1 | Granit: batuan daripada magma

Granite: rock formed from magma



Ilustrasi granit berbutir kasar yang dipotong oleh aplit.

Illustration of coarse-grained granite cut by aplite.

Kristal yang saling mengunci

Interlocking crystals

Granit ialah batuan igneus yang terbentuk apabila magma menyejuk di bawah permukaan Bumi. Penyejukan yang perlahan membolehkan kristal berkembang. Kuarza, feldspar dan mika membentuk tekstur berbintik yang lazim pada granit.

Granite is an igneous rock formed when magma cools beneath Earth's surface. Slow cooling allows crystals to grow. Quartz, feldspar and mica produce granite's familiar speckled texture.

Contoh di Melaka dan Malaysia

Examples in Melaka and Malaysia

Granit terdapat di Tanjung Bidara, Pengkalan Balak dan pulau seperti Undan serta Besar. Pada skala Malaysia, granit turut membentuk sebahagian Banjaran Titiwangsa dan Gunung Kinabalu. Nama batuannya sama, tetapi usia serta sejarah pembentukan setiap jasad granit boleh berbeza.

Granite occurs at Tanjung Bidara, Pengkalan Balak and islands such as Undan and Besar. Across Malaysia, it also forms parts of the Titiwangsa Range and Mount Kinabalu. These rocks share a name, but individual granite bodies may differ in age and geological history.

2 | Syis Jelebu: sedimen yang berubah

Jelebu Schist: transformed sediment



Ilustrasi tekstur berfoliasi dan lipatan dalam syis.
Illustration of foliated texture and folds in schist.

Daripada pasir dan lumpur

From sand and mud

Bahan asal Syis Jelebu dikaitkan dengan sedimen yang terkumpul di laut purba pada zaman Paleozoik. Selepas menjadi batuan, bahan ini mengalami metamorfisme dan canggaan. Mineralnya tersusun semula, lalu menghasilkan batuan metamorf seperti syis.

The original material of the Jelebu Schist is associated with sediment deposited in an ancient sea during the Palaeozoic. After becoming rock, it underwent metamorphism and deformation. Its minerals reorganised, producing metamorphic rocks such as schist.

Mengapa kelihatan berjalur atau berkilau?

Why does it look banded or shiny?

Mineral pipih seperti mika tersusun mengikut arah tertentu dan membentuk foliasi. Pantulan cahaya pada mika boleh memberi kilauan pada permukaan. Di Tanjung Tuan, batuan metamorf memperlihatkan foliasi, lipatan dan telerang kuarza yang merakam perubahan selepas pemendapan asal.

Platy minerals such as mica align in a preferred direction, forming foliation. Light reflected from mica can give the surface a sheen. At Tanjung Tuan, metamorphic rocks display foliation, folds and quartz veins recording changes after the original deposition.

3 | Batuan sedimen: pasir, lumpur dan abu

Sedimentary rocks: sand, mud and ash



Ilustrasi lapisan batuan sedimen.

Illustration of sedimentary rock layers.

Butiran menjadi batuan

Grains become rock

Pasir yang termampat dan tersemen membentuk batu pasir. Lumpur halus pula boleh membentuk batu lumpur atau syal; syal lazimnya mudah terbelah mengikut kepingan nipis. Perbezaan saiz butiran dan komposisi menghasilkan lapisan dengan rupa serta sifat yang berlainan.

Compacted and cemented sand forms sandstone. Fine mud can form mudstone or shale; shale commonly splits into thin sheets. Differences in grain size and composition produce beds with contrasting appearances and properties.

Formasi Gemas dan contoh Langkawi

The Gemas Formation and a Langkawi comparison

Di bahagian timur Melaka, Formasi Gemas dikaitkan dengan pemendapan pasir, lumpur dan bahan volkanik dalam sekitaran laut pada zaman Perm–Trias. Sebagai perbandingan, Formasi Machinchang di Langkawi terkenal dengan batu pasir yang jauh lebih tua. Jenis batuan yang serupa tidak semestinya terbentuk pada masa yang sama.

In eastern Melaka, the Gemas Formation is associated with marine deposition of sand, mud and volcanic material during the Permian–Triassic. By comparison, Langkawi's Machinchang Formation is known for much older sandstone. Similar rock types need not have formed at the same time.

4 | Batu kapur: rekod laut purba

Limestone: a record of ancient seas



Kilim, Langkawi. Foto: Gregorio02 / Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

Kilim, Langkawi. Photograph: Gregorio02 / Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

Batuan yang kaya kalsium karbonat

A rock rich in calcium carbonate

Batu kapur kebanyakannya terdiri daripada mineral kalsit. Banyak batu kapur terbentuk daripada pengumpulan bahan karbonat di laut, termasuk serpihan cangkerang dan rangka organisma. Apabila terdedah di daratan, pelarutan oleh air berasid lemah boleh membentuk gua dan landskap karst.

Limestone consists mainly of calcite. Much limestone forms through the accumulation of carbonate material in the sea, including shell and skeletal fragments. When exposed on land, dissolution by weakly acidic water can create caves and karst landscapes.

Contoh penting dalam kepelbagaian Malaysia

An important example of Malaysia's rock diversity

Bukit batu kapur Kilim di Langkawi memperlihatkan landskap yang berbeza daripada pesisir granit dan singkapan syis Melaka. Perbandingan ini menunjukkan bagaimana komposisi batuan mempengaruhi bentuk muka bumi: batu kapur mudah larut, manakala granit dan syis mengalami tindak balas luluhawa yang berlainan.

The limestone hills of Kilim in Langkawi contrast with Melaka's granite coasts and schist outcrops. This comparison shows how rock composition influences landforms: limestone dissolves readily, while granite and schist weather through different responses.

5 | Aplit dan kuarza: jalur yang berbeza

Aplite and quartz: different kinds of bands



Ilustrasi telerang kuarza putih yang memotong batuan berfoliasi.

Illustration of a white quartz vein cutting foliated rock.

Aplit ialah batuan igneus

Aplite is an igneous rock

Aplit ialah batuan berwarna cerah dan berbutir halus, lazimnya mengandungi kuarza serta feldspar. Ia boleh membentuk korok apabila magma memasuki rekahan lalu membeku. Jalur aplit dalam granit memperlihatkan episod pengisian rekahan yang lebih muda daripada batuan yang dipotongnya.

Aplite is a pale, fine-grained rock commonly containing quartz and feldspar. It can form dykes when magma enters fractures and solidifies. Aplite bands in granite record fracture-filling events younger than the rock they cut.

Kuarza ialah mineral

Quartz is a mineral

Telerang kuarza pula terbentuk apabila kuarza mengendap daripada bendalir di dalam rekahan. Oleh itu, jalur putih tidak semestinya aplit. Di Melaka, korok aplit direkodkan di pulau seperti Besar, manakala hubungan telerang kuarza dengan syis dapat dilihat di Tanjung Tuan.

Quartz veins form when quartz precipitates from fluids within fractures. A white band is therefore not necessarily aplite. In Melaka, aplite dykes are recorded on islands such as Besar, while quartz veins cutting schist can be seen at Tanjung Tuan.

6 | Laterit: batuan diubah iklim tropika

Laterite: rock altered by a tropical climate



Ilustrasi profil luluhawa dengan zon merah-perang yang kaya besi.
Illustration of a weathering profile with an iron-rich reddish-brown zone.

Mengapa berwarna merah-perang?

Why is it reddish brown?

Luluhawa kimia menguraikan mineral dalam batuan. Sebahagian bahan larut dibawa keluar oleh air, manakala besi boleh tertumpu sebagai mineral oksida dan hidroksida. Mineral seperti hematit dan goetit menyumbang warna merah, kuning dan perang pada bahan laterit.

Chemical weathering breaks down rock minerals. Water removes some dissolved components, while iron may become concentrated as oxide and hydroxide minerals. Minerals such as hematite and goethite contribute red, yellow and brown colours to lateritic material.

Bahan asal mempengaruhi hasilnya

The parent material influences the result

Laterit boleh terbentuk daripada luluhawa pelbagai batuan, termasuk granit dan batuan metamorf. Tekstur atau struktur asal kadangkala masih terpelihara walaupun mineralnya telah berubah. Pulau Upeh ialah contoh penting warisan laterit Melaka yang turut berkait dengan penggunaan batu sebagai bahan binaan.

Laterite can develop through weathering of various rocks, including granite and metamorphic rocks. Original textures or structures may sometimes survive even after the minerals have altered. Pulau Upeh is an important example of Melaka's lateritic heritage, also linked to the use of stone in construction.

7 | Endapan muda di sungai dan pesisir

Young deposits along rivers and coasts



Ilustrasi pemindahan sedimen dari daratan ke muara dan pantai.

Illustration of sediment transported from inland areas to an estuary and coast.

Belum semuanya menjadi batu

Not all sediment has become rock

Kelikir, pasir, lodak dan lempung boleh terkumpul sebagai endapan longgar yang belum tersemen. Bahan ini berbeza daripada batu pasir atau batu lumpur yang sudah mengalami pembatuan. Saiz butiran mempengaruhi sifat endapan dan mencerminkan sebahagian keadaan pengangkutannya.

Gravel, sand, silt and clay can accumulate as loose, uncemented deposits. These differ from sandstone or mudstone that has already become rock. Grain size affects the properties of a deposit and reflects aspects of its transport conditions.

Lapisan muda di atas batuan lama

Young deposits over older rocks

Di Melaka, lembah sungai dan kawasan pesisir mengandungi endapan Kuaterner. Bahan daripada batuan yang terluluhawa dibawa oleh air dan dimendapkan semula. Sebahagian endapan menutupi batuan dasar yang lebih tua, menghubungkan batuan purba dengan landskap yang masih berubah hari ini.

River valleys and coastal areas in Melaka contain Quaternary deposits. Material from weathered rock is carried by water and deposited again. Some deposits cover older bedrock, linking ancient rocks with a landscape that continues to change today.

8 | Pemendapan di lautan purba

Deposition in ancient seas



Ilustrasi pemendapan pasir dan lumpur di dasar laut.
Illustration of sand and mud settling on the seabed.

Asal Formasi Syis Jelebu

Origins of the Jelebu Schist Formation

Sejarah geologi Melaka Geopark bermula sejak zaman Ordovisi–Devon, sekitar 450–350 juta tahun dahulu. Pada masa ini, sedimen yang kebanyakannya terdiri daripada lumpur dan pasir terendap di dasar lautan dalam. Sedimen ini akhirnya membentuk Formasi Syis Jelebu dalam Blok Sibumasu.

The geological history of Melaka Geopark began during the Ordovician–Devonian, around 450–350 million years ago. At that time, sediment consisting mainly of mud and sand accumulated on the deep ocean floor. These sediments ultimately formed the Jelebu Schist Formation within the Sibumasu Block.

Asal Formasi Gemas

Origins of the Gemas Formation

Pemendapan sedimen lumpur, pasir dan bahan volkanik pada Blok Malaya Timur pula bermula pada zaman Perm/Trias Akhir, sekitar 250–210 juta tahun dahulu. Pemendapan ini juga berlaku dalam sekitaran lautan dan membentuk Formasi Gemas.

Deposition of mud, sand and volcanic material on the East Malaya Block began during the Permian/Late Triassic, around 250–210 million years ago. This deposition also took place in a marine environment and formed the Gemas Formation.

9 | Perlanggaran benua Trias Akhir

Late Triassic continental collision



Ilustrasi pertembungan kerak dan canggaan batuan.
Illustration of crustal collision and rock deformation.

Pertembungan dan rejahan granit

Collision and granite intrusion

Hanyutan benua menyebabkan Blok Sibumasu berlanggar dengan Blok Malaya Timur pada zaman Trias Akhir, sekitar 210 juta tahun dahulu. Perlanggaran ini menyebabkan penerobosan magma dari dalam Bumi yang membentuk batuan granit.

Continental drift brought the Sibumasu Block into collision with the East Malaya Block during the Late Triassic, around 210 million years ago. This collision led to the intrusion of magma from within the Earth, forming granite.

Canggaan, pengangkatan dan aplit

Deformation, uplift and aplite

Perlanggaran benua dan rejahan Granit Banjaran Utama menyebabkan batuan sedia ada tercangga dan termetamorf, serta keseluruhan kawasan Semenanjung Malaysia terangkat menjadi daratan. Rejahan aplit dipercayai terus berlaku pada zaman Kapur, sekitar 100–65 juta tahun dahulu, melalui rekahan dalam batuan.

Continental collision and intrusion of the Main Range Granite deformed and metamorphosed existing rocks, while the entire Peninsular Malaysian region was uplifted to form land. Aplite intrusion is thought to have continued through fractures during the Cretaceous, around 100–65 million years ago.

10 | Luluhawa, hakisan dan muka bumi

Weathering, erosion and landforms



Ilustrasi hakisan dan pengangkutan sedimen menuju ke laut.
Illustration of erosion and sediment transport towards the sea.

Permukaan Bumi semakin rendah

Progressive lowering of the land surface

Sejak zaman Tertier, proses luluhawa dan hakisan menyebabkan denudasi, iaitu penurunan permukaan Bumi. Secara umumnya, batuan yang lebih tahan terhadap luluhawa kimia dan fizikal membentuk pergunungan atau perbukitan tinggi. Batuan yang kurang tahan pula membentuk perbukitan rendah atau dataran rendah.

Since the Tertiary, weathering and erosion have caused denudation, or the lowering of the land surface. In general, rocks more resistant to chemical and physical weathering form mountains or high hills, while less resistant rocks form low hills or lowlands.

Dari batuan kepada endapan baharu

From rock to new sediment deposits

Bahan batuan yang terhakis dibawa oleh aliran air, kemudian dimendapkan dalam sistem sungai atau diangkut ke muara dan akhirnya ke lautan. Proses ini menghubungkan luluhawa batuan di daratan dengan pembentukan endapan baharu di kawasan yang lebih rendah.

Eroded rock material is carried by flowing water, then deposited within river systems or transported to estuaries and ultimately the sea. This connects the weathering of rocks on land with the formation of new deposits at lower elevations.

11 | Carta evolusi geologi Melaka

Melaka's geological evolution chart

JUTA TAHUN	KALA	UNIT BATUAN	PROSES GEOLOGI				
			PEMENDAPAN	TEKTONIK	MAGMATISME	METAMORFISME	DENUDASI
258	KUATERNER	Aluvium	Endapan sedimen pasir dan kelikir dalam sungai				Pembentukan landskap pergunungan
66	TERTIER	Profil Luluhawa dan Laterit					Luluhawa dan hakisan
145	KAPUR	Aplit		Rekahan	Rejahan Daik, Aplit		
210	JURA			Ketakselarasan			
255	TRIAS	Granit Banjaran Utama		Pengangkatan keseluruhan benua Semenanjung Malaysia	Rejahan granit	Metamorfisme sentuh/haba	
		Formasi Gemas	Pemendapan sedimen klastik, volkanit dan karbonat di laut cetek hingga laut dalam	Perlanggaran Blok Sibumasu dengan Blok Indochina			
300	PERM			Hanyutan blok Sibumasu ke utara	Terdapat akiviti letusan gunung berapi	Metamorfisme rantau	
359	KARBON			Hanyutan blok Indochina ke utara			
419	DEVON	Formasi Syis Jelebu	Pemendapan sedimen lumpur dan karbonat di lautan				
444	SILUR						
485	ORDOVISI						

Carta menghubungkan masa, unit batuan dan proses geologi Melaka. Batuan lebih tua berada di bahagian bawah; yang lebih muda di atas.

The chart links time, rock units and geological processes in Melaka. Older rocks appear below younger ones.

Kuaterner bermula 2.58 juta tahun dahulu (angka "258" pada imej). Ketinggian baris tidak berkadar dengan tempoh masa.

The Quaternary began 2.58 million years ago (shown as "258" in the image). Row heights are not proportional to duration.

12 | Apakah garis masa geologi?

What is the geological time scale?



Ilustrasi konsep / Conceptual illustration

Kalendar untuk sejarah Bumi

A calendar for Earth's history

Skala masa geologi menyusun sejarah Bumi kepada bahagian yang dinamakan eon, era, period dan epok. Ordovisi, Devon dan Trias ialah contoh period. Pembahagian ini membolehkan batuan dan peristiwa dari tempat berlainan dibandingkan dalam kerangka masa yang sama.

The geological time scale divides Earth's history into named eons, eras, periods and epochs. The Ordovician, Devonian and Triassic are examples of periods. These divisions allow rocks and events from different places to be compared within a shared time framework.

Tempohnya tidak sama panjang

The divisions have unequal durations

Pembahagian masa tidak dibuat pada sela juta tahun yang seragam. Ia berkembang daripada kajian lapisan batuan dan perubahan rekod hidupan. Banyak sempadan ditetapkan pada titik rujukan dalam jujukan batuan, dipersetujui di peringkat antarabangsa melalui International Commission on Stratigraphy (ICS).

Time is not divided into equal intervals of millions of years. The scale developed from studies of rock layers and changes in the record of life. Many boundaries are defined at reference points in rock successions, agreed internationally through the International Commission on Stratigraphy (ICS).

13 | Bukti pertama: urutan batuan dan fosil

First evidence: rock sequences and fossils



Ilustrasi konsep / Conceptual illustration

Usia relatif: yang mana lebih dahulu?

Relative age: which came first?

Dalam jujukan sedimen yang tidak terbalik, lapisan di bawah lazimnya lebih tua daripada lapisan di atas. Rejahan yang memotong batuan pula lebih muda daripada batuan yang dipotongnya. Hubungan ini menentukan urutan kejadian, tetapi belum memberikan usia dalam juta tahun.

In a sedimentary succession that has not been overturned, lower layers are generally older than those above. An intrusion is younger than the rock it cuts. These relationships establish the order of events, but do not yet give an age in millions of years.

Fosil menghubungkan tempat berlainan

Fossils connect different locations

Kumpulan hidupan berubah sepanjang masa. Fosil tertentu yang tersebar luas tetapi hidup dalam julat masa singkat membantu memadankan lapisan dari kawasan berlainan. Gabungan banyak jujukan batuan menghasilkan rekod masa yang lebih lengkap daripada satu singkapan sahaja.

Groups of organisms change through time. Certain widespread fossils with short geological ranges help correlate layers in different regions. Combining many rock successions produces a more complete time record than a single outcrop.

14 | Bagaimana usia dalam tahun diketahui?

How are numerical ages determined?



Ilustrasi konsep / Conceptual illustration

Jam semula jadi dalam mineral

Natural clocks within minerals

Pentarikhan radiometrik mengukur isotop radioaktif dan hasil pereputannya dalam mineral yang sesuai. Oleh sebab kadar pereputan diketahui, nisbah isotop boleh digunakan untuk mengira usia. Contohnya, sistem uranium–plumbum dalam zirkon boleh membantu menentukan masa penghabluran batuan igneus.

Radiometric dating measures radioactive isotopes and their decay products in suitable minerals. Because decay rates are known, isotope ratios can be used to calculate an age. For example, uranium–lead dating of zircon can help determine when an igneous rock crystallised.

Bukti digabungkan, bukan satu kaedah sahaja

Evidence is combined, rather than relying on one method

Usia radiometrik digabungkan dengan fosil dan hubungan lapisan untuk menentukur skala masa. Bagi batuan sedimen, usia abu volkanik yang berkaitan boleh membantu mengehadkan masa pemendapan. Usia satu mineral juga perlu ditafsir: ia mungkin merekodkan penghabluran, metamorfisme atau penyejukan.

Radiometric ages are combined with fossils and layer relationships to calibrate the time scale. For sedimentary rocks, ages of associated volcanic ash can help constrain deposition. A mineral age must also be interpreted: it may record crystallisation, metamorphism or cooling.

15 | Meletakkan Melaka pada garis masa

Placing Melaka on the time scale



Ilustrasi konsep / Conceptual illustration

Satu kawasan, beberapa usia

One region, several ages

Syis Jelebu menghubungkan Melaka dengan sedimen Paleozoik; usia bahan asalnya berbeza daripada masa metamorfisme. Formasi Gemas merekodkan pemendapan Perm–Trias. Granit pula mewakili penghabluran magma, manakala aplit yang memotongnya menunjukkan kejadian yang lebih kemudian.

The Jelebu Schist links Melaka with Palaeozoic sediment; the age of its original material differs from the time of metamorphism. The Gemas Formation records Permian–Triassic deposition. Granite represents magma crystallisation, while cross-cutting aplite records a later event.

Rekod yang berterusan dan yang terputus

Continuous records and missing intervals

Profil laterit dan endapan Kuaterner melengkapkan kisah batuan lama dengan perubahan dekat permukaan. Garis “ketakselarasan” pada carta menandakan jurang rekod akibat hakisan atau ketiadaan pemendapan. Carta Melaka menyatukan tafsiran setempat ini dalam kerangka masa geologi dunia.

Lateritic profiles and Quaternary deposits extend the story of older rocks through near-surface change. The “unconformity” line on the chart marks a gap caused by erosion or non-deposition. Melaka’s chart brings these local interpretations into the global geological time framework.

RUJUKAN / REFERENCES

Dr. Kamal Roslan. Panel 3: Bahagian Panel Digital QR.
Draf Dossier Permohonan Aspiring Melaka Geopark (2026).
International Commission on Stratigraphy. International Chronostratigraphic Chart.
U.S. Geological Survey. Geologic Time; Fossils, Rocks, and Time.
British Geological Survey. Rocks and minerals.
UNESCO. Kinabalu UNESCO Global Geopark.
Langkawi UNESCO Global Geopark. Rock formations.