PRAKTIKUM PETROGRAFI

BORANG MATERI

ACARA: PETROGRAFI BATUAN METAMORF

Asisten Acara:

1.....

2. .....

3. .....

4. .....

Nama Praktikan **:** .....

NIM **:** .....

Borang ini ditujukan kepada praktikan guna mempermudah pemahaman materi selama praktikum. Praktikan wajib melengkapi bagian kosong yang telah disediakan dengan kata/kalimat yang sesuai.

Buku Referensi:

Bard, J.P. 1983. *Microtexture of Igneous and Metamorphic Rocks*. Boston: D. Reidel Publishing Company.

Winter, O.D. 2010. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. New Jersey: Prentice Hall Upper Saddle.

Sumber Foto: Internet

PANDUAN PRAKTIKUM PETROGRAFI
ACARA BATUAN METAMORF

A. PENGERTIAN

Metamorfisme adalah …….. (1) Proses ini utamanya berkaitan dengan penyesuaian batuan terhadap perbedaan kondisi pada saat batuan itu terbentuk serta antara kondisi normal di permukaan bumi dengan zona diagenesis. Proses tersebut berdampingan dengan pelelehan sebagian (*partial melting*) dan bisa menyebabkan perubahan komposisi kimia utama batuan. (Fettes dan Desmond, 2007)

B. STRUKTUR DAN TEKSTUR BATUAN METAMORF

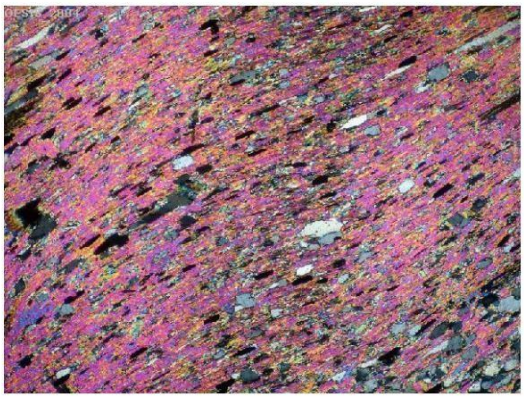
1. Struktur Batuan Metamorf

Struktur adalah susunan bagian massa batuan yang tidak tergantung kepada skala, termasuk hubungan antara bagian-bagiannya, ukuran relatif, bentuk dan bentuk internal dari masing-masing bagian. Secara umum struktur batuan metamorf dibagi menjadi 2 yaitu foliasi dan non foliasi.

a. **Foliasi**, adalah struktur planar pada batuan metamorf sebagai akibat dari pengaruh tekanan pada saat proses metamorfosa. Beberapa contoh diantaranya adalah:

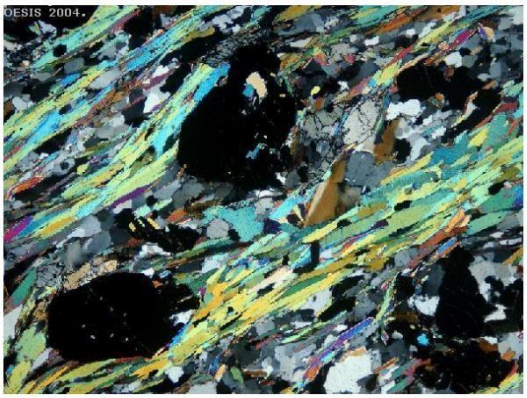
1. ……..(2), adalah tipe struktur yang menunjukkan belahan kontinyu dimana individu butiran kristal terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Contoh batuan: Slate.

2. *Phyllitic*, adalah struktur batuan metamorf yang memiliki ukuran butir halus sampai sedang yang dicirikan oleh kilap yang berkilau serta skistositas baik yang dihasilkan oleh susunan parallel filosilikat. Contoh batuan: ……..(3)



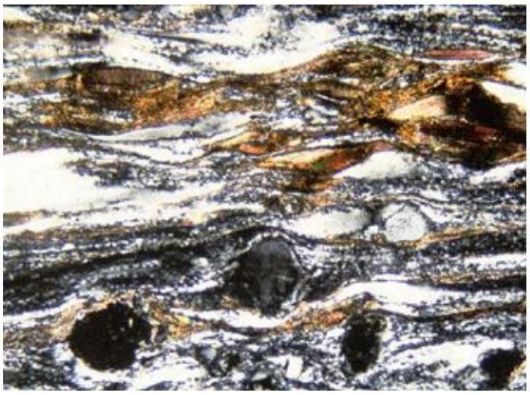
3. *Schistosic*, adalah tipe struktur yang dicirikan oleh skistositas yang berkembang baik. Skitositas tersebut bisa tersebar seragam di seluruh batuan maupun

membentuk zona berulang dengan jarak antar zonanya kecil, beberapa sentimeter atau kurang. Contoh batuan: ……(3), ……..(4)



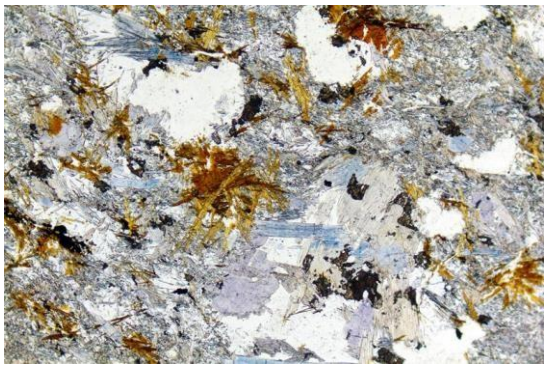
4. *Gneissic*, merupakan tipe struktur yang dicirikan oleh skistositas yang berkembang buruk , atau jika skistositasnya berkembang baik, maka akan memiliki spasi yang luas, lebih dari 1 cm. Contoh batuan: *Gneiss.*

5. *Mylonitic*, adalah struktur yang dicirikan oleh skistositas yang berkembang baik dihasilkan dari pengurangan ukuran butir akibat tektonik. Pada umumnya mengandung porfiroklas bundar serta fragmen litik yang memiliki komposisi yang sama dengan komposisi matriksnya. Contoh batuan: *Mylonite*.



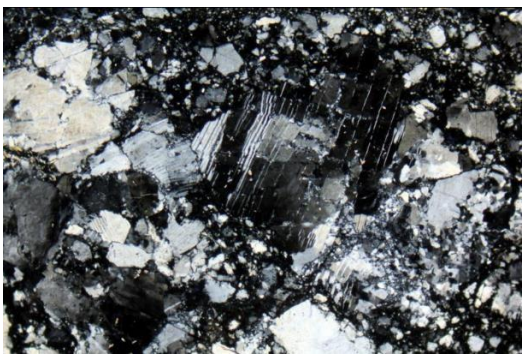
b. **Non foliasi**, adalah struktur batuan metamorf yang tidak memperlihatkan penjajaran mineral-mineral dalam batuan tersebut. Beberapa contoh diantaranya adalah:

1. *Granofelsic*, adalah tipe struktur yang dihasilkan oleh ketidakhadiran skistositas seperti pada butiran-butiran mineral ataupun agregat butiran mineral yang *equant* (persegi). Atau jika tidak persegi memiliki orientasi yang acak. Bisa terdapat perlapisan secara mineralogi maupun litologi. Contoh batuan: Granofels.



2. *Hornfelsi*c, adalah struktur yang memiliki ukuran butir halus yang saling mengunci (*interlocking*), ukuran dan bentuknya bisa bervariasi. Contoh batuan: Hornfels.

3. ……(5) adalah struktur yang dicirikan oleh ketidakhadiran skistositas, porfiroklas umumnya runcing serta fragmen litik tertanam dalam matriks yang berukuran lebih halus serta memiliki komposisi yang sama. Contoh batuan: …….. (6).



2. **Tekstur Batuan Metamorf**

a) Tekstur Umum

Tekstur adalah ukuran relatif, bentuk serta hubungan antar bentuk butiran internal pada batuan. Kata kunci: pengamatan utama pada sayatan tipis. Beberapa tekstur batuan metamorf diantaranya adalah: a. Ukuran kristal,

- <0.1 mm sangat halus - 5-10 mm kasar
- 0.1-1 mm halus - > 10 mm sangat kasar
- 1-5 mm sedang

b. Bentuk individu kristal,

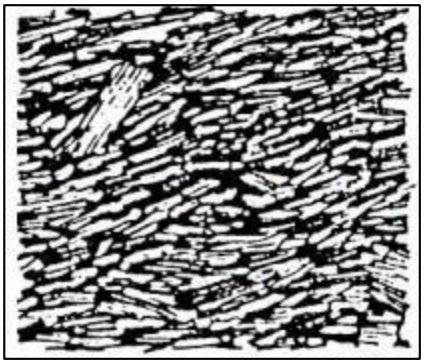
- *Idioblastic* : jika butiran kristal euhedral
- *Hypidioblastic* : jika butiran kristal subhedral
- *Xenoblastic* : jika butiran kristal anhedral

c. Tekstur berdasarkan ketahanan terhadap proses metamorfisme,

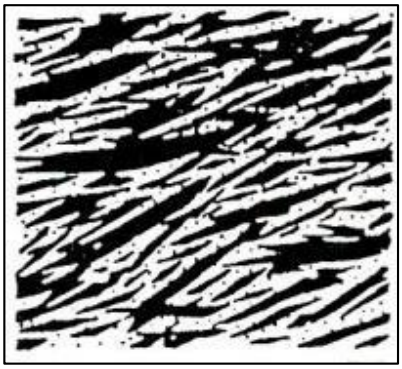
1. *Relict* / sisa masih menunjukkan sisa tekstur batuan asalnya. Awalan ‘blasto’ digunakan untuk penamaan tekstur batuan metamorf ini. Contoh tekstur: blastoporfiritik, blasto-ofitik, dll. Batuan yang mempunyai kondisi seperti ini sering disebut batuan metabeku atau metasedimen.
2. *Kristaloblastik* terbentuk karena proses metamorfisme itu sendiri. Batuan dengan tekstur ini sudah mengalami rekristalisasi sehingga tekstur asalnya tidak tampak. Penamaannya menggunakan akhiran -blastik. Contoh tekstur: granuloblastik, porphyroblastik, dll.

d. Tekstur berdasarkan Bentuk Mineral,

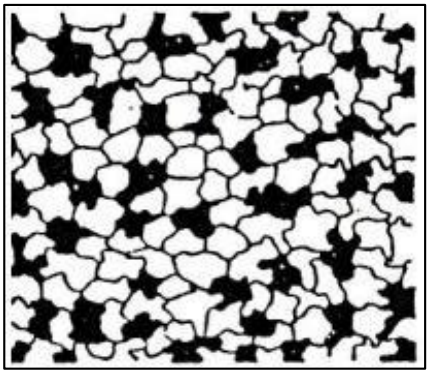
1. Lepidoblastik, apabila mineralnya penyusunnya berbentuk tabular.
2. Nematoblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk *prismatic.*
3. Granoblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk granular, equidimensional, batas mineralnya bersifat *sutured* (tidak teratur) dan umumnya kristalnya berbentuk anhedral.
4. Granuloblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk granular, equidimensional, batas mineralnya bersifat *unsutured* (lebih teratur) dan umumnya kristalnya berbentuk anhedral.



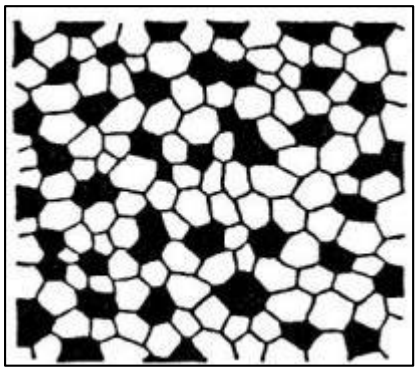
…….(6)



……..(7)



……(8)



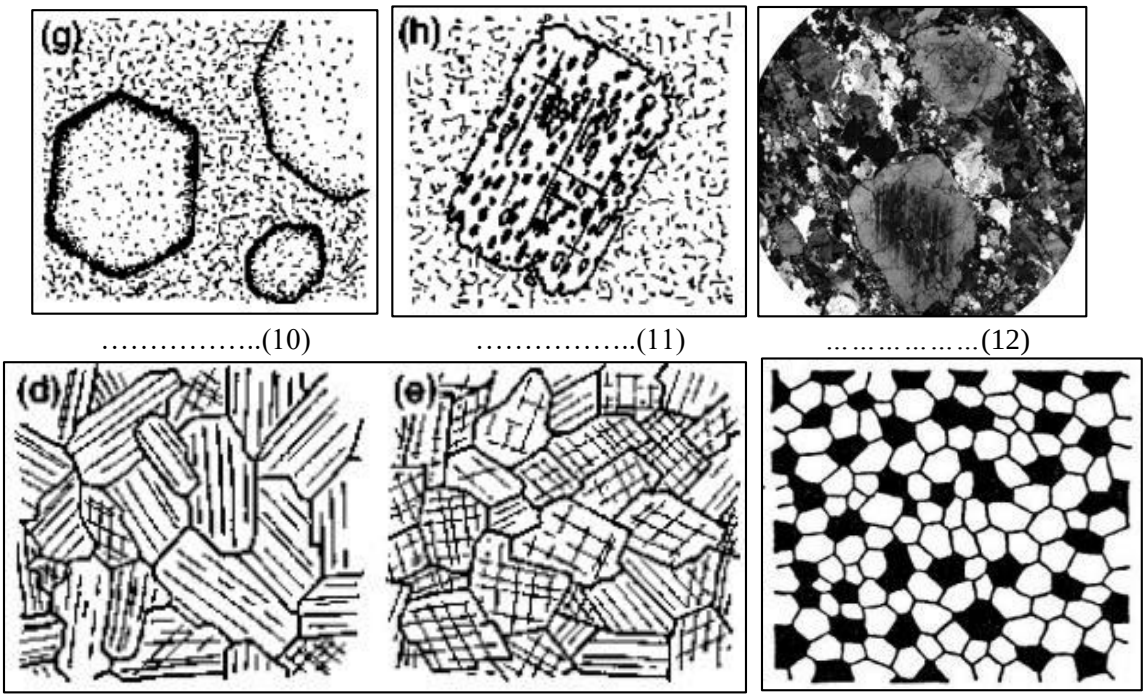
……(9)

Gambar2.1:Tekstur batuan metamorf berdasarkan bentuk mineral (J.P. Bard, 1983)

b) Tekstur Khusus

Selain tekstur yang diatas terdapat beberapa tekstur khusus lainnya diantaranya adalah sebagai berikut:

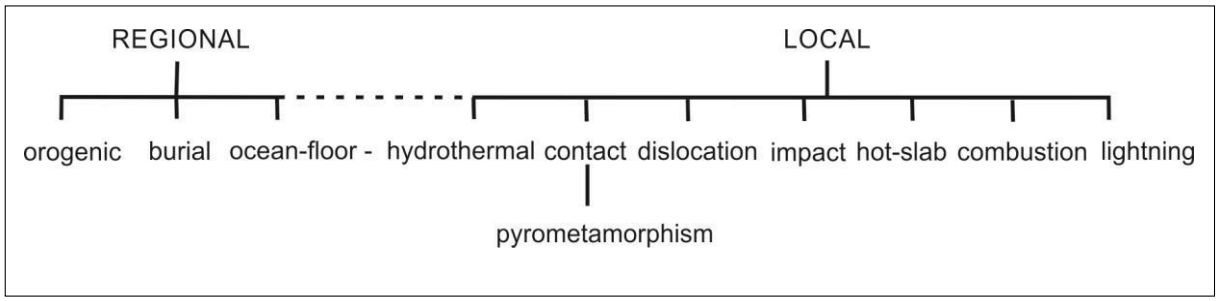
1. Porfiroblastik, apabila terdapat mineral yang ukurannya lebih besar tersebut sering disebut *porphyroblasts*.
2. Poikiloblastik/*Sieve texture*, tekstur porfiroblastik dengan *porphyroblasts* tampak melingkupi beberapa kristal yang lebih kecil.
3. *Mortar texture*, apabila fragmen mineral yang lebih besar terdapat pada massa dasar material yang barasal dari kristal yang sama yang terkena pemecahan (*crushing*).
4. *Decussate texture* yaitu tekstur kristaloblastik batuan polimeneralik yang tidak menunjukkan keteraturan orientasi.
5. *Saccaroidal Texture* yaitu tekstur yang kenampakannya seperti gula pasir.



Gambar 2.2. Ilustrasi tekstur khusus dalam batuan metamorf (J.P. Bard, 1983)

C. TIPE DAN FASIES BATUAN METAMORF 1. Tipe Batuan Metamorf

Klasifikasi utama metamorfisme dari sudut pandang luasan, tatanan tektonik dan penyebabnya seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1. Istilah-istilah seperti metamorfisme termal, metamorfisme dinamik, metamorfisme dinamotermal, metamorfisme deformasi, metamorfisme terbalik (*up-side-down metamorphism*), metamorfisme kataklastik dll, tidak digunakan karena istilah tersebut bertampalan dengan istilah yang digunakan dalam gambar 3.1 atau memiliki penggunaan yang ambigu. Beberapa tipe utama batuan metamorf dengan lingkungan tektoniknya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.1. Tipe-tipe utama metamorfisme (Fettes dan Desmond, 2007).

Metamorfisme regional *adalah tipe metamorfisme yang meliputi area sangat luas dan mempengaruhi volume batuan yang sangat besar*. Metamorfisme ini berasosiasi dengan proses tektonik skala besar seperti pemekaran dasar samudra, penebalan kerak berkaitan dengan tumbukan lempeng, penurunan dasar cekungan yang dalam, dll.

Metamorfisme lokal *adalah tipe metamorfisme meliputi area (volume) terbatas dimana metamorfisme dapat secara langsung berhubungan dengan penyebab lokal ataupun sumber khusus, seperti intrusi magma, patahan ataupun tumbukan meteor.*

Metamorfisme orogenik *adalah tipe metamorfisme skala regional yang berhubungan dengan pembentukan sabuk orogenik.* Metamorfismenya ini bisa berasosiasi dengan beberapa fase pembentukan pegunungan dan melibatkan proses kompresi maupun ekstensi. Efek dinamik dan suhu dapat berkombinasi dalam proporsi dan skala waktu yang berbeda, serta rentang kondisi *P-T* yang besar.

Metamorfisme burial *adalah tipe metamorfisme, umumnya skala regional, yang mempengaruhi batuan yang terpendam dalam di bawah tumpukan material sedimen maupun vulkanik dan umumnya tidak berasosiasi dengan deformasi maupun magmatisme.* Batuan yang dihasilkannya sebagian atau seluruhnya mengalami rekristalisasi dan umumnya tidak berfoliasi atau berfoliasi lemah. Umumnya melibatkan suhu metamorfime yang sangat rendah hingga sedang serta perbandingan *P/T* yang sedang hingga menengah.

Metamorfisme dasar samudra *adalah tipe matemorfisme skala regional maupun lokal yang berhubungan dengan tingginya gradien geothermal di sekitar pusat pemekaran dalam lingkungan samudra.* Rekristalisasinya, yang umumnya tidak komplit, meliputi beragam suhu. Metamorfisme ini berasosiasi dengan sirkulasi fluida panas (berhubungan dengan metasomatisme) dan umumnnya menunjukkan kenaikan suhu metamorfisme terhadap kedalaman.

Metamorfisme dislokasi *adalah tipe metamorfisme skala lokal, berasosiasi dengan patahan atau zona sesar.* Pengurangan ukuran butir umumnya terjadi pada batuan dan batuan yang terbentuk umumnya milonit dan kataklastik.

Metamorfisme tubrukan (*impact*) *adalah tipe metamorfisme skala lokal disebabkan oleh penjalaran gelombang kejut akibat tubrukan benda angkasa pada permukaan planet.* Metamorfisme ini termasuk proses pelelehan dan penguapan batuan akibat tumbukan.

Metamorfisme kontak *adalah tipe metamorfisme skala lokal yang mempengaruhi batuan yang diterobos (country rock) di sekitar tubuh magma yang terletak pada berbagai lingkungan dari vulkanik sampai mantel bagian atas, pada kerak samudra maupun benua.* Metamorfisme ini pada dasarnya disebabkan oleh transfer

panas dari tubuh magma yang mengintrusi kepada batuan yang diterobos, dengan perbedaan suhu metamorfisme bisa sangat besar. Metamorfisme ini bisa dibarengi oleh deformasi yang signifikan tergantung dinamika intrusinya.

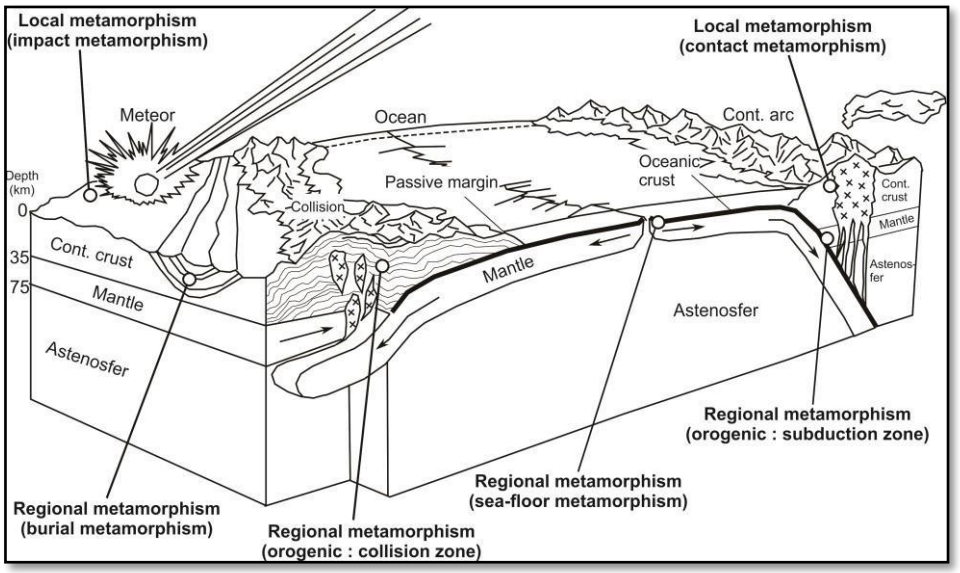
Pirometamorfisme *adalah tipe metamorfisme kontak yang dicirikan oleh suhu yang sangat tinggi pada tekanan yang sangat rendah, dibentuk oleh tubuh vulkanik ataupun sub-vulkanik.* Metamorfisme ini umumnya terbentuk pada xenolith dalam tubuh intrusi, dan dapat diikuti oleh beberapa derajat *partial melting*.

Metamorfisme hidrotermal *adalah tipe metamorfisme skala lokal yang disebabkan oleh fluida panas dengan banyak kandungan H_2O.* Metamorfisme ini umumnya skala lokal yang berhubungan dengan penyebab spesifik (yaitu di mana intrusi batuan beku menghasilkan fluida yang bereaksi dengan batuan sekitarnya). Namun, pada lokasi dimana intrusi batuan beku terjadi berulang-ulang (seperti pada pusat pemekaran lantai samudra) perulangan sirkulasi fluida panas ini dapat meningkakan efek regional seperti pada metamorfisme dasar samudra. Metasomatisme umumnya berasosiasi dengan tipe metamorfisme ini.

Metamorfisme *hot-slab* *adalah tipe metamorfisme skala lokal yang terjadi di bawah tubuh lempeng tektonik panas (contohnya adalah metamorfosa kontak berdimensi kecil di bagian bawah dari obduksi kerak samudera)*. Gradien termal dari tipe metamorfisme ini umumnya terbalik dan curam.

Metamorfisme pembakaran (*combustion metamorphism*) *adalah tipe metamorfisme skala lokal yang dihasilkan dari proses pembakaran spontan materialmaterial alami, seperti batuan bituminous, batubara maupun minyak.*

Metamorfisme akibat petir (*lightning metamorphism*) *adalah tipe matemorfisme skala lokal yang disebabkan sambaran petir.* Batuan yang dihasilkan umumnya berupa fulgurite, yaitu batuan yang hampir keseluruhannya berupa gelas.

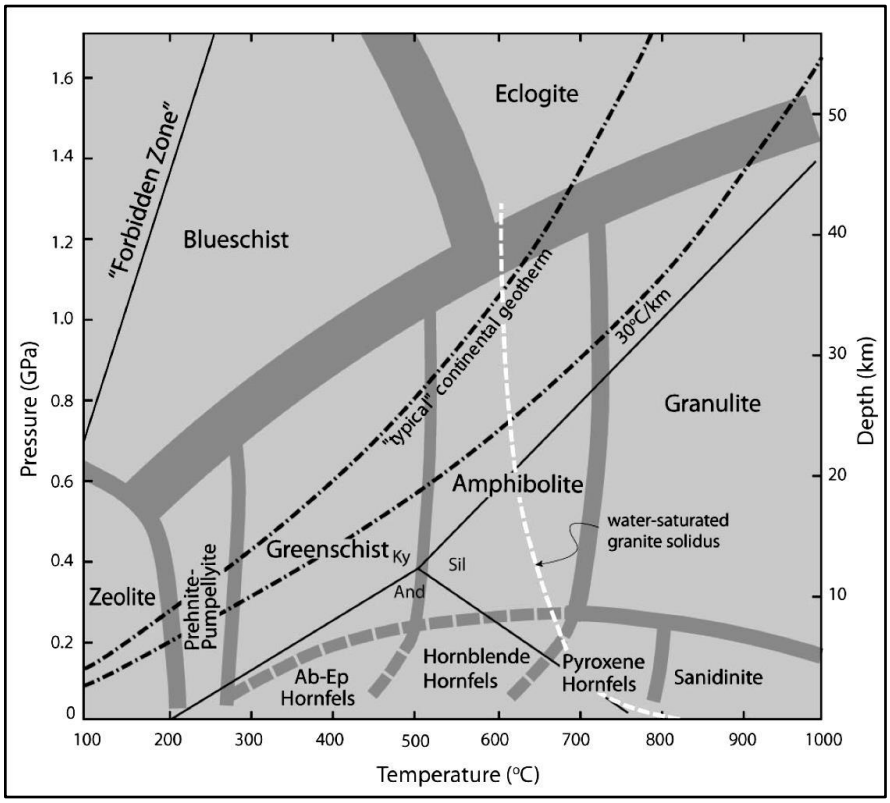


Gambar 3.2. Beberapa tipe utama batuan metamorf dan lokasi pembentukannya (Press dkk, 2003 dengan modifikasi).

2. Fasies Metamorfisme

Fasies metamorfisme adalah suatu kumpulan mineral-mineral metamorfik, secara berulang berasosiasi dalam ruang dan waktu dan menunjukkan hubungan umum antara komposisi mineral dan komposisi kimia secara keseluruhan. Oleh karena itu

fasies metamorfisme terkait dengan kondisi metamorfisme yang berbeda, pada suhu dan tekanan yang khusus, walaupun beberapa variabel, seperti PH_2O juga dapat dipertimbangkan (Fettes dan Desmond, 2007). Posisi relatif dari fasies metamorfik terhadap *P-T* dan lokasi pembentukan fasies metamorfik pada zona subduksi dapat dilihat pada gambar 3.3 dan 3.4 secara berurutan.



Gambar 3.3. Fasies metamorfisme yang digambarkan oleh wilayah-wilayah pada grafik *P-T* (Winter, 2010).

a. Fasies *Zeolite*

Fasies *zeolite* merupakan fasies tingkat rendah, umumnya terbentuk dari alterasi gelas vulkanik menjadi mineral *zeolite* berupa *heulandite* atau *stibnite* (terkadang berupa *analcime*), bersama dengan mineral-mineral *phyllosilicate*, seperti *celadonite*, *smectite*, *kaolinite*, atau *montmorillonite*, dan kuarsa atau mineral karbonat sekunder. Mineral kristalin batuan beku tidak mengalami perubahan. Pada kedalaman yang sedikit lebih dalam, mineral klorit dapat muncul, dan *heulandite* digantikan oleh *laumontite*, dan *analcime* oleh *albite*. *Wairakite* merupakan mineral *zeolite* lain yang dapat terbentuk, yang umumnya lebih stabil pada *grade* yang lebih tinggi dibandingkan *laumontite*.

b. Fasies *Prehnite-pumpellyite*

Fasies *prehnite-pumpellyite* merupakan salah satu fasies tingkat rendah selain fasies zeolite. Pada bagian atas dari fasies *zeolite*, *laumontite* akan hilang dan digantikan oleh mineral *prehnite* + *pumpellyite* + kuarsa yang menjadi stabil. (umumnya bersama dengan *albite*, *chlorite*, *phengite* dan titanite). Fasies ini terbentuk sesaat sebelum fasies *blueschist* dan *greenschist* terbentuk.

c. Fasies *Greenschist*

Dalam kondisi tekanan dan suhu fasies *greenschist,* batuan metabasaltik asal punggungan tengah samudra (*mid oceanic ridge basalt* – MORB) terubah menjadi *greenschist* dengan kumpulan mineral asosiasi berupa ……(15). Tiga mineral pertama memberikan warna hijau. Keempat mineral pertama merupakan mineral yang harus ada dalam *greenschist* dan penciri fasies *greenschist*.

Fasies *greenschist* terbentuk pada suhu 300 ^{o}C hingga 500 ^{o}C dengan tekanan rendah-menengah. Transisi antara fasies *greenschist* dan *amphibolite* bergradasi. Pada suhu sekitar 450 ^{o}C, batuan metabasa akan membentuk mineral *hornblende* (menggantikan aktinolit) sebagai hasil reaksi antara epidot dan klorit serta terbentuk pula plagioklas yang lebih basa.

d. Fasies *Amphibolite*

Di bawah kondisi tekanan dan suhu fasies *amphibolites, metabasalt* terubah menjadi *amphibolites* dengan kandungan …….(16). Mineral hornblende menjadi penciri utama fasies ini hingga > 50 %. Pada suhu lebih rendah dalam fasies ini, mineral epidot mungkin masih tersisa. Mineral garnet juga melimpah pada banyak jenis *amphibolites*. Pada tingkat yang lebih tinggi dalam fasies ini, klinopiroksen bisa hadir, tentu dalam kondisi tekanan tinggi.

e. Fasies *Granulite*

Fasies granulite terdiri dari batuan-batuan tingkat tinggi yang terbentuk pada suhu tertinggi dari metamorfisme orogenik. Mineral penciri fasies ini terdiri dari ……(17). Klinopiroksen pada fasies ini merupakan hasil *replacement* dari hornblende pada fasies *amphibolite.* Mineralmineral *hydrous* lain seperti mika tidak hadir dalam fasies ini, karena batuan dalam fasies ini terdehidrasi secara kuat dan pembentukannya dipengaruhi oleh tekanan air yang tinggi.

f. Fasies *Blueschist*

Nama fasies blueschist berasal dari kehadiran glaukofan dan mineral-mineral sodic amfibol yang lainnya. Mineral-mineral tersebut umumnya dijumpai bersama dengan mineral ……..(18, sebutkan minimal 4). Dalam fasies ini mineral feldspar dan biotit tidak hadir dalam batuan. Fasies blueschist terbentuk pada suhu rendah dan tekanan yang relatif tinggi, yaitu di sepanjang gradien geotermal rendah yang terkait dengan proses subduksi.

g. Fasies *Eclogite*

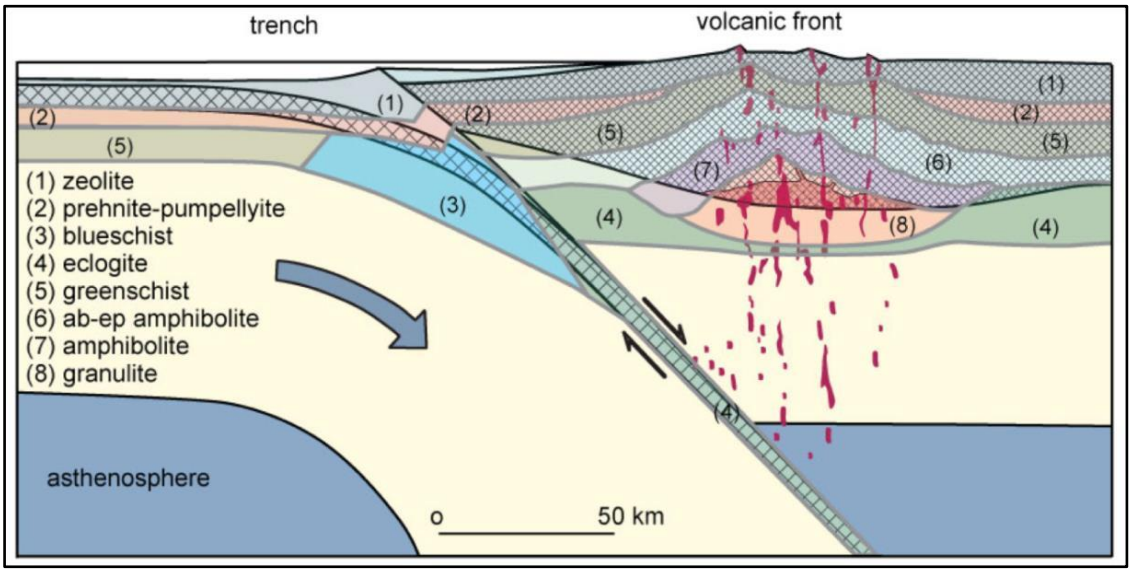
Pada fasies eclogite, batuan dicirikan dengan kehadiran kelompok mineral ompachite + garnet, sementara plagioklas tidak hadir pada fasies ini. Eklogit merupakan batuan tekanan tinggi yang terbentuk pada rentang suhu yang luas, dan terjadi pada tatanan geodinamik yang berbeda. *Low-T* eklogit dihasilkan dari proses subduksi kerak samudra. Umumnya dicirikan oleh kehadiran mineral-mineral *hydrous* seperti kloritoid, zoisit dan talk disamping mineral omfasit dan garnet.

Intermediate-T eklogit dihasilkan dari penebalan akibat akresi antara kerak benua. Eklogit tipe ini masih mengandung mineral *hydrous*, umumnya berupa zoisit + phengite. Pada *high-T* eklogit, mineral *hydrous* tidak dijumpai lagi dan dicirikan dengan kehadiran kyanit yang berasosiasi dengan omphacite dan garnet.

Fasies eclogite yang berupa lherzolite dapat mengandung pasangan mineral olivin + garnet. Tidak ada batas tekanan pada fasies eclogite, namun istilah *ultra-high pressure metamorphism* (UHPM) digunakan untuk batuan fasies eclogite yang mengandung mineral …….(19), yang telah mengalami metamorfosa pada kondisi di mana mineral coesite dapat stabil.

h. Fasies *Hornfels*

Fasies *Hornfels* merupakan fasies yang terbentuk pada kondisi tekanan yang rendah dan hanya dipengaruhi oleh perubahan temperatur yang signifikan pada daerah kontak metamorfisme. Fasies ini terbagi menjadi 3, yaitu ……(20). Fasies *sanidite* sangat jarang ditemukan, karena umumnya hanya terbatas pada *xenolith* dalam magma basa atau pada bagian paling dalam dari zona *aureol* kontak yang berhubungan dengan intrusi basa atau anorthosit. (pirometamorfisme).



Gambar 3.4. Lokasi pembentukan fasies-fasies metamorfisme pada zona subduksi (Winter, 2010).