1 | Melaka bermula di dasar laut

Melaka began beneath the sea



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Ordovisi-Devon | sekitar 450-350 juta tahun dahulu

Ordovician-Devonian | approximately 450-350 million years ago

Sedimen lumpur dan pasir terkumpul di dasar lautan dalam pada Blok Sibumasu. Bahan inilah yang menjadi asal kepada Formasi Syis Jelebu. Pada peringkat pemendapan, bahan tersebut belum menjadi syis; perubahan kepada batuan metamorf berlaku kemudian.

Mud and sand accumulated on the deep seafloor of the Sibumasu Block. These sediments became the precursor to the Jelebu Schist Formation. They were not schist when deposited; metamorphism occurred later.

Bagaimana lumpur dan pasir menjadi batuan?

How do mud and sand become rock?

Apabila sedimen baharu menimbus lapisan lama, beban memampatkan butirannya dan mengurangkan ruang liang. Mineral yang mengendap dalam liang menyimen butiran. Proses pembatuan ini mengubah sedimen longgar menjadi batuan sedimen sebelum episod metamorfisme.

As new sediment buries older layers, the load compacts grains and reduces pore space. Minerals precipitating in the pores cement grains together. This lithification turns loose sediment into sedimentary rock before metamorphism.

2 | Dua blok, dua kisah pemendapan

Two blocks, two depositional histories



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Perm/Trias Akhir | sekitar 250-210 juta tahun dahulu

Permian/Late Triassic | approximately 250-210 million years ago

Pada Blok Malaya Timur, pemendapan lumpur, pasir dan bahan volkanik dalam sekitaran laut membentuk Formasi Gemas. Ketika itu, Blok Sibumasu dan Blok Malaya Timur belum bercantum seperti kedudukannya hari ini. Lautan Paleo-Tethys memisahkan kedua-duanya.

On the East Malaya Block, marine deposition of mud, sand and volcanic material formed the Gemas Formation. Sibumasu and East Malaya were not yet joined as they are today. The Paleo-Tethys Ocean separated them.

Apakah yang diceritakan oleh bahan volkanik?

What does volcanic material reveal?

Abu dan serpihan gunung berapi boleh jatuh ke laut atau dibawa masuk ke lembangan, lalu bercampur dengan sedimen lain. Rekod ini menunjukkan sumbangan aktiviti volkanik kepada pemendapan. Ia tidak semestinya bermaksud sebuah gunung berapi pernah berdiri tepat pada singkapan yang dilihat hari ini.

Volcanic ash and fragments can fall into the sea or be transported into a basin, mixing with other sediment. They record a volcanic contribution to deposition, without necessarily indicating a volcano at the present-day outcrop.

3 | Lautan tertutup, benua bertembung

An ocean closes and continents collide



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Trias Akhir | sekitar 210 juta tahun dahulu

Late Triassic | approximately 210 million years ago

Pergerakan plat membawa Blok Sibumasu menghampiri Blok Malaya Timur. Kerak lautan di antaranya menyusup ke dalam Bumi melalui subduksi. Penutupan Lautan Paleo-Tethys akhirnya diikuti perlanggaran kedua-dua blok, yang menjadi episod penting pembentukan Semenanjung Malaysia.

Plate movement brought Sibumasu towards East Malaya. Oceanic crust between them descended into Earth through subduction. Closure of the Paleo-Tethys Ocean was followed by collision of the two blocks, a major episode in the formation of Peninsular Malaysia.

Mengapa batuan boleh terlipat?

Why can rocks fold?

Di dalam kerak, tekanan mampatan dan suhu tinggi membolehkan batuan berubah bentuk sepanjang masa geologi. Lapisan boleh terlipat, tersesar dan mengalami metamorfisme. Kerak yang menebal turut mengalami pengangkatan; pembentukan daratan ialah proses berperingkat, bukan satu kejadian serta-merta.

Within the crust, compression and high temperatures allow rocks to deform over geological time. Layers may fold, fault and undergo metamorphism. Thickened crust also undergoes uplift; the emergence of land is a gradual process rather than an instantaneous event.

4 | Daripada sedimen kepada syis

From sediment to schist



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Suhu, tekanan dan canggaan mengubah batuan

Heat, pressure and deformation transform rock

Perlanggaran benua dan haba daripada rejahan magma mengubah batuan yang telah wujud. Mineral boleh menghablur semula tanpa keseluruhan batuan melebur. Dalam syis, mineral berlembar seperti mika boleh tersusun mengikut arah tertentu lalu membentuk foliasi.

Continental collision and heat from magma intrusions transform pre-existing rocks. Minerals can recrystallise without the whole rock melting. In schist, platy minerals such as mica can develop a preferred orientation, producing foliation.

Bukti yang boleh dibayangkan di Tanjung Tuan

Evidence illustrated by Tanjung Tuan

Batuan syis dan telerang kuarza di Tanjung Tuan menyimpan rekod perubahan ini. Foliasi ialah struktur yang terbentuk semasa perubahan batuan; ia tidak semestinya sama dengan lapisan sedimen asal. Oleh itu, usia pemendapan bahan asal dan masa pembentukan foliasi mewakili dua episod berbeza.

Schist and quartz veins at Tanjung Tuan preserve evidence of this transformation. Foliation develops as rock changes and is not necessarily the original sedimentary layering. Deposition of the precursor sediment and formation of foliation therefore represent different episodes.

5 | Magma membeku menjadi granit

Magma crystallises into granite



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Rejahan Granit Banjaran Utama

Intrusion of the Main Range Granite

Episod tektonik ini disertai rejahan magma ke dalam kerak. Magma yang menyejuk di bawah permukaan menghablur menjadi granit. Penyejukan yang relatif perlahan membolehkan mineral seperti kuarza, feldspar dan mika membesar sehingga dapat dilihat dengan mata kasar.

This tectonic episode was accompanied by magma intrusion into the crust. Magma cooling below the surface crystallised into granite. Relatively slow cooling allowed minerals such as quartz, feldspar and mica to grow large enough to be seen with the naked eye.

Mengapa granit kini kelihatan di pantai?

Why is granite now exposed on the coast?

Pengangkatan dan hakisan menyingkirkan batuan penutup secara beransur-ansur sehingga granit tersingkap. Granit di Tanjung Bidara, Pulau Undan dan Pulau Besar menghubungkan singkapan hari ini dengan proses jauh di bawah permukaan pada masa lampau. Pantai sekarang bukan tempat magma itu membeku di permukaan.

Uplift and erosion gradually removed overlying rocks, exposing granite. Granite at Tanjung Bidara, Pulau Undan and Pulau Besar links present outcrops with processes once deep underground. The modern coast was not a surface where this magma solidified.

6 | Aplit merekodkan episod berikutnya

Aplite records a later episode



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Kapur | sekitar 100-65 juta tahun dahulu

Cretaceous | approximately 100-65 million years ago

Dalam urutan sejarah Dr. Kamal, rejahan aplit dipercayai berterusan pada zaman Kapur melalui rekahan batuan sedia ada. Aplit ialah batuan igneus cerah berbutir halus, lazimnya kaya kuarza dan feldspar. Rejahan kecil ini menambah satu lagi episod selepas pembentukan batuan perumah.

In Dr. Kamal's geological sequence, aplite intrusion is interpreted to have continued during the Cretaceous through fractures in existing rock. Aplite is a light-coloured, fine-grained igneous rock, commonly rich in quartz and feldspar. These small intrusions record another episode after the host rock formed.

Jalur yang memotong ialah petunjuk urutan

A cross-cutting band reveals the sequence

Aplit yang memotong granit mesti lebih muda daripada granit tersebut. Hubungan ini menentukan urutan relatif, tetapi tidak memberikan usia dalam juta tahun dengan sendirinya. Korok aplit yang direkodkan di Batu Mandi dan pulau-pulau Melaka membantu pengunjung membayangkan bagaimana rekahan diisi oleh magma.

Aplite cutting granite must be younger than that granite. This establishes a relative sequence but does not, by itself, provide an age in millions of years. Aplite dykes recorded at Batu Mandi and Melaka's islands illustrate how magma filled fractures.

7 | Batuan terurai, permukaan menurun

Rocks weather and the surface is lowered



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Sejak Tertier | luluhawa dan denudasi

Since the Tertiary | weathering and denudation

Selepas daratan terbentuk, batuan terus terdedah kepada air, udara dan perubahan suhu. Luluhawa memecahkan atau mengubah batuan di tempat asal. Hakisan pula menyingkirkan bahan tersebut. Gabungan proses yang merendahkan permukaan bumi ini dikenali sebagai denudasi.

After land emerged, rocks remained exposed to water, air and temperature changes. Weathering breaks down or alters rock in place, while erosion removes the material. The combined processes that lower the land surface are known as denudation.

Mengapa ada bukit, tanah rendah dan laterit?

Why do hills, lowlands and laterite develop?

Batuan yang lebih tahan boleh kekal sebagai bukit apabila kawasan sekeliling terhakis. Batuan yang lebih mudah terluluhawa cenderung membentuk kawasan rendah. Dalam iklim tropika, larut resap dan pengumpulan mineral besi menghasilkan profil laterit. Laterit Melaka merekodkan perubahan batuan yang jauh lebih tua.

More resistant rocks may remain as hills as surrounding ground is eroded. More easily weathered rocks tend to form lower ground. In tropical climates, leaching and iron-mineral accumulation produce lateritic profiles. Melaka's laterite records the alteration of much older rocks.

8 | Sedimen meneruskan kisah Melaka

Sediment continues Melaka's story



Ilustrasi konsep proses geologi; tidak mengikut skala. / Conceptual illustration; not to scale.

Dari singkapan ke sungai, muara dan laut

From outcrop to river, estuary and sea

Pasir, lodak dan lempung hasil luluhawa dibawa oleh aliran air. Apabila tenaga aliran berkurang, bahan ini mendap dalam sungai, dataran banjir, muara atau laut. Endapan Kuaterner di lembah Sungai Linggi dan Sungai Melaka ialah sebahagian daripada rekod muda yang menutupi batuan lebih tua.

Sand, silt and clay produced by weathering are carried by flowing water. As flow energy decreases, they settle in rivers, floodplains, estuaries or the sea. Quaternary deposits in the Linggi and Melaka river valleys form part of a younger record covering older rocks.

Satu kawasan, banyak episod geologi

One region, many geological episodes

Syis menghubungkan Melaka dengan sedimen laut purba dan metamorfisme; granit dan aplit merekodkan aktiviti magma; laterit serta endapan muda menunjukkan luluhawa, hakisan dan pemendapan semula. Batuan yang kita lihat hari ini ialah hasil beberapa proses yang bertindih sepanjang masa.

Schist connects Melaka with ancient marine sediment and metamorphism; granite and aplite record magmatic activity; laterite and young deposits reveal weathering, erosion and redeposition. Today's rocks reflect several processes superimposed through time.

RUJUKAN / REFERENCES

Kamal Roslan. Sejarah Geologi Melaka Geopark. Bahagian Panel Digital QR.
Draf Dossier Permohonan Aspiring Melaka Geopark (2026).
British Geological Survey. Rocks and minerals; Weathering; Relief.
U.S. Geological Survey. Fossils, Rocks, and Time.