonat hasil dari proses biokimia. Fosil yang terdiri dari bahan / mineral kalsit atau dolomit merupakan bahan utama yang membentuk batuan ini.
- d) Kokina (*Coquina*) cangkang fosil yang tersimen
- e) *Chalk* terdiri dari kumpulan organisme *planktonic* seperti *coccolithophores*; *fizzes readily in acid*
- f) Batugamping kristalin (*Crystalline limestone*)
- g) *Travertine* terbentuk dalam gua batugamping dan di daerah air panas hasil dari proses kimia
- h) Batugamping intraklastik (*intraclastic limestone*), *pelleted limestone*

Batuan Sedimen Silika

Batuan sedimen silika tersusun dari mineral silika (SiO_2).

- a) *Diatomite*, terlihat seperti kapur (*chalk*), tetapi tidak bereaksi dengan asam. Berasal dari organisme *planktonic* yang dikenal dengan diatoms (*Diatomaceous Earth*).
- b) Rijang (*Chert*), merupakan batuan yang sangat keras dan tahan terhadap proses lelehan, masif atau berlapis, terdiri dari mineral kuarsa mikrokristalin, berwarna cerah hingga gelap. Rijang dapat terbentuk dari hasil proses biologi (kelompok organisme bersilika, atau dapat juga dari proses diagenesis batuan karbonat).

Batuan Sedimen Organik

- Endapan organik terdiri daripada kumpulan material organik yang akhirnya mengeras menjadi batu. Contoh yang paling baik adalah batubara. Serpihan daun dan batang tumbuhan yang tebal dalam suatu cekungan (biasanya dikaitkan dengan lingkungan daratan), apabila mengalami tekanan yang tinggi akan termampatkan, dan akhirnya berubah menjadi bahan hidrokarbon batubara.

3. Batuan Metamorf

- Kata “metamorfosa” berasal dari bahasa Yunani, yaitu “metamorphism” dimana “meta” yang artinya “berubah” dan “morph” yang artinya “bentuk”. Dengan demikian pengertian “metamorfosa” dalam geologi adalah merujuk pada perubahan dari kelompok mineral dan tekstur batuan yang terjadi dalam suatu batuan yang mengalami tekanan dan temperatur yang berbeda dengan tekanan dan temperatur saat batuan tersebut pertama kalinya terbentuk.

- “Diagenesa” juga mengandung arti perubahan yang terjadi pada batuan sedimen. Hanya saja proses diagenesa terjadi pada temperatur dibawah 200°C dan tekanan dibawah 300 MPa (MPa = Mega Pascal) atau setara dengan tekanan sebesar 3000 atmosfer, sedangkan “metamorfosa” terjadi pada temperatur dan tekanan diatas “diagenesa”. Batuan yang dapat mengalami tekanan dan temperatur diatas 300 Mpa dan 200°C umumnya berada pada kedalaman tertentu dan biasanya berasosiasi dengan proses tektonik, terutama di daerah tumbukan lempeng atau zona subduksi.
- Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk dari batuan asal (batuan beku, sedimen, metamorf) yang mengalami perubahan temperatur(T), tekanan (P), atau Temperatur (T) dan Tekanan (P) secara bersamaan yang berakibat pada pembentukan mineral-mineral baru dan tekstur batuan yang baru.

Tipe Metamorfosa

- 1. Metamorfosa Kataklastik adalah metamorfosa yang diakibatkan oleh deformasi mekanis, seperti yang terjadi pada dua blok batuan yang mengalami pergeseran satu dan lainnya disepanjang suatu zona sesar / patahan. biasanya menyebarkan terbatas hanya disepanjang zona sesar.
- 2. Metamorfosa Burial adalah metamorfosa yang terjadi apabila batuan sedimen yang berada pada kedalaman tertentu dengan temperaturnya diatas 300° C serta absennya tekanan diferensial. umumnya saling overlap dengan diagenesa dan akan berubah menjadi metamorfosa regional seiring dengan meningkatnya tekanan dan temperatur.

- 3. Metamorfosa Kontak adalah metamorfosa yang terjadi didekat intrusi batuan beku dan merupakan hasil dari kenaikan temperatur yang tinggi dan berhubungan dengan intrusi batuan beku. batuan yang dihasilkan seringkali batuan berbutir halus tanpa foliasi dan dikenal sebagai hornfels.
- 4. Metamorfosa Regional adalah metamorfosa yang terjadi pada wilayah yang sangat luas dimana tingkat deformasi yang tinggi dibawah tekanan diferensial. Metamorfosa jenis ini biasanya akan menghasilkan batuan metamorf dengan tingkat foliasi yang sangat kuat, seperti Slate, Schists, dan Gneisses. Tekanan diferensial berasal dari gaya tektonik yang berakibat batuan mengalami tekanan (kompresi), dan tekanan ini umumnya berasal dari dua masa benua yang saling bertumbukan satu dengan lainnya.

Derajat Metamorfosa

- 1) Metamorfosa derajat rendah terjadi pada temperatur antara 200° – 320° C dan tekanan yang relatif rendah. Batuan metamorf derajat rendah dicirikan oleh berlimpahnya mineral-mineral hydrous, yaitu mineral-mineral yang mengandung air (H_2O) didalam struktur kristalnya). Contoh dari mineral-mineral hydrous yang terdapat pada batuan-batuan metamorf derajat rendah:
 - a) Mineral Lempung
 - b) Serpentine
 - c) Chlorite

- 2) Metamorfosa derajat tinggi terjadi pada temperatur lebih besar dari 320°C dan tekanan yang relatif tinggi. Seiring dengan meningkatnya derajat metamorfosa, maka mineral-mineral hydrous akan semakin kurang hydrous dikarenakan hilangnya unsur H_2O dan mineral-mineral non-hydrous menjadi bertambah banyak. Contoh mineral-mineral yang kurang hydrous dan mineral-mineral non-hydrous yang mencirikan batuan metamorfosa derajat tinggi adalah:
- a) Muscovite - mineral hydrous yang akan menghilang pada metamorfosa derajat tinggi
 - b) Biotite - mineral hydrous yang stabil pada meskipun pada metamorfosa derajat tinggi sekalipun.
 - c) Pyroxene - mineral non-hydrous
 - d) Garnet - mineral non-hydrous

Faktor Faktor Pengendali Metamorfosa

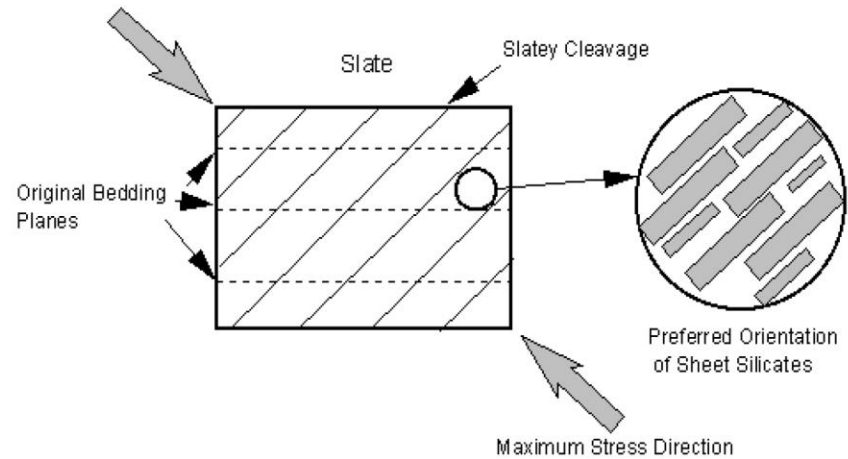
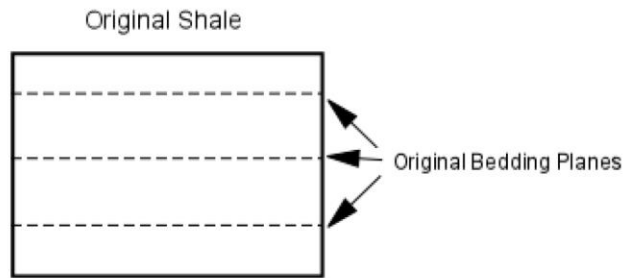
- 1. Temperatur
- 2. Tekanan
- 3. Fasa Fluida (larutan fluida yang paling dominan adalah H₂O yang berfungsi sebagai pembawa ion-ion terlarut)
- 4. Waktu

Respon Batuan Terhadap Meningkatnya Derajat Metamorfosa

- Pada dasarnya suatu batuan yang mengalami proses metamorfosa akan mengakibatkan struktur batuan juga berubah. Sebagai contoh batu serpih yang terkena metamorfosa akan berubah menjadi slate dan struktur batumannya juga akan berubah dari kondisi awalnya.

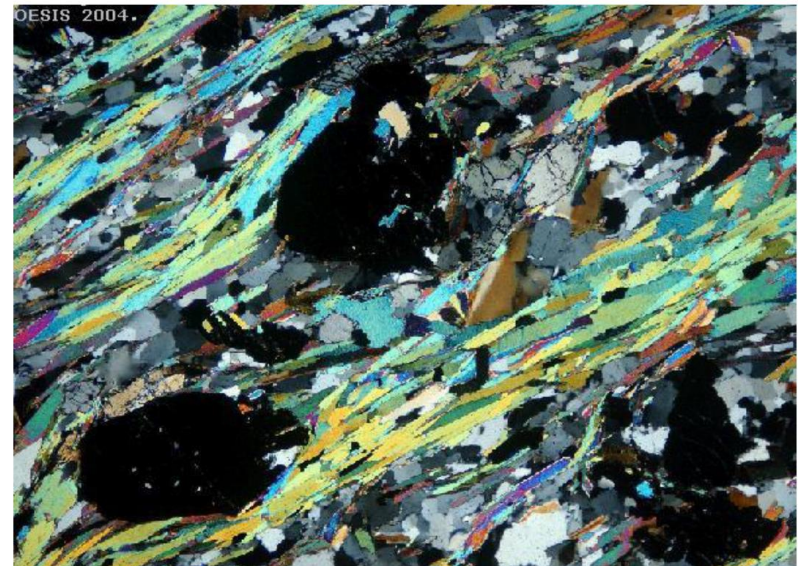
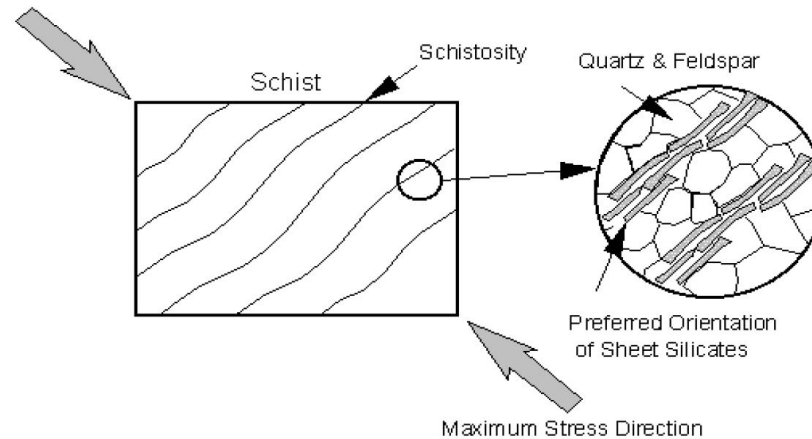
- Slate adalah bentuk batuan metamorf derajat rendah yang tersusun dari hasil pertumbuhan mineral-mineral lempung dan chlorite berbutir halus. Orientasi utama dari lembaran mineral-mineral silikat yang menyebabkan batuan mudah pecah melalui bidang yang sejajar dengan lembaran mineral silikat dan dikenal dengan struktur “slatey cleavage”. Pada gambar 3.30 diperlihatkan bahwa tekanan maksimum yang membentuk sudut dengan bidang perlapisan asli dari batu serpih sehingga slatey cleavage akan berkembang pada arah yang tegak lurus dengan tekanan maksimumnya.

Batu Sabak (Slate) (kiri) dan sayatan tipis batusabak yang memperlihatkan tekstur “Slaty Cleavage” yang terbentuk dari adanya orientasi lembaran mineral mineral silikat akibat Tekanan Diferensial



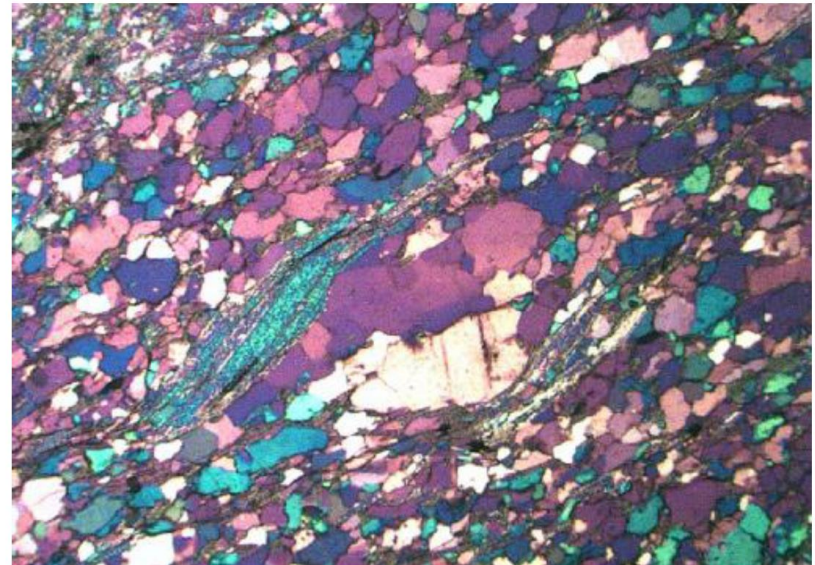
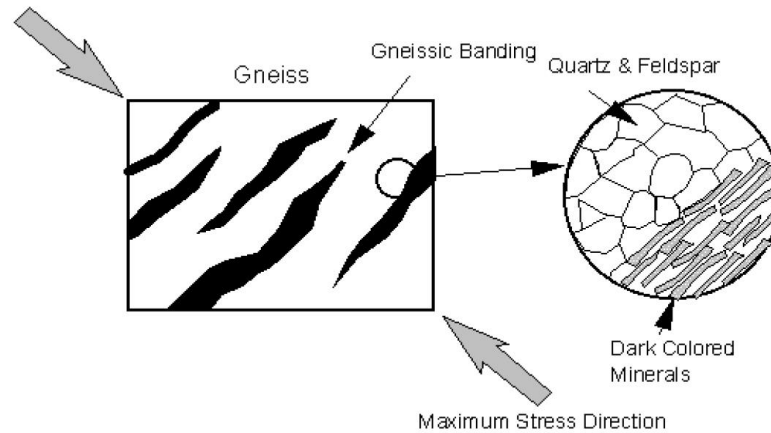
- Schist – Ukuran dari butiran-butiran mineral cenderung akan menjadi besar dengan meningkatnya derajat metamorfosa. Meskipun batuan tersebut berkembang dekat dengan bidang foliasinya yang menyebabkan orientasi lembaran-lembaran silikat (terutama biotite dan muscovite), walaupun butiran-butiran Feldspar dan Kuarsa tidak memperlihatkan arah orientasi. Ketidakteraturan bidang foliasi pada tahap ini disebut dengan “schistosity”.

Batuan Schist (kiri) dan sayatan tipis batuan Schist yang memperlihatkan tekstur “schistosity” dengan orientasi mineral mineral silikat (biotite dan muscovit) yang berarah tegak lurus dengan tekanan diferensial maksimalnya (kanan).



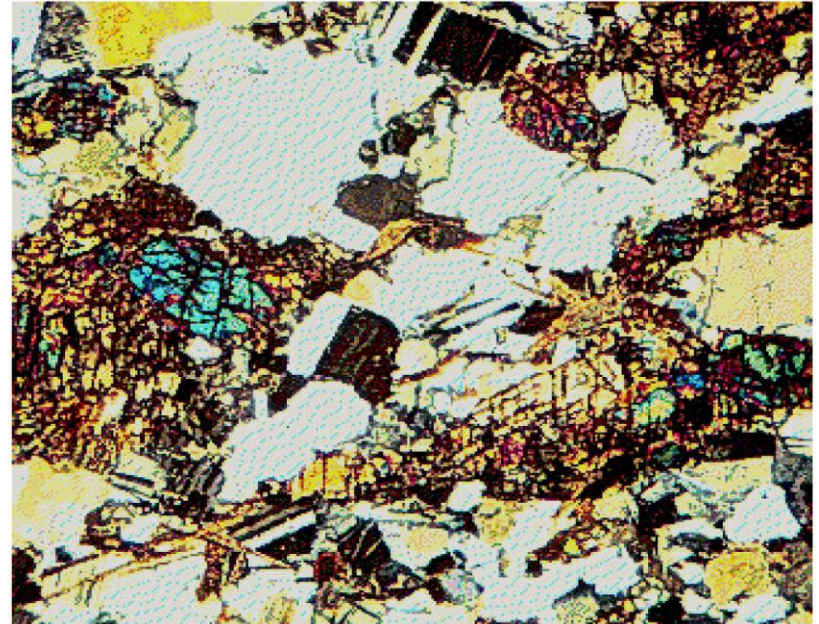
- Gneiss – Seiring dengan naiknya derajat metamorfosa maka lembaran-lembaran dari mineral silikat menjadi tidak stabil dan mineral-mineral berwarna gelap seperti hornblende dan pyroxene mulai tumbuh. Mineral-mineral berwarna gelap ini cenderung akan memisahkan diri dalam kelompok yang jelas di dalam batuan yang disebut dengan “Gneissic Banding”.

Batuan Gneiss (kiri) dan sayatan tipis batuan Gneiss yang memperlihatkan tekstur “Gneissic Banding” antara mineral mineral berwarna gelap dengan Feldspar dan Kuarsa (kanan). Arah orientasi gneissic banding tegak lurus dengan tekanan diferensial maksimalnya.



- Granulite – Pada metamorfosa derajat yang paling tinggi seluruh mineral-mineral hydrous dan lembaran mineral silikat menjadi tidak stabil dan hanya beberapa mineral hadir yang memperlihatkan orientasi. Batuan yang dihasilkan dari proses metamorfosa derajat tinggi akan memiliki tekstur granulitic yang mirip dengan tekstur phaneric dalam batuan beku.

Sampel Batuan Metamorf “Granulite” (kiri) dan Sayatan tipis tekstur “Porphyroblastic” pada batuan Granulite (kanan)



Perubahan Tekstur Batuan Terhadap Metamorfosa

- 1) Meningkatnya ukuran besar butir. Selama proses progresive metamorfosa atau pada derajat metamorfosa tertentu dalam perioda waktu yang cukup lama, mineral-mineral cenderung akan bertambah besar ukurannya.
- 2) Foliasi. Dengan semakin meningkatnya pembentukan mineral pipih (slaty) maka mineral-mineral ini akan berorientasi dan mengarah kearah tegak lurus dari arah tekanan maksimal. Mineral mineral lempung dan mica halus akan membentuk tekstur slaty cleavage. Pada batuan yang berderajat leih tinggi, butiran butiran mineral mica akan membentuk tekstur sekistositi.
- 3) Gneissic Banding. Pada batuan berderajat tinggi, mineral-mineral Mg-Fe (biotite, amphibole, pyroxene, sillimanite) cenderung akan memisahkan diri dari mineral-mineral yang berwarna lebih terang (feldspar dan kuarsa) menghasilkan tekstur Banding pada batuan.
- 4) Tekstur Porphyroblastic. Ketika beberapa mineral-mineral metamorf baru mulai terbentuk, dimana pertumbuhannya membentuk bentuk kristal yang sempurna yang berada diantara matriknya. Kristal tersebut dinamakan sebagai porphyroblasts dan umumnya dijumpai sebagai mineral garnet, sillimanite, dan alkali feldspar.
- 5) Tekstur Granoblastik. Tektur ini terbentuk pada metamorfosa kontak yang mengalami kenaikan temperatur yang cukup lama, batuan akan berkembang dengan tekstur yang sangat granular. Batuan ini dikenal dengan Hornfels.

Berbagai jenis foliasi yang terdapat pada batuan metamorf.



Struktur Phylitic



Struktur Slaty



Struktur Schistosity



Struktur Schistosity



Struktur Gneissic



Amphibolite



Ganulite

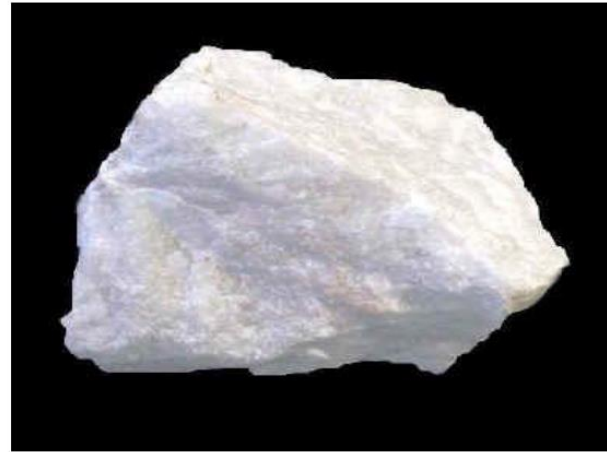


Eclogite

Berbagai jenis batuan metamorf.



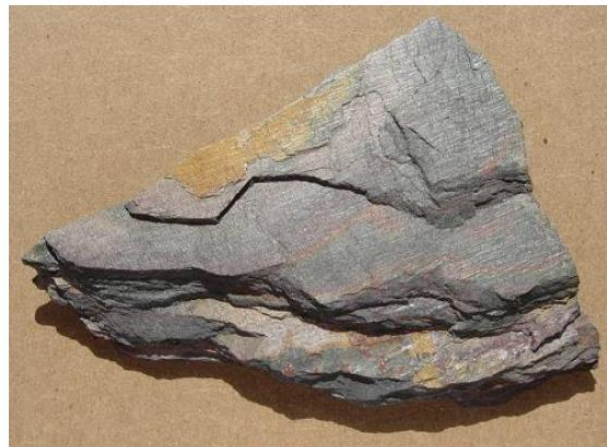
Quartzite



Marble



Phyllite



Slate



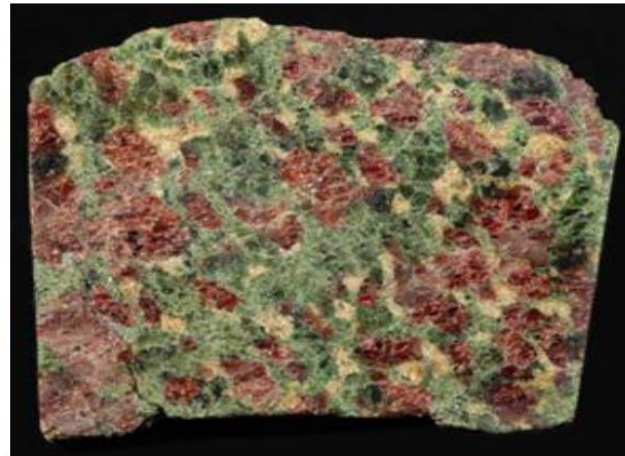
Schist



Gneiss



Amphibolite

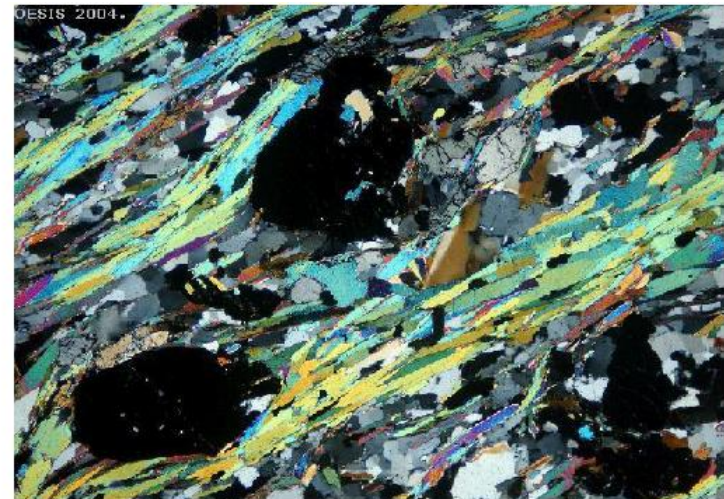


Eclogite

Berbagai jenis sayatan tipis batuan metamorf



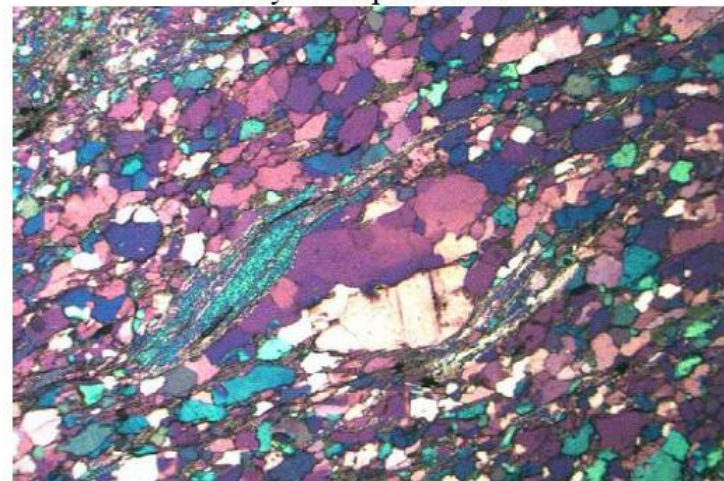
Schist



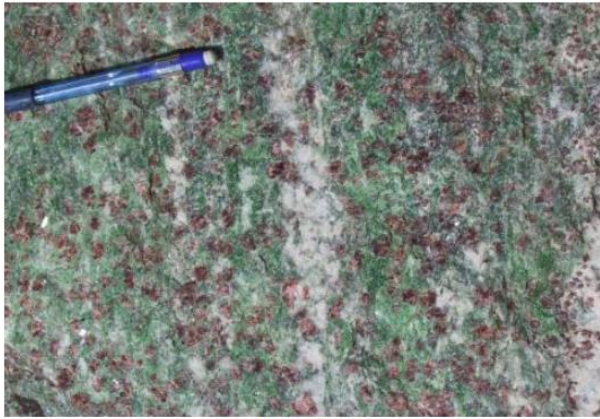
Sayatan tipis Schist



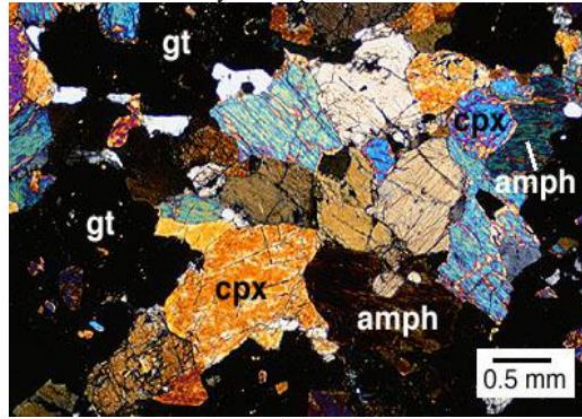
Gneiss



Sayatan tipis Gneiss



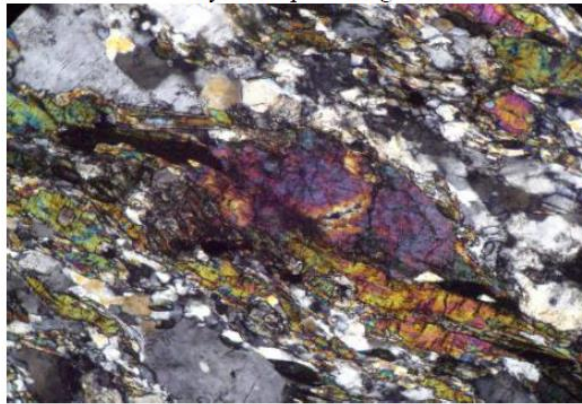
Eclogite



Sayatan tipis Eclogite



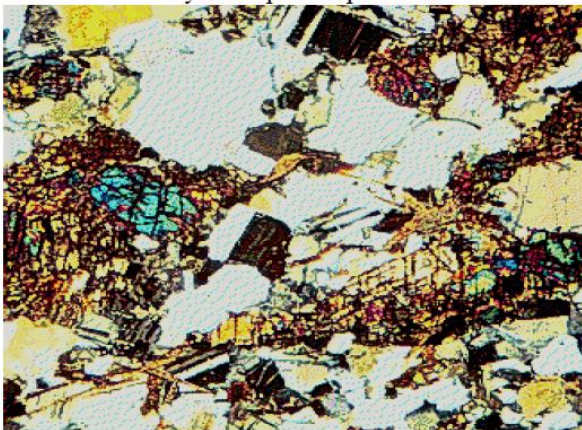
Amphibolite



Sayatan tipis Amphibolite



Granulite



Sayatan tipis Granulite