

## BAB VII

# Batuan Metamorfosa



Gambar 7.1. Quarzite hasil dari perubahan suhu pada proses metamorfosa

### 7.1. Pendahuluan

Batuan metamorfosis atau metamorfosa atau metamorf (metamorphic rock) membentuk sebagian besar kerak bumi dan membentuk 12% luas permukaan bumi. Batuan ini diklasifikasikan berdasarkan tekstur, kandungan kimia dan mineral. Batuan ini mungkin terbentuk berada jauh di bawah permukaan bumi, mengalami suhu tinggi dan tekanan besar oleh lapisan batu di atasnya. Batuan ini juga dapat terbentuk dari proses tektonik seperti benturan kontinental, yang menyebabkan tekanan horisontal, gesekan dan distorsi. Batuan metamorf juga terbentuk saat batuan dipanaskan oleh intrusi batuan cair panas yang disebut magma yang berasal dari interior bumi. Studi tentang batuan metamorf yang tersingkap / terpapar di permukaan bumi memberikan informasi tentang suhu dan tekanan yang terjadi pada kedalaman yang dalam di dalam kerak bumi. Beberapa contoh batuan metamorf adalah gneiss, slate, marmer, schist, dan kuarsit. Gambar 7.1 adalah contoh batuan metamorfosa dari jenis kuarsit.

Metamorfosis adalah himpunan proses dimana batuan mengalami perubahan mineralogi, tekstur, atau keduanya untuk mencapai ekuilibrium (keseimbangan) dengan lingkungannya pada kondisi solid/padat.

Istilah metamorphism berasal dari bahasa Yunani "meta" yang berarti "berubah" dan "morph" yang berarti "bentuk".

Dapat di simpulkan bahwa batuan metamorfosa adalah transisi satu batu ke yang lain oleh suhu dan atau tekanan dan membentuk batuan baru. Batuan metamorfik dihasilkan dari

(batuan induk): Batuan beku, Batuan sedimen atau Batu metamorf lainnya

### 7.2. Agen Metamorfosa

Agen utama atau penyebab metamorfosis adalah perubahan suhu, tekanan, dan kandungan kimia. Perubahan terjadi pada batuan padat. Perubahan ini terjadi untuk mengembalikan keseimbangan ke bebatuan yang terkena lingkungan yang berbeda dengan lingkungan yang semula terbentuk.

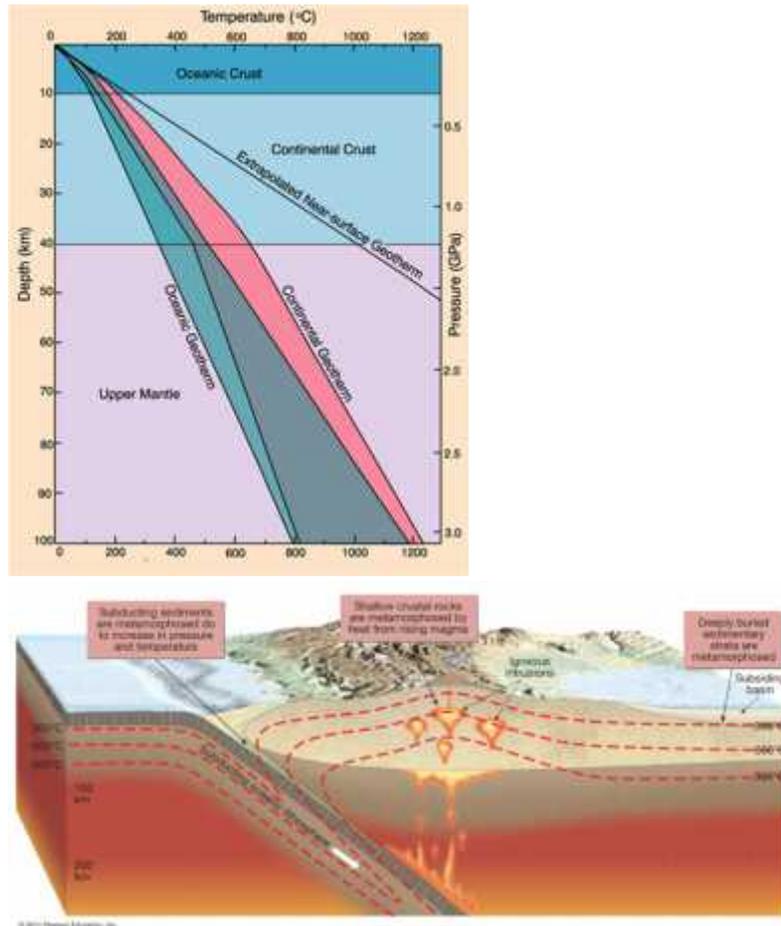
#### Suhu

Suhu merupakan agen utama pada proses metamorfik yang paling penting. Meningkatnya suhu bisa disebabkan oleh penguburan (tekanan batuan yang berada di atasnya atau gradien panas bumi) atau karena intrusi magma.

Keseimbangan suhu meningkat dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 7.2). Seiring dengan meningkatnya suhu batuan, mineral mulai berubah dari keadaan padat ke keadaan cair, dan reaktivitas pori-pori fluida di batuan meningkat.

Namun, dibawah 200°C, sebagian besar mineral akan tetap tidak berubah. Pada kondisi suhu yang lebih rendah dari ini, perubahan pada batuan terjadi melalui pelapukan (di permukaan) atau diagenesis (selama penguburan).

Jika suhu naik sampai 650°C, kisi kristal pecah dan bereaksi dengan menggunakan kombinasi yang berbeda dari ion yang sama dan struktur atom yang berbeda. Mineral baru akan mulai muncul. Jika suhu lebih tinggi dari 700°C maka batu akan menjadi magma. Mineral yang berbeda akan memerlukan suhu yang berada untuk mencapai kesetimbangannya.



Gambar 7.2. Gradient geothermal untuk berbagai kondisi

Selain suhu akibat penambahan tekanan diatas batuan tersebut, peningkatan suhu juga dapat diperoleh dari intrusi magma. Batuan disekitar intrusi magma akan mendapat suhu yang sangat tinggi, namun masih kurang dari 700°C. Semakin jauh dari sumber intrusi magma, maka suhu semakin menurun.

### Tekanan

Ada dua jenis tekanan yang penting sebagai agen metamorfosis: Tekanan beban atau confining pressure (atau tekanan seragam atau tekanan pengikat atau tekanan litostatik).



Tekanan ini seragam bekerja ke segala arah, disebabkan oleh berat batuan di atasnya karena bertambahnya kedalaman batuan tersebut (Gambar 7.3. atas).

Bobot tekanan batuan di atas sebuah batuan bisa diperoleh dengan = densitas ( $\text{kg} / \text{m}^3$ ) x konstanta gravitasi ( $\text{m} / \text{s}^2$ ) x kedalaman ( $\text{m}$ ). Satuan dari tekanan adalah Pascal (Newton /  $\text{m}^2$ ).

Kenaikan tekanan adalah diperkirakan sekitar 25 sampai 30 MPa per kilometer tergantung kepadatan bebatuan yang berada di atasnya.

Tekanan beban khas pada kedalaman 35 kilometer adalah sekitar 1000 MPa.

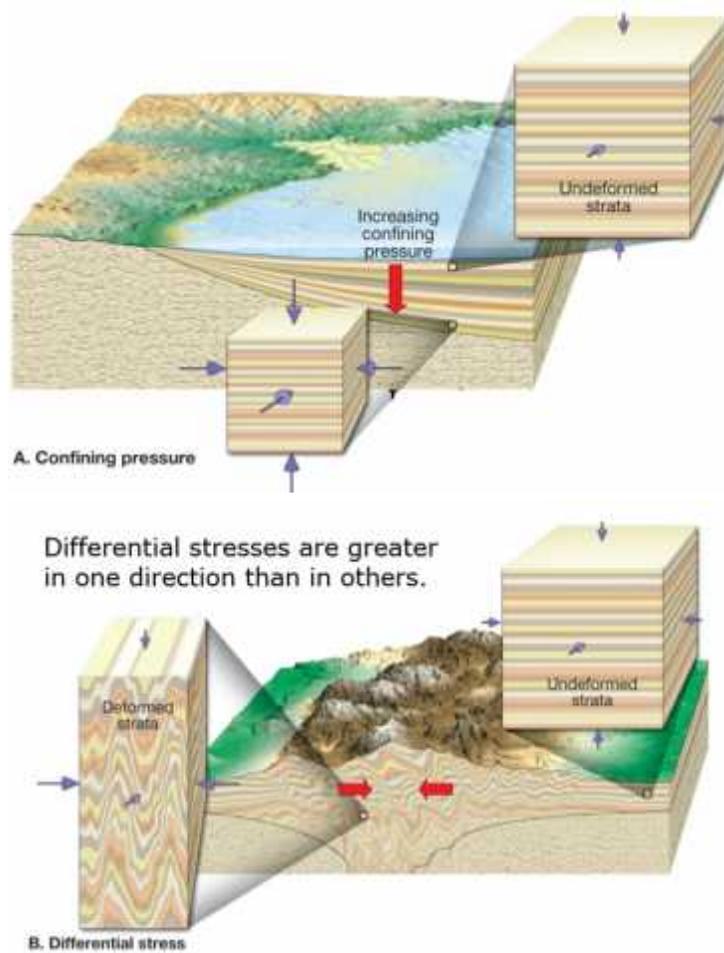
Tekanan yang diarahkan (Directed Pressure/Differential Stress) atau tekanan geser atau tegangan diferensial.

Tekanan ini tidak seragam, tidak sama di semua arah, dan disebabkan oleh kekuatan tektonik. Kekuatan tersebut menyebabkan perkembangan struktur utama seperti lipatan dan patahan, serta dapat bertindak sebagai agen metamorf.

Jumlah tekanan yang diarahkan tidak terkait dengan kedalaman posisi batuan. Pada Gambar 7.3 bawah terlihat tekanan yang tidak sama rata untuk kesemua arah.

Tekanan yang diarahkan pada umumnya menyebabkan perataan butir mineral dan perkembangan mineral platy (terutama mikas) tumbuh sejajar dengan sedikit tekanan.

Penyelarasan berbagai mineral mika akan menghasilkan foliasi.



Gambar 7.3. Directed / Confining Pressure dan Differential Stress

### Cairan Kimia Aktif

Air dan karbon dioksida sering ditemukan dalam jumlah kecil di sekeliling kristal mineral atau di ruang pori batuan. Ruang pori ini dipenuhi cairan berair, yang dikenal sebagai cairan intergranular, bisa berupa cairan, atau pada suhu tinggi bisa berupa uap. Cairan sebagian besar air, tetapi juga mengandung garam dan volatil dan unsur lainnya

Cairan intergranular biasanya kaya akan air, meskipun karbon dioksida mungkin merupakan komponen penting, terutama

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



pada batuan yang mengandung karbonat (seperti batu gamping).

Bila dicampur, cairan yang dihasilkan meningkatkan metamorfosis dengan melarutkan ion dan dengan menyebabkan reaksi kimia.

Biasanya, produk akhir dari proses ini adalah penciptaan mineral baru dengan substitusi, pemindahan, atau penambahan ion kimia. Terkadang cairan juga bisa meresap dari magma yang berdekatan

Cairan intergranular berperan penting selama metamorphosis yaitu sebagai:

Reaksi pada batuan kering sangat lamban dan sedikit perubahan terjadi. Cairan bertindak sebagai katalis, mereka mempercepat reaksi mineralogi yang lambat.

Batuan kering adalah konduktor panas yang buruk. Cairan mentransfer panas dari sumber panas seperti pendinginan pluton ke batuan yang lebih dingin yang mendorong pertumbuhan mineral baru.

Pengangkutan atom melalui bahan padat melalui difusi adalah proses yang sangat lambat. Cairan mengangkut padatan terlarut ke dan dari massa batuan dan karenanya sangat berperan dalam pembentukan mineral baru.

### 7.3. Perubahan pada Proses Metamorfosa

Proses Metamorfosa melibatkan tiga jenis perubahan yang diakibatkannya:

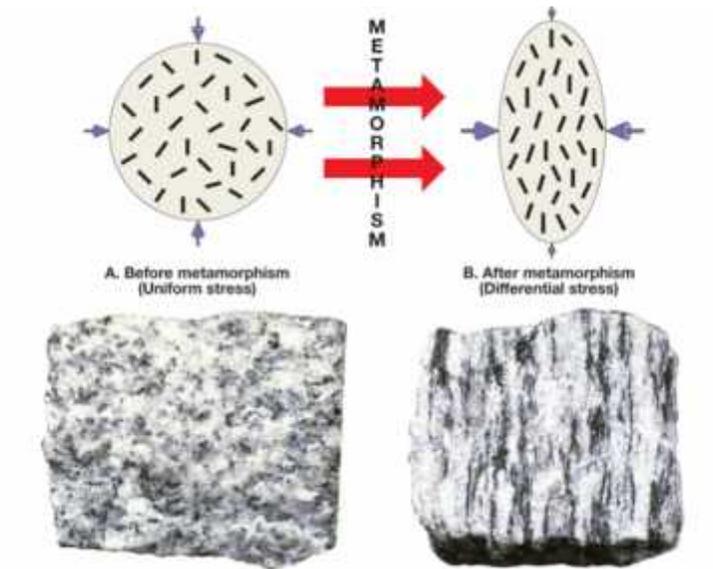
Perubahan tekstur

Pemanasan dan tekanan yang meningkat akan mengubah tekstur batuan (ukuran butiran dan bentuknya). Umumnya, kenaikan suhu menyebabkan terbentuknya butiran mineral yang lebih besar (Gambar 7.4).



Gambar 7.4. Perubahan ukuran butiran menjadi lebih besar.

Di bawah tekanan yang diarahkan, butiran batuan bisa menjadi rata, terdistorsi dan cacat (Gambar 7.5). Tekanan yang diarahkan akan menghasilkan pembentukan mineral dengan orientasi yang sesuai dengan arah tekanan. Secara alami mineral platy (biotite, muskovit, klorit) dan mineral alami yang memanjang (amphiboles, sillimanite) akan mengembang dan sejajar yang memberi bentuk tekstur batu yang berbeda. Foliasi adalah tekstur planar yang dihasilkan oleh kesejajaran butir mineral yang rata dan melebar. Lineasi adalah tekstur linier yang dihasilkan oleh pelurusan butir mineral yang memanjang. Belahan ramping adalah jenis foliasi yang ditemukan pada batuan halus.



Gambar 7.5. Perubahan orientasi mineral akibat adanya tekanan

### Perubahan mineralogi

Selama pemanasan dan di bawah tekanan, mineral akan pecah dan bereaksi satu sama lain dan membentuk mineral yang sifatnya lebih baru. Mineral baru dapat tumbuh menjadi kristal besar yang dikelilingi oleh matriks mineral mineral lainnya yang sangat halus. Bentuk porfiroid ini terbentuk dalam keadaan padat dari bahan kimia batuan, dan tumbuh dengan mengorbankan matriks yang mengelilinginya.

Porphyroblas terlihat seperti fenokrin, kristal besar di batuan beku yang didominasi mineral halus, namun hubungan teksturnya berlawanan.

Porphyroblasts tumbuh setelah matriks batuan utama terbentuk, sedangkan fenokrif terbentuk terlebih dahulu, setelah itu matriks mengkristal di sekelilingnya.

### Perubahan kimia

Cairan intergranular mampu mengangkut material dari dan ke batu. Juga difusi ion melalui cairan dan mineral bisa terjadi. Jika tidak ada perubahan kimia sama sekali selama metamorfosis, prosesnya adalah metamorfosis isokimia.

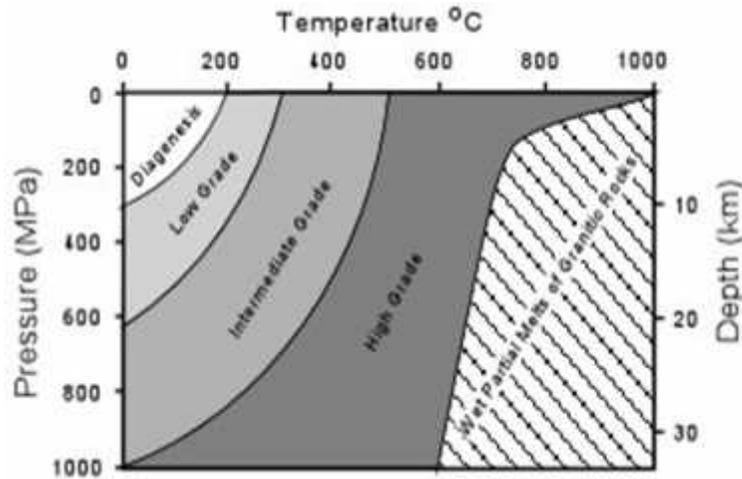
Namun, dalam kebanyakan kasus, metamorphosis akan menyebabkan hilangnya air atau karbon dioksida. Jika sudah ada beberapa penambahan atau perubahan komponen kimia, prosesnya disebut metasomatisme.

### 7.4. Tingkat Metamorfosa (Grade)

Seiring perubahan suhu dan atau tekanan meningkat pada tubuh batu, maka batuan tersebut mengalami metamorfosis prograde atau tingkat metamorfosisnya meningkat.

Metamorfik adalah istilah umum untuk menggambarkan suhu dan kondisi tekanan relatif dimana batuan metamorf terbentuk. Metamorfosis tingkat rendah (Low grade metamorphism) terjadi pada suhu antara sekitar 200<sup>o</sup> sampai 320<sup>o</sup>C, dan tekanannya relatif rendah. Batu metamorfosa ini umumnya ditandai oleh banyaknya mineral hidrous. Dengan meningkatnya kadar metamorfosis, mineral hidrous mulai bereaksi dengan mineral lain dan atau memecah menjadi sedikit mineral hidrous. Metamorfosis tingkat tinggi (High-grade metamorphism) terjadi pada suhu besar dari 520<sup>o</sup> C dan dengan tekanan yang relative lebih besar. Dengan meningkatnya proses metamorfosa ini, mineral hydrous akan bersifat kurang hydrous dengan kehilangan H<sub>2</sub>O, dan mineral non hydrous menjadi lebih banyak pada batuan ini.

Gambar 7.6 adalah grafik hubungan grade metamorfosa dengan kedalaman (tekanan) dan juga suhu. Terlihat dengan adanya peningkatan suhu, grade juga meningkat, demikian juga dengan adanya peningkatan tekanan.



Gambar 7.6. Grade metamorfosa dan hubungannya dengan tekanan dan suhu.

### 7.5. Jenis Metamorfosa

#### Metamorfosa Kataklastik (Cataclastic Metamorphism)

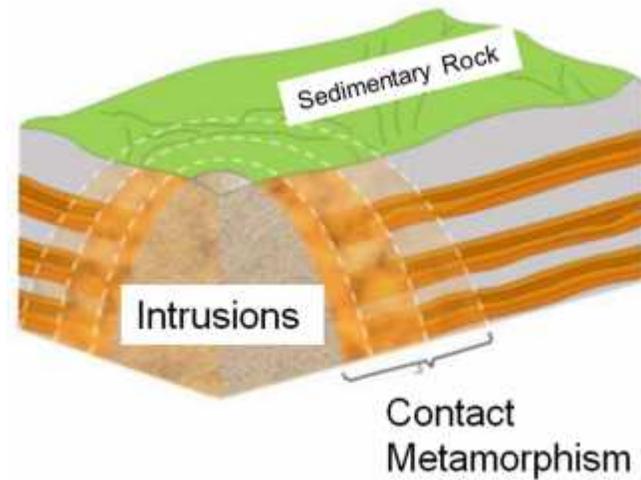
Metamorfosis cataclastic terjadi sebagai akibat deformasi mekanis, seperti ketika dua badan batu saling bergeseran satu sama lain di sepanjang zona sesar. Panas dihasilkan oleh gesekan geser di sepanjang zona geser tersebut, dan batuan cenderung mengalami kerusakan mekanis, dilumatkan dan dihaluskan, karena gaya guntingannya, menyebabkan batuan bermetamorfosa.

#### Metamorfosa Kontakt atau Termal (Contact or Thermal Metamorphism)

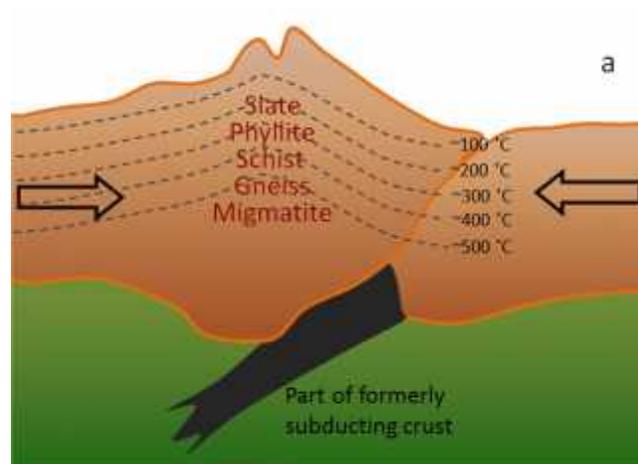
Metamorfosa kontak terjadi berdekatan dengan intrusi batuan beku hasil dari magma suhu tinggi yang mengintrusi batuan disekitarnya (Gambar 7.7). Jauh dari kontak, bebatuan tidak terpengaruh oleh kejadian yang mengganggu. Tingkat metamorfosis meningkat ke segala arah menuju gangguan. Batu yang dihasilkan seringkali merupakan batuan halus yang tidak menunjukkan foliasi, yang disebut hornfels.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.





Gambar 7.7. Intrusi magma yang mengakibatkan naiknya suhu pada batuan sekitarnya dan menghasilkan beberapa grade batuan metamorfosa.



Gambar 7.8. Metamorfosa Regional yang tidak terkait dengan intrusi magma.

Metamorfosa Dari Proses Penguburan (Burial Metamorphism)  
Bila batuan sedimen terkubur sampai kedalaman beberapa ratus meter, suhu di atas 300°C dapat terjadi jika tidak ada tegangan diferensial.



Mineral baru akan tumbuh, biasanya mengandung banyak air pori dan cairan intergranular dalam endapan penguburan

### Metamorfosa Regional (Regional Metamorphism)

Metamorfosis regional terjadi di wilayah yang luas dan umumnya tidak menunjukkan adanya hubungan dengan batuan beku (Gambar 7.8). Sebagian besar metamorfosis regional disertai deformasi di bawah kondisi stres non-hidrostatik atau diferensial.

Batu metamorfosis regional terjadi di inti sabuk lipatan gunung atau di pegunungan yang tergerus.

## 7.6. Jenis Batu Metamorfosa

Klasifikasi batuan metamorfosa didasarkan pada tekstur dan komposisi.

Terdapat dua kelompok utama batuan metamorfosa:

Batu yang memiliki tekstur planar, disebut Foliation dan Batu yang tidak foliasi dan memiliki tekstur granular (Non Foliation)

### Foliasi

Foliasi berasal dari bahasa Latin "Folium" berarti "Daun" sebuah lembaran, susunan planar paralel mineral pada batuan. Sebuah analogi adalah lembaran kertas di buku atau daun datar tergeletak di tanah. Jenis utama batuan foliated adalah: Slate, Phyllite, Schist, dan Gneiss sedangkan batuan utama yang tidak berfoliasi adalah: Kuarsit, Marmer, Amfibolit, Hornfels, Metakonglomerat, Granulite, Zeolit, Eclogite. Gambar 7.9 adalah contoh batuan metamorfosa dari jenis foliasi (atas) dan yang tidak berfoliasi (bawah).



Gambar 7.9 Batuan metamorfosa dari jenis foliasi (atas) dan yang tidak berfoliasi (bawah).

### Slate

Batu metamorfosa ini sangat halus yang umumnya diproduksi oleh metamorfosa tingkat rendah dari batuan serpih (dalam kondisi suhu yang relatif rendah dan tekanan rendah)

Gambar 7.10 menunjukkan bentuk pembelahan slaty dan memiliki banyak kemungkinan warna. Warna batuan slate ini tergantung pada komposisi kimia serpih induknya atau batu lumpur. Jika warnanya merah berarti hematit atau oksida besi; hijau (klorit); ungu (oksida mangan); hitam (bahan organik kaya karbon)

# Batuan Metamorfosa



Gambar 7.10. A. Slate, B. Phyllite, C. Schist, D. Gneiss

### Phyllite

Mineral platy lebih besar dari pada batu slate, tapi tidak mudah terlihat. Bersumber dari batu karang yang diproduksi dengan metamorfosis kelas atas (suhu) sedikit lebih tinggi dari pada batu slate dan memiliki kemilau glossy (Gambar 7.10).

Biasanya berkembang dari batu slate pada suhu sekitar 300 derajat C

### Schist

Schist adalah batuan foliasi yang mulai dari tekstur dari butiran berukuran medium sampai kasar. Hasil foliasi dari susunan paralel dari mineral platy yang relatif besar seperti mika, klorit, hematit. Butir mineral cukup besar untuk diidentifikasi dengan mata tanpa bantuan mikroskop (Gambar 7.10).

### Gneiss

Batu granular berbutiran kasar dengan pita bolak-balik cahaya (kuarsa dan feldspar) dan mineral gelap (biotit dan hornblende). Diproduksi oleh kondisi tekanan tinggi dan suhu tinggi. Gneiss sering terbentuk dari metamorfosis granit atau diorit. Mineral utama adalah mineral kuarsa, feldspar, dan feromagnes (Gambar 7.10).

### Non Foliasi

Batuan yang tidak berfoliasi akan tampak masif dan tidak memiliki struktur. Batuan ini mengekspos karakter yang tidak berfoliasi karena batuan aslinya terdiri dari biji-bijian yang cenderung tumbuh rata di segala penjuru dan membentuk mosaik kristal yang saling terkait dan saling rapat.

### Kuarsit

Kuarsit adalah batu pasir kaya kuarsa yang bermetamorfosa. Ini tidak dikoloni karena butiran kuarsa, unsur utama, tidak membentuk kristal platy (Gambar 7.11).



Kuarsa murni berwarna putih atau berwarna terang, namun oksida besi dan mineral lainnya sering memberi berbagai warna merah, coklat, hijau, dan lainnya.

### Marmer

Marmer adalah metamorfosa dari batu gamping atau dolomit. Marmer yang paling murni adalah berbentuk dan bewarna seperti salju putih. Namun banyak marmer yang mengandung sedikit batuan sedimen lainnya diantara bagian bagian batuan aslinya (Gambar 7.11).

### Amfibolit

Amfibolit adalah batuan metamorf kasar yang terdiri dari amphibol dan plagioklas.

Mika, kuarsa, garnet, dan epidot juga bisa hadir.

Amfibolit dihasilkan dari metamorfosis basalt, gabro, dan batuan lainnya yang kaya zat besi dan magnesium (Gambar 7.11).

### Metakonglomerat

Metakonglomerat bukanlah batu metamorf yang melimpah. Batuan ini bersumber dari batuan Konglomerat (Gambar 7.11). Butiran batuan berbutir kasar dikelilingi oleh batuan berbutir halus.

### Hornfels

Sebuah Hornfels berbutir halus, bentuk batuan ini seperti batuan yang tidak berfoliasi dan sangat keras dan sangat padat seperti terlihat pada Gambar 7.12.

Ukuran biji-bijinya biasanya mikroskopik dan dipadat menjadi mosaik biasa. Butiran biji bijian ini dihasilkan dari metamorfosis disekitar intrusi batuan, yang menyebabkan rekristalisasi batuan di sekitarnya secara parsial atau secara lengkap. Batuan induk batuan ini biasanya batuan serpih, meski lava, sekis, dan batuan lainnya bisa diproduksi menjadi hornfels juga.

### Granulites

Granulit adalah batuan metamorfosa yang dihasilkan dari suhu tinggi. Mereka biasanya memiliki tekstur granular, teksturnya terdiri dari butir berukuran sama dan berbentuk agak kasar (Gambar 7.12).

Beberapa granulites mengalami dekompresi dari dalam lapisan Bumi sampai tingkat kerak dangkal pada suhu tinggi, sedangkan jenis lainnya bisa juga didinginkan sambil tetap berada di kedalaman lapisan Bumi.

### Zeolit

Ziolit berasal dari bahasa Yunani, yaitu zein, yang artinya mendidih, dan litos yang artinya batu. Ziolit adalah mineral yang memiliki struktur mikro-keropos (Gambar 7.12). Zeolit alam membentuk batuan vulkanik dan lapisan abu yang bereaksi dengan air tanah alkali. Zeolit juga mengkristal di lingkungan pasca-pengendapan selama periode yang dimulai dari ribuan hingga jutaan tahun di cekungan laut dangkal.

### Eclogite

Eclogite adalah batuan dari jenis mafic berbutir kasar (yang berkomposisi basaltik). Batuan metamorf (Gambar 7.12). eclogite ini dihasilkan dari tekanan lebih besar daripada tekanan yang seharusnya pada kerak bumi.

Gambar 7.13 adalah kesimpulan nama batuan metamorfosa serta batuan sumber dan juga bentuk teksture secara umum. Terlihat pada gambar ini bahwa tingkat metamorfosa akan menghasilkan struktur yang berbeda beda.

## Batuan Metamorfofa



Gambar 7.11. A. Quarsit, B. Marmer, C. Amfibolit, D. Metakonglomerat

## Batuan Metamorfosa



Gambar 7.12. A. Hornfels, B. Granulites, C. Zeolit, D. Eclogite

## Batuan Metamorfosa

Rock Name		Texture	Grain Size	Comments	Original Parent Rock
Slate	Increasing ↓ Metamorphism	Foliated	Very fine	Excellent rock cleavage, smooth dull surfaces	Shale, mudstone, or siltstone
Phyllite			Fine	Breaks along wavy surfaces, glossy sheen	Shale, mudstone, or siltstone
Schist			Medium to Coarse	Micaceous minerals dominate, scaly foliation	Shale, mudstone, or siltstone
Gneiss			Medium to Coarse	Compositional banding due to segregation of minerals	Shale, granite, or volcanic rocks
Migmatite			Medium to Coarse	Banded rock with zones of light-colored crystalline minerals	Shale, granite, or volcanic rocks
Mylonite	W	F	Fine	When very fine-grained, resembles chert, often breaks into slabs	Any rock type
Metaconglomerate			Coarse-grained	Stretched pebbles with preferred orientation	Quartz-rich conglomerate
Marble	N	on	Medium to coarse	Interlocking calcite or dolomite grains	Limestone, dolostone
Quartzite			Medium to coarse	Fused quartz grains, massive, very hard	Quartz sandstone
Hornfels			Fine	Usually, dark massive rock with dull luster	Any rock type
Anthracite			Fine	Shiny black rock that may exhibit conchoidal fracture	Bituminous coal
Fault breccia			Medium to very coarse	Broken fragments in a haphazard arrangement	Any rock type

Gambar 7.13. Tabel kesimpulan nama batuan metamorfosa serta batuan sumber dan juga bentuk teksture secara umum.



### 7.7. Siklus Batuan

Siklus batuan adalah konsep dasar dalam geologi yang menggambarkan transisi yang memakan waktu demi waktu dalam skala geologis di antara tiga jenis batuan utama: sedimen, metamorf, dan beku (Gambar 7.14). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.14, sumber batuan utama adalah magma yang terangkat keatas. Proses terangkatnya magma ini bisa disebabkan oleh pergerakan lempeng, intrusi dan yang paling utama adalah karena tekanan. Ketika magma terangkat keatas, maka suhunya akan mendingin dan akan menjadi batuan beku apakah itu plutonik ataupun vulkanik. Jika batuan beku ini terintrusi oleh magma lagi, maka batuan beku ini bisa menjadi batuan metamorfosa dengan berbagai tingkat (Grade)

Namun, ketika batuan beku ini terexpose dipermukaan tanah akibat erosi dan proses alam lainnya, maka batuan beku ini akan mengalami pelapukan. Proses pelapukan batuan yang terexpose ini bisa saja disebabkan oleh pelapukan fisika, kimia ataupun pelapukan biologi. Setelah mengalami pelapukan batuan akan menjadi sedimen berukuran kecil dan akhirnya di transportasikan oleh agen transportasi (gravitasi, air, angin dan gletser). Transportasi ini berakhir pada zona dimana sedimen tersebut akan diendapkan. Setelah diendapkan sedimen tersebut terkubur oleh sedimen yang diendapkan diatasnya dan mengalami proses pembentukan batuan sedimen yaitu pepadatan dan penyemenan. Batuan sedimen ini jika terkubur pada kedalaman yang cukup dalam, maka akan mengalami tekanan dan suhu yang cukup sehingga berubah menjadi batuan metamorfosa. Namun jika batuan sedimen ini terangkat oleh proses tektonik, maka batuan sedimen ini akan mengalami pelapukan lagi dan jadi sedimen lagi

Batuan sedimen ini bisa menjadi batuan metamorfosa, ini bisa juga disebabkan oleh intrusi magma dan kemudian batuan sedimen ini akan menjadi batuan metamorfosa. Selain itu,

---

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah;  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



intrusi magma juga bisa mengakibatkan batuan sedimen ataupun metamorfosa melebur menjadi magma kembali.

### Gaya Yang Menggerakkan Siklus Batuan

Pada tahun 1967, J. Tuzo Wilson menerbitkan sebuah artikel di *Nature* yang menjelaskan pembukaan dan penutupan cekungan laut yang berulang, khususnya yang berfokus pada wilayah Samudera Atlantik saat ini. Konsep ini, bagian dari revolusi lempeng tektonik, dikenal sebagai siklus Wilson. Siklus Wilson memiliki pengaruh mendalam pada interpretasi modern siklus batu karena lempeng tektonik dikenal sebagai kekuatan pendorong untuk siklus batuan.

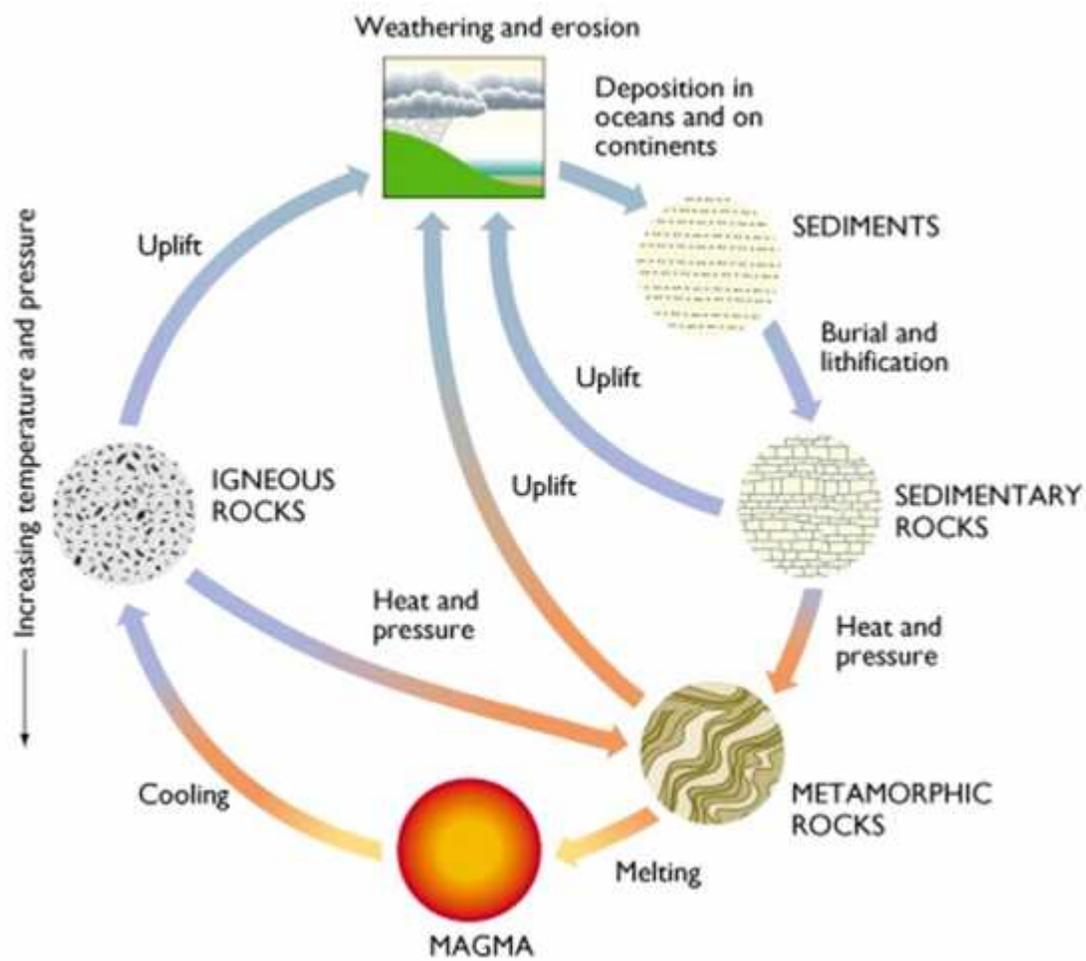
Pada batas mid-ocean divergen magma baru diproduksi oleh upwelling mantel dan zona lebur. Magma basaltik remaja ini adalah fase awal dari bagian beku dari siklus. Sebagai lempeng tektonik di kedua sisi punggung bergerak terpisah batuan baru terbawa dari punggung, interaksi air laut yang beredar dengan sirkulasi melalui retakan dimulai metamorfosis retrograde batuan baru.

Kerak samudra basaltik baru akhirnya menemui zona subduksi saat bergerak menjauh dari punggung yang menyebar ke arah luar dari sumber pemekaran. Karena kerak ini ditarik kembali ke dalam mantel, tekanan dan kondisi suhu yang semakin meningkat menyebabkan restrukturisasi mineralogi, metamorfisme ini mengubah batu menjadi bentuk eclogite. Seperti lempengan kerak basal dan beberapa sedimen yang disertakan diseret lebih dalam, air dan material yang mudah menguap lainnya digerakkan dan naik ke bebatuan batu di atas zona subduksi, yang berada pada tekanan yang lebih rendah. Tekanan rendah, suhu tinggi, dan bahan yang mudah menguap saat ini dalam irisan ini meleleh dan magma yang dihasilkan naik melalui batu di atasnya untuk menghasilkan vulkanisme.

Kadang-kadang beberapa lempeng turun yang bermetamorfosis dapat disulap atau dilempar ke margin kontinental. Blok peridotit mantel dan eklogit metamorfik ini diekspos sebagai kompleks ophiolite.



Bahan vulkanik yang baru meledak terkena erosi yang cepat tergantung pada kondisi iklim. Sedimen ini terakumulasi di dalam basin di kedua sisi busur pulau. Seiring sedimen menjadi lebih dalam dikuburkan lithifikasi dimulai dan hasil batuan sedimen.



Gambar 7.14. Siklus batuan, dimulai dari magma yang bersuhu tinggi (warna merah hingga pink). Warna biru menunjukkan suhu dingin.

### Pertanyaan BAB VII

1. Apa perbedaan batuan sedimen dengan batuan metamorfosa?
2. Sebutkan agen agen metamorfosa dan bagaimana mereka dapat merubah batuan menjadi batuan metamorfosa?
3. Adakah kemungkinan batuan yang berada di permukaan bumi bisa berubah menjadi batuan metamorfosa? Jelaskan bagaimana itu bisa terjadi!
4. Jelaskan dengan menggambarkan sketsa penampang bumi dimana proses batuan beku bisa berubah menjadi batuan metamorfosa!
5. Apakah efek yang dapat dialami oleh batuan jika batuan tersebut mengalami tekanan yang sama rata dan suhu sekitar 300<sup>o</sup> C?
6. Jika dua jenis batuan metamorfosa ditemukan, namun kedua jenis batuan tersebut memiliki teksture yang berlainan, sedangkan seperti mineral penyusunnya adalah sama.. Bagaimana ini bisa terjadi?



### Daftar Pustaka dan Tambahan Bacaan

1. Blatt, Harvey and Robert J. Tracy, *Petrology*, W.H.Freeman, 2nd ed., 1996, p. 355 ISBN 0-7167-2438-3
2. Wilkinson, Bruce H.; McElroy, Brandon J.; Kesler, Stephen E.; Peters, Shanana E.; Rothman, Edward D. (2008). "Global geologic maps are tectonic speedometers – Rates of rock cycling from area-age frequencies". *Geological Society of America Bulletin*. 121 (5–6): 760–79. doi:10.1130/B26457.1.
3. Wicander R. & Munroe J. (2005). *Essentials of Geology*. Cengage Learning. pp. 174–77. ISBN 9780495013655.
4. Ludman, Allan, 1982, *Physical Geology*, McGraw-Hill
5. Buchner, K & R. Grapes (2011). "Metamorphic rocks". *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer. pp. 21–56. doi:10.1007/978-3-540-74169-5\_2. ISBN 978-3-540-74168-8.



**Tanpa disadari bentuk muka bumi ini selalu  
berubah dari waktu ke waktu**

