

## Sekitaran pengendapan dan kehadiran paleosol di dalam lapisan Nenering di Grik, Perak (Depositional environment and the presence of paleosol in the Nenering bed in Grik, Perak)

CHE AZIZ ALI, AHMAD JANTAN, IBRAHIM ABDULLAH DAN JUHARI MAT AKHIR

Jabatan Geologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
Bangi, 43600

**Abstrak:** Lapisan Nenering merupakan batuan sedimen termuda yang tersingkap di kawasan Pengkalan Hulu, Grik. Sebaran sedimen dan sedimentologi jelas menunjukkan sedimennya telah diendapkan oleh sistem aluvium di dalam lembangan bendungan sesar yang berarah utara selatan. Sedimennya telah diterbitkan dari batuan sekitar yang lebih tua (Kumpulan Baling) dan diangkut ke dalam lembangan menuruni tebing-tebing sesar. Sebaran fasies secara jelas menunjukkan kehadiran sedimen konglomerat di bahagian pinggir lembangan dan fasies berubah secara beransur kepada batu pasir dan lodak ke bahagian paksi lembangan. Organisasi fasies menegak jelas menunjukkan aliran sedimen tercair dan sungai-sungai efemeral merupakan mekanisme pengangkut yang utama.

Kewujudan aliran yang tidak malar di dalam sistem aluvium tersebut telah mendorong pembentukan beberapa ufuk tanah. Usianya yang secara relatif muda membolehkan kesemua fitur dan profil tersebut terawet dengan baik dan telah dikenalpasti. Kajian terhadap sampel-sampel paleosol menunjukkan hubungan petrografi dan geokimia yang baik. Empat zon utama di dalam profil paleosol telah dikenalpasti dengan menggunakan kaedah pencirian petrografi dan geokimia tersebut.

Kehadiran kalkret pedogenik di dalam paleosol tersebut dikaitkan dengan fasa iklim lebih kering berbanding dengan masa sekarang.

**Abstract:** The Nenering Bed is the youngest sedimentary rock outcropping in the Pengkalan Hulu, Grik area. Its distribution and sedimentology show that the sediments were deposited by an alluvial system in a fault-bounded basin which trends north-south. The sediments were derived from the adjacent older sedimentary formations (the Baling Group) and were transported down the fault scarps into the basin. Lateral facies distribution clearly shows the presence of conglomerate at the basin edge which grades gradually into sandstone and silt towards the basin axis. Vertical facies organisation clearly shows that ephemeral streams were the dominant transportation mechanism.

The occurrence of periodical flow in the alluvial systems allowed the formation of soil horizons during dryer periods. The relatively younger age of the sediment had allowed the soil features and profile to be well preserved. Studies of samples from the paleosol horizons show good petrographic and geochemical correlation. Four major zones in the paleosol's profile have been identified using petrographic characterization and geochemistry.

The presence of pedogenic calcretes in the sediment sequence is interpreted to represent a period of dryer climate during its formation.

### PENDAHULUAN

Paleosol telah banyak dikenalpasti di dalam jujukan sedimen kuno semenjak Prakambrian (Chown dan Caty, 1983; Bertrand-Sarfati dan Moussine-Pouchkine, 1983) dan pembentukannya adalah dijangkakan meluas seperti yang sedang berlaku sekarang. Pembentukan tanah ini yang dicirikan oleh kehadiran kalkret, silcret dan laterit atau salah satu daripada bahan tersebut hanya boleh berlaku di dalam zon teratas kerak bumi yang terdedah kepada atmosfera. Rekod-rekod pembentukan paleosol paling mungkin boleh

ditemui di dalam jujukan batuan yang diendapkan di daratan atau bahagian-bahagian sekitaran yang pernah terdedah kepada atmosfera. Lazimnya paleosol telah ditemui di dalam sistem-sistem aluvium/tasik, karbonat cetek dan delta.

Batuan sedimen enapan daratan di Malaysia telah menjadi satu objek kajian yang tersendiri semenjak beberapa dekad yang lalu. Kajian-kajian batuan Kumpulan Tembeling, Formasi Gagau, dan Formasi Tebak telah hampir mantap dan proses serta keadaan semasa pengendapan telah difahami dengan agak baik. Namun begitu paleosol merupakan satu aspek yang amat jarang dikaji

dan diberikan perhatian khusus di dalam penyelidikan geologi di kawasan tersebut. Hal ini terjadi mungkin disebabkan oleh kesukaran untuk mengcam kehadiran fitur-fitur tanah di dalam jujukan sedimen kuno kerana pengawetannya yang tidak baik. Namun demikian kami telah memikirkan bahawa kekerapan kehadiran dan darjah pengawetan paleosol yang paling tinggi boleh wujud di dalam sedimen enapan daratan (kebenuaan) yang berusia muda. Proses-proses geomorfologi yang sedang berlaku sekarang menunjukkan bahawa enapan daratan merupakan tapak yang paling baik untuk pembentukan tanah. Di sekitaran sungai (fluvium), subsekitaran-subsekitaran seperti tebing dan dataran limpahan banjir, selain daripada waktu aliran tinggi, selalu terdedah kepada atmosfera. Keadaan ini mendorong bahagian-bahagian tersebut melalui proses-proses pembentukan tanah. Bergantung kepada kekerapan dan lama masa pendedahan kepada atmosfera pembentukan profil tanah boleh tebal atau nipis. Pengawetan dan perakaman di dalam jujukan sedimen pula lebih tergantung kepada keamatan proses hakisan yang berlaku di waktu banjir. Di subsekitaran yang bertenaga rendah seperti di dataran banjir pengawetan tanah mungkin lebih baik dan fitur-fitur diagnostik boleh terakam di dalam jujukan sedimennya. Sebaliknya kemungkinan pengawetan dan perakaman pembentukan tanah di sekitaran yang boleh terdedah kepada tenaga tinggi seperti di tebing sungai dan di bahagian atas permatang pasir adalah sangat rendah oleh proses hakisan yang berlaku semasa paras aliran tinggi.

Hakikat ini telah secara langsung mendorong kami untuk meneliti dan mengenalpasti kehadiran paleosol yang mungkin hadir di dalam jujukan sedimen enapan aluvium yang terdapat di Nenering, Grik, Perak. Lokasi ini paling sesuai untuk kajian awal memandangkan usia sedimen yang dijangka masih muda dan sekiranya fitur-fitur paleosol hadir, kriteria pengcamnya masih terawet baik.

## KAEDAH KAJIAN

Sampel-sampel yang terlibat di dalam kajian ini telah dipungut semasa dua siri kerja lapangan. Pada kerjalapangan yang pertama persampelan lebih ditumpukan untuk aspek sedimentologi dan palinologi. Pada masa yang sama kewujudan beberapa ufuk paleosol telah diikenalpasti. Dalam kerja lapangan yang kedua persampelan khusus ditumpukan untuk aspek paleosol. Sebanyak 15 sampel paleosol telah dipungut. Setiap sampel telah dibahagikan kepada beberapa bahagian untuk dibuat keratan nipis, analisis X-Ray Diffraction

(XRD) serta X-Ray Fluorescence (XRF).

## SEDIMENTOLOGI

Jujukan sedimen di Nenering yang terdiri daripada batuan sedimen enapan palung telah dinamakan sebagai Lapisan Nenering (c.f. Teh dan Sia, 1991; Ibrahim *et al.*, 1991). Secara umumnya unit batuan sedimen ini memperlihatkan ciri-ciri batuan sedimen yang termuda yang tersingkap di kawasan Nenering. Unit batuan sedimen ini telah terenap secara tidak selaras di atas formasi batuan yang lebih tua (Kumpulan Baling) yang terdiri daripada fasies batu pasir (kuarzit), fasies syal (syis) dan fasies batuan berkapur (batu kapur) yang telah mengalami proses metamorfisma darjah sederhana. Ketakselarasan di antara unit batuan Lapisan Nenering dengan batuan Kumplan Baling ini lebih jelas ditunjukkan oleh kehadiran satah hakisan yang terdapat di bahagian dasar lapisan tersebut yang tersingkap di jalan Grik-Pengkalan Hulu.

Usia unit batuan sedimen Lapisan Nenering ini masih menjadi persoalan. Teh dan Sia (1991) dan Ibrahim *et al.* (1991), telah mencadangkan bahawa batuan sedimen ini terenap pada masa Tertier. Di samping itu beberapa usaha telah dilakukan untuk mendapatkan usia batuan Lapisan Nenering termasuk ekstraksi pollen dan spora, namun demikian hasil yang positif belum didapati sehingga ke tahap ini. Oleh hal yang demikian usia yang meyakinkan masih belum dapat diagak dengan pasti.

## Sebaran sedimen dan organisasi facies

Sebaran batuan sedimen Lapisan Nenering ini adalah amat terhad. Kehadirannya hanya tertumpu di kawasan Felda Nenering dan sekitar berdekatan sahaja. Pada skala yang lebih kecil dapat diperhatikan dengan jelas bahawa batuan sedimen ini wujud di bahagian-bahagian lembah mengisi lembangan sesar (Rajah 1) dan hilang di bahagian permatang yang lebih tinggi yang bersebelahannya.

Secara keseluruhan batuan sedimen Lapisan Nenering ini diwakili oleh konglomerat, batu pasir, batu lodak dan batu lumpur yang belum membatu sempurna. Kehadiran konglomerat tertumpu di bahagian sempadan barat dan timur berhampiran dengan sempadan Thailand. Sementara fasies batuan yang berbutir lebih halus pula menguasai bahagian tengah dan timur.

## Fasies parakonglomerat

Parakonglomerat berlapis tebal (berubah di sekitar 1 hingga 2 meter) dan berwarna keperangan dibentuk oleh butiran yang bersaiz di antara satu

sentimeter hingga puluhan sentimeter seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2. Kerikil-kerikil kuarzit, syal, batu kapur serta kuarza terbitan telentang merupakan butiran dominan yang membentuk facies konglomerat tersebut. Matriksnya pula diwakili oleh butiran bersaiz pasir, lodak hingga lumpur yang mempunyai warna yang berubah daripada putih hingga merah-perang. Perubahan warna ini berkait dengan kekayaan kandungan besi terutama di dalam matriks berbutir halus. Kehadiran struktur pengenapan di dalam fasies ini tidak jelas.

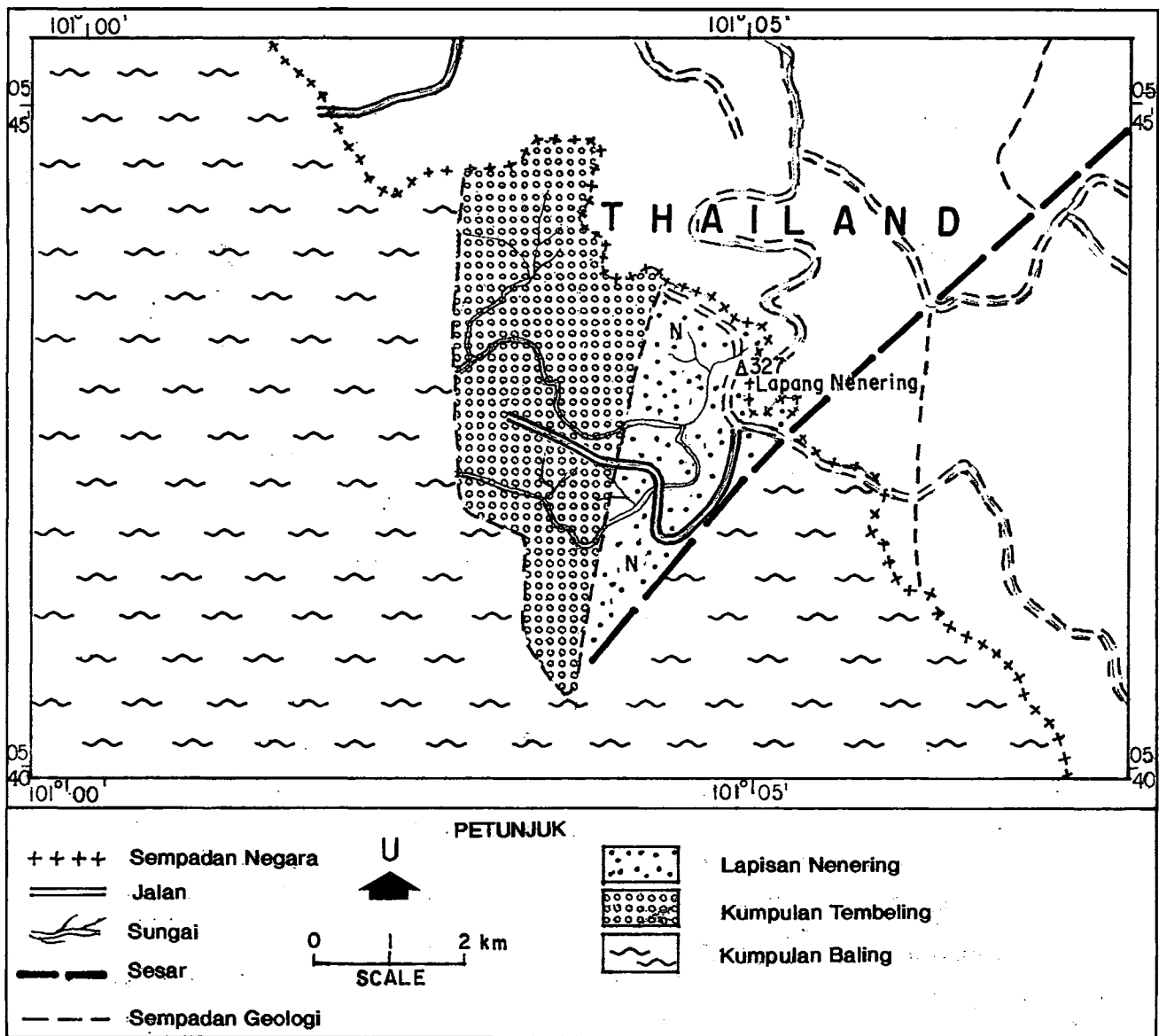
**Fasies batu pasir palung**

Fasies batu pasir berwarna cerah (putih) dan di sesetengah tempat di dalam jujukan warnanya berubah menjadi kelabu. Lazimnya batu pasir

hadir sebagai pengisi palung-palung yang boleh dilihat dengan jelas di singkapan jalan utama Grik-Pengkalan Hulu (Rajah 3). Fasies ini dibentuk oleh kuarza dan k-feldspar berbutiran kasar hingga sederhana kasar dan di sesetengah tempat berkerikil. Seperti di dalam facies konglomerat, kerikil di dalam batu pasir ini juga mempunyai persamaan jenis. Kehadiran struktur sedimen adalah tidak begitu ketara dan ini memperlihatkan tekstur keseluruhan yang masif. Walau bagaimana pun penyusunan butiran kerikil pada satah-satah bersudut dengan ufuk perlapisan berlaku di dalam beberapa lapisan palung. Struktur yang sebegini membentuk perlapisan silang yang lemah.

**Fasies batu lumpur**

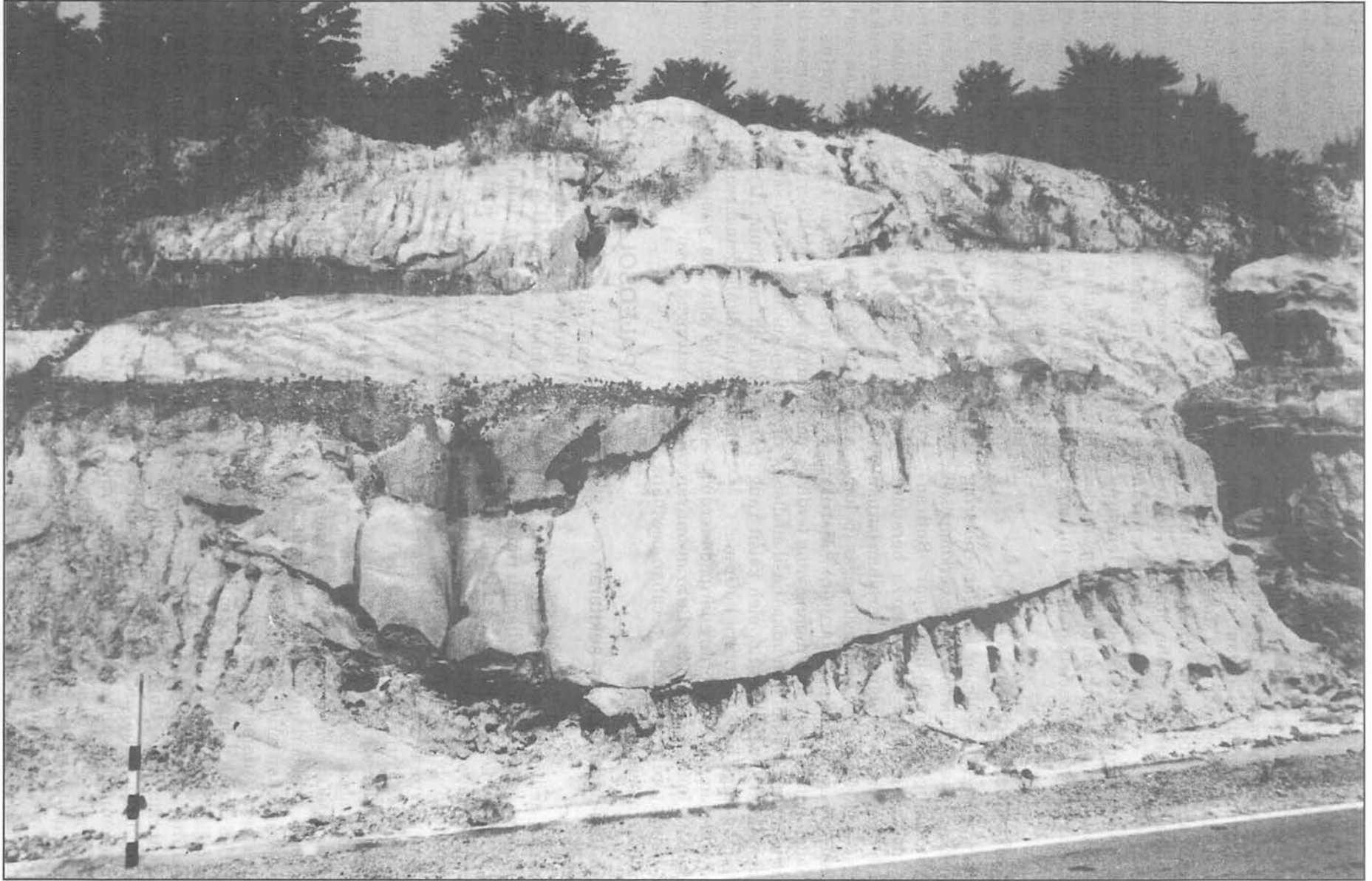
Fasies batu lumpur pula hadir secara dominan



**Rajah 1.** Peta geologi Kawasan Nenering menunjukkan taburan batuan sedimen Tertier dan hubungannya dengan formasi batuan yang lebih tua.



**Rajah 2.** Fotograf singkapan fasies konlomerat yang terdapat di jalan sempadan menunjukkan sebarang pangaturan klasta secara rawak.



**Rajah 3.** Singkapan fasies batu pasir yang terdapat di potongan jalan Kroh-Grik. Kehadiran palung-palung menunjukkan sedimen telah diangkut dan ditanapkan di dalam sekitaran fluvium.

berselang dan/atau bersebelahan dengan batu pasir. Di dalam banyak keadaan fasies ini telah terpotong dan terkeruk oleh palung-palung isian batu pasir. Terdapat juga keadaan-keadaan kewujudan lapisan berlumpur menindih secara bergred di atas lapisan pasir. Namun begitu di dalam keadaan yang kemudian tersebut lazimnya fasies lumpur menunjukkan sifat bermotal. Secara umumnya batu lumpur berwarna kelabu hingga kelabu gelap. Fasies ini diwakili oleh percampuran butiran yang berubah dari butiran lempung hingga lodak. Namun demikian kekayaan butiran bersaiz lempung yang mencirikan fasies ini amat ketara.

### Petrografi batuan sedimen

Kajian petrografi sedimen Lapisan Nenering menunjukkan batu pasir isian palung berkomposisi greiwaklitos hingga greiwak berfelspar. Butiran-butiran utama diwakili oleh kuarza bersudut (monohabluran dan polihabluran), serpihan batuan serta felspar (K-felspar) yang masih segar (belum mengalami pereputan atau perlarutan). Matriks diwakili oleh butiran bersaiz lempung yang terdiri daripada lempung kaolinit dan mika (hasil analisis XRD), manakala simen dibentuk oleh kalsit yang mengisi liang-liang baki di antara butiran.

Fasies berlumpur pula terdiri daripada terdiri daripada batu lumpur berlodak. Butiran-butiran bersaiz lodak terdiri daripada pecahan-pecahan butiran kuarza serta felspar.

### Tafsiran dan perbincangan sekitaran sedimen

Sebaran sedimen yang dibendungan oleh sempadan-sempadan sesar di bahagian timur dan barat (c.f. Ibrahim *et al.*, 1991) jelas menunjukkan bahawa pegenapan berlaku di dalam lembangan yang terhad. Taburan sedimen, litologi, bentuk lapisan dan tekstur sedimen mencadangkan secara umum bahawa jujukan sedimen ini telah dimendapkan oleh aliran deras yang singkat yang berlaku di bahagian cerun hingga ke kaki cerun yang curam. Kehadiran konglomerat dominan, tidak berlapis atau berlapis tebal di bahagian barat kawasan yang dikaji terletak paling hampir dengan sempadan sesar utama di bahagian barat yang berarah U-S (Rajah 4 dan Rajah 5) mencadangkan bahawa fasies tersebut telah diangkut di dalam bentuk aliran sedimen tercair yang menggelsonsor daripada terain lebih tinggi di bahagian barat. Ketidakhadiran sebaran bentuk pengaturan butiran memperkukuhkan lagi cadangan ini. Keadaan begini ditafsirkan berlaku di bahagian pangkal suatu kipas alluvium. Bergerak ke arah timur dan tengah lembangan fasies berpasir mengambilalih secara beransur-ansur sesuai

dengan kehilangan tenaga yang telah berlaku secara berlarutan dan nisbah *air:sedimen* yang lebih tinggi. Di peringkat tersebut, aliran mula berlaku di dalam palung-palung efemeral dan berburai. Keadaan ini telah menghasilkan rekod susun atur palung yang saling memotong pada keratan seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 3 dan 6. Perselangan fasies pasir palung dan lapisan lumpur yang nipis menggambarkan berlaku kehilangan tenaga aliran sepenuh di beberapa tempat dalam bahagian ini. Keadaan ini mungkin wujud di bahagian-bahagian palung tinggalan atau juga dataran-dataran banjir sementara yang minor di bahagian tengah kipas. Bergerak lebih jauh ketengah lembangan (berhampiran jambatan di jalan Grik-Pengkalan hulu) kehadiran fasies pasir palung dan lumpur lebih kerap. Di bahagian tersebut juga telah dicerap kehadiran sekurang-kurangnya lima ufuk paleosol. Gabungan fasies, kehadiran ufuk paleosol dan akar tumbuhan yang terawet mencadangkan keadaan permukaan pemendapan yang lebih landai dan stabil. Pemendapan sedimen berbutir halus dan pembetulan tanah boleh berlaku dan terawet baik di dalam jujukan sedimen sekiranya hakisan oleh aliran adalah minimum (tenaga aliran rendah). Bahagian ini ditafsirkan mewakili sekitaran hujung suatu kipas aluvium yang terletak di bahagian paksi lembangan sesar.

### PALEOSOL DAN KALKRET

Beberapa ufuk yang mencirikan pembentukan paleosol dan kalkret telah dikenalpasti wujud di dalam jujukan sedimen Lapisan Nenering (Rajah 6B dan C). Cerapan lapangan menunjukkan paleosol dan kalkret hadir dalam dua gaya kedudukan yang berbeza.

Jenis pertama merupakan kerak kalkret yang terletak di atas batuan dasar (batu kapur Kumpulan Baling). Lapisan kalkret ini menandakan zon paleosol setebal 1–1.5 meter. Cerapan lapangan membolehkan profil paleosol ini dibahagikan kepada empat zon yang jelas. Zon pertama (Zon 1a) di bahagian paling bawah ditandai oleh kehadiran kerikil hitam (black pebel) bersaiz 2–4 cm (Rajah 7 dan 8) yang merupakan satu ciri diagnostik kalkret. Zon berkerikil hitam berubah ke atas secara beransur menjadi zon yang berkerikil kelabu yang bersiaz lebih kecil. Zon ini (Zon 1b) ini juga dicirikan oleh kehadiran struktur akar tumbuhan. Zon 1 disusuli pula di bahagian atasnya oleh satu zon bermotal (Zon 2) yang berwarna kemerahan. Kesan-kesan kehadiran kerikil masih kelihatan di dalam zon ini namun begitu saiznya semakin berkurangan. Zon seterusnya (Zon 3) dicirikan oleh bahan tanah yang bertekstur

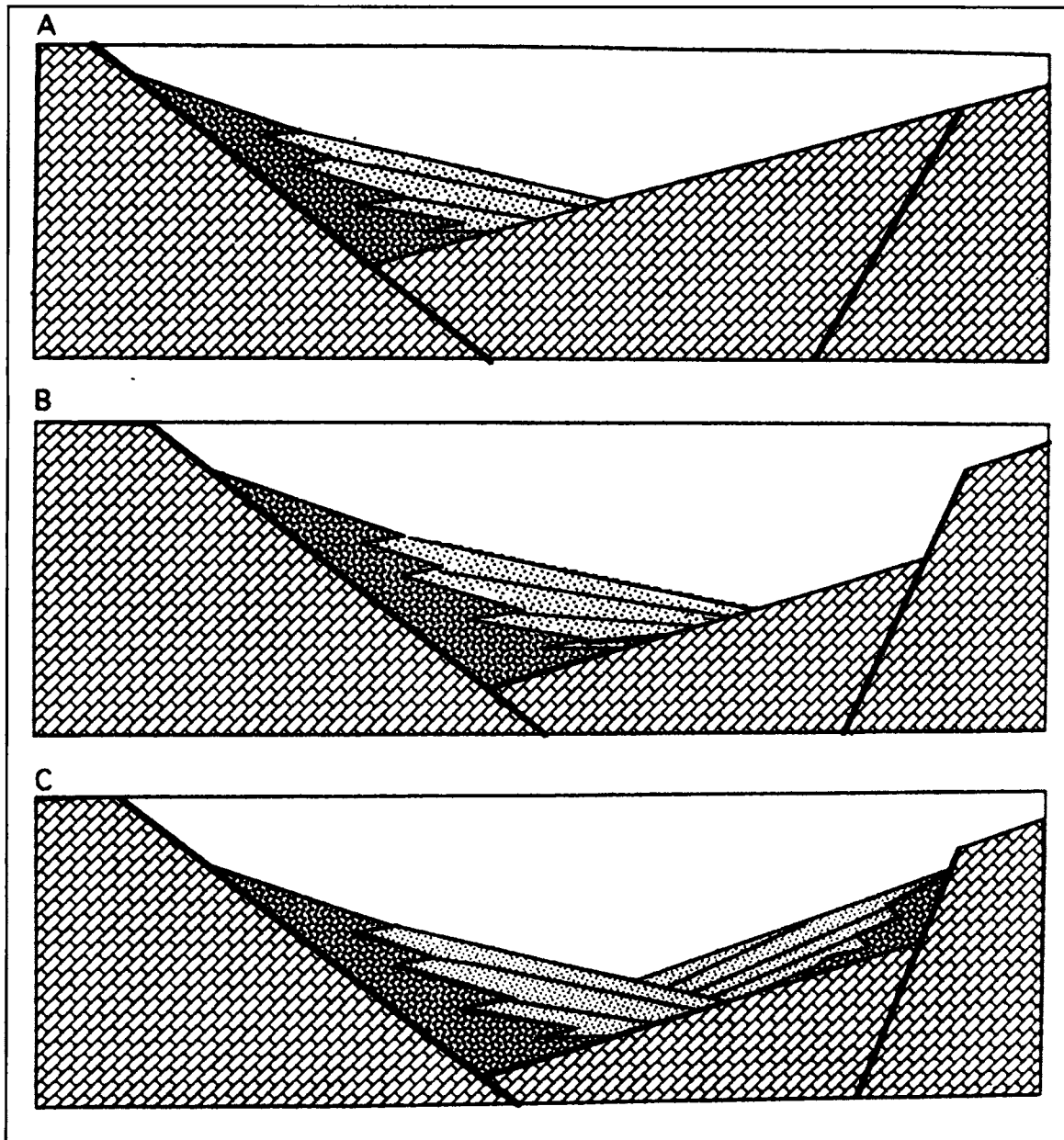
berkapur (chalky) yang berwarna keputihan. Keseluruhan tekstur tanah di dalam zon ini berbutir halus dan kehadiran struktur-struktur berblok mula kelihatan. Di bahagian paling diwakili oleh zon pembentukan tanah sempurna (Zon 4) dan di cirikan oleh kehadiran lebih daripada 90% bahan berbutir halus yang bermotal dan berwarna kemerahan-kekuningan.

Paleosol berkalkret (jenis kedua) wujud sebagai ufuk-ufuk tanah kuno yang menutupi bahagian atas sesuatu lapisan di dalam jujukan batuan sedimen Lapisan Nenering (Rajah 6B).

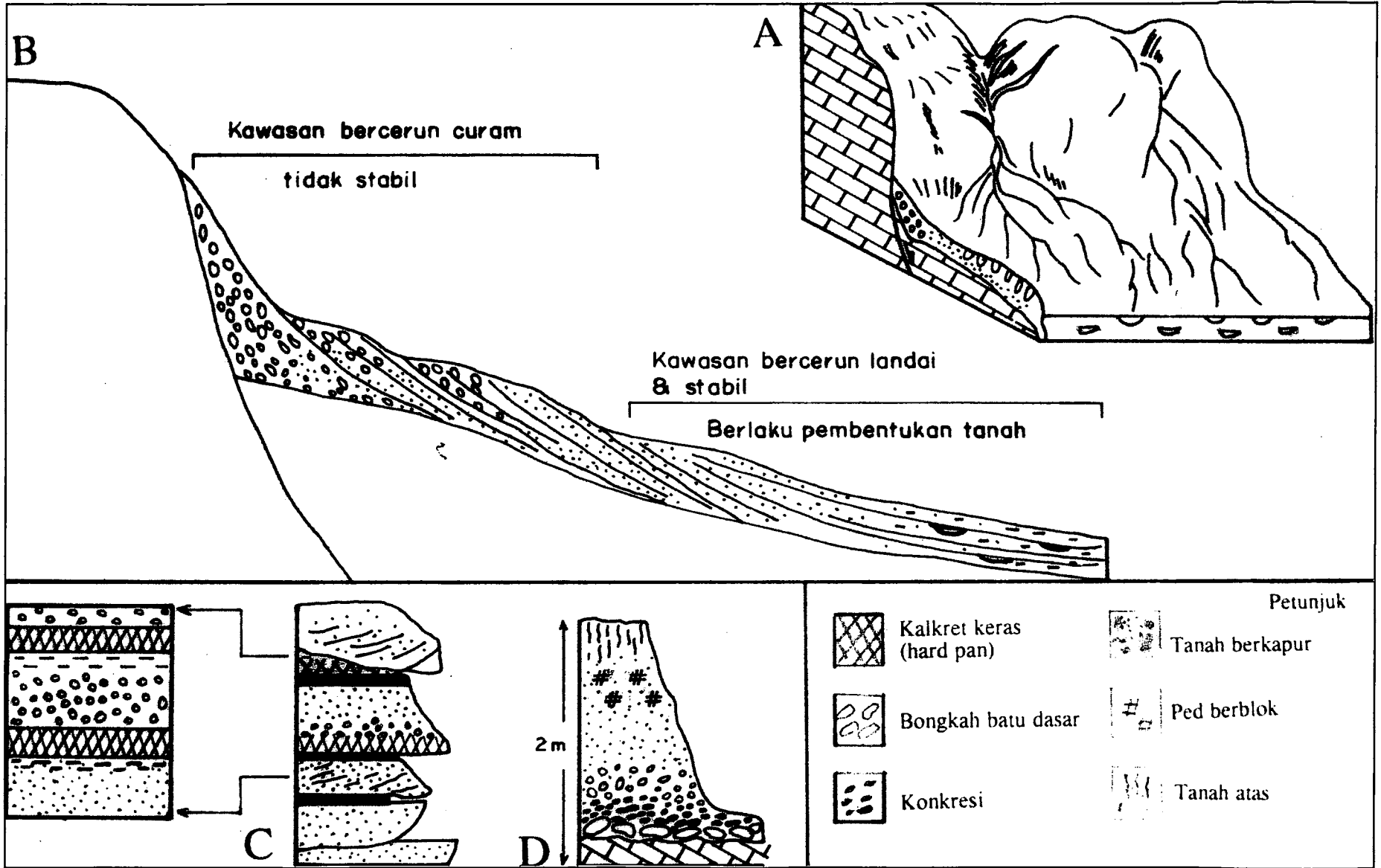
Kehadirannya ditunjukkan oleh kewujudan zon-zon bermotal berbutir halus. Bahagian bawah lapisan tersebut diwakili oleh kehadiran kalkret tulin yang terpadat. Cerapan pada singkapan menunjukkan kalkret tersebut membentuk lapisan yang tersimen sempurna oleh kalsit. Dengan demikian ia membentuk lapisan keras (hard pan).

#### Fitur-fitur dan petrografi paleosol

Fitur-fitur tanah juga telah diperhatikan dengan lebih teliti pada keratan nipis-nipis sampel tanah yang dikutip dari beberapa ufuk pada



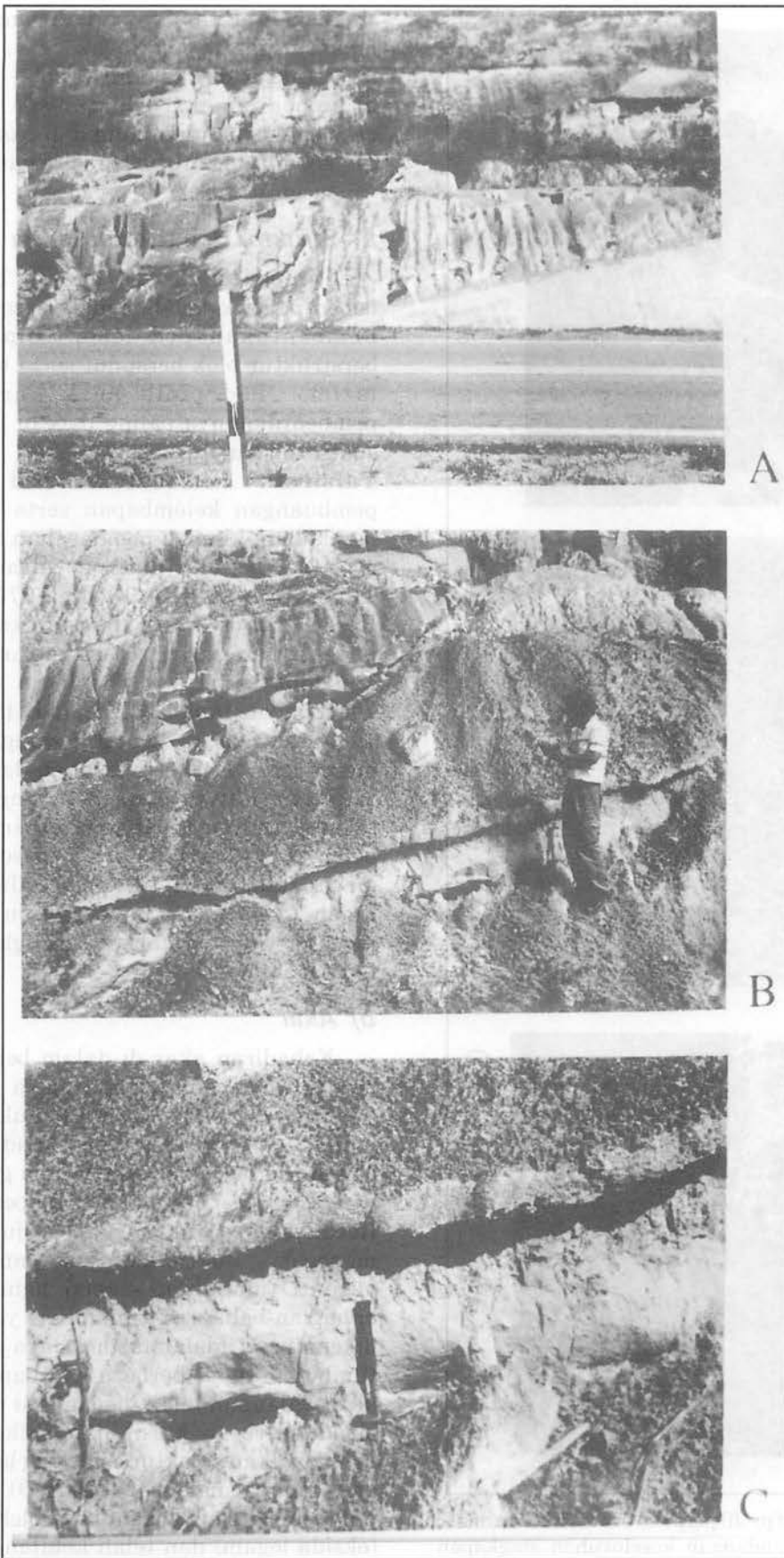
**Rajah 4.** Model hipotetikal bagi menunjukkan pembentukan lembangan disesuaikan dengan taburan sedimen di permukaan. A) Semasa awal pembentukan satah sesar di bahagian barat telah mengalami penurunan membentuk lembangan yang miring ke barat dan sedimen dimendapkan dari dinding bahagian tersebut. B) Pergerakan satah sesar yang sedia wujud di bahagian timur menurunkan lembangan lebih dalam. C) Pengenapan sedimen yang berpunca dari bahagian timur.



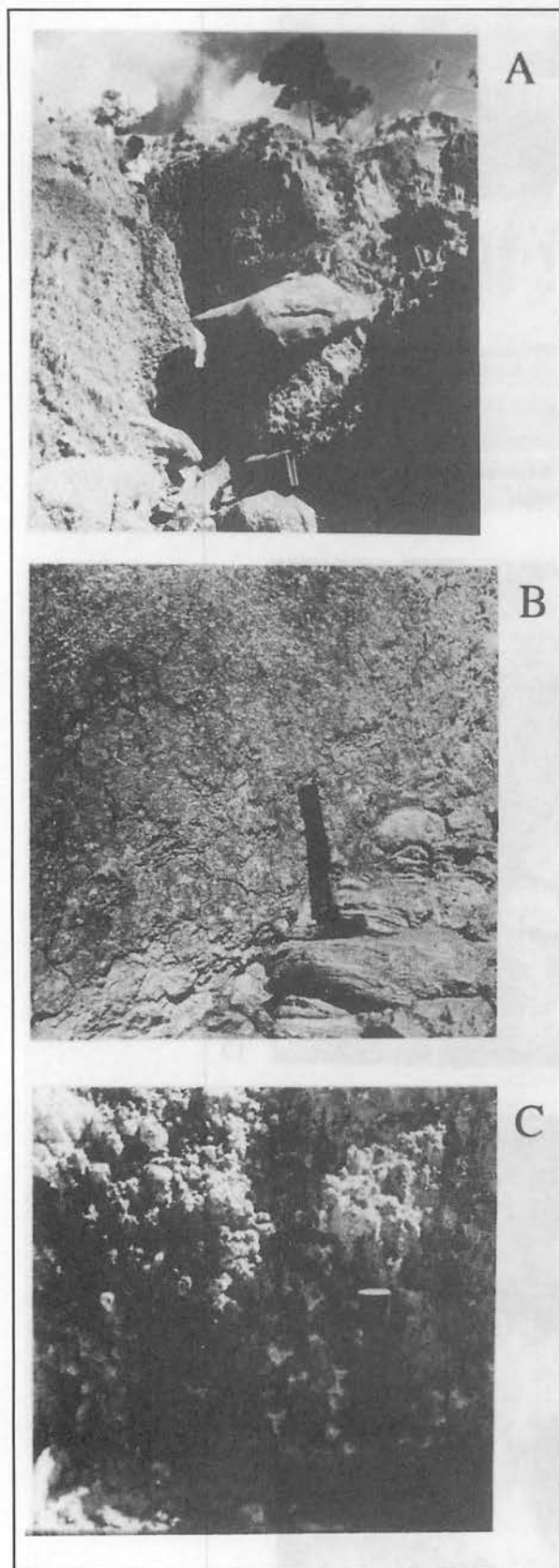
Rajah 5. Model skematik untuk menunjukkan sekitaran pengendapan, hubungan fasies secara menyisi dan menegak serta kehadiran dan kedudukan zon-zon paleosol di dalam jujukan sedimen.

Geol. Soc. Malaysia, Bulletin 38





**Rajah 6.** A) Jujukan sedimen palung berfasies pasir. B) Kedudukan dua jenis kalkret. Di bahagian atas lapisan ialah kalkret pedogen sementara lapisan keras di bahagian bawah menunjukkan kalkret air tanah. C) Pandangan dekat kalkret air tanah.



**Rajah 7.** Fotograf profil paleosol di atas batuan dasar batu kapur. A) Pandangan keseluruhan singkapan kalkret dengan kehadiran blok-blok batu kapur terluluhawa. B) Zon nodul dan tanah berkapur di atas batuan dasar. C) Zon bernodul.

singkapan. Fitur-fitur tanah yang dikenalpasti di dalam kajian ini termasuk:

- a) struktur dan tekstur tanah,
- b) kehadiran akar (rhizokresi),
- c) pengkayaan lempung dan oksida logam,
- d) kehadiran butiran bersalut dan morfologi simen terjurai.

#### a) Struktur dan tekstur tanah

Pembentukan ped adalah boleh dilihat di beberapa ufuk di dalam jujukan sedimen Nenering. Pembentukan ped lemah hingga sederhana berstruktur blok bersudut serta bergranul adalah lazim. Ped pipih agak kurang jelas dan pembentukannya paling baik di bahagian teratas suatu zon tanah.

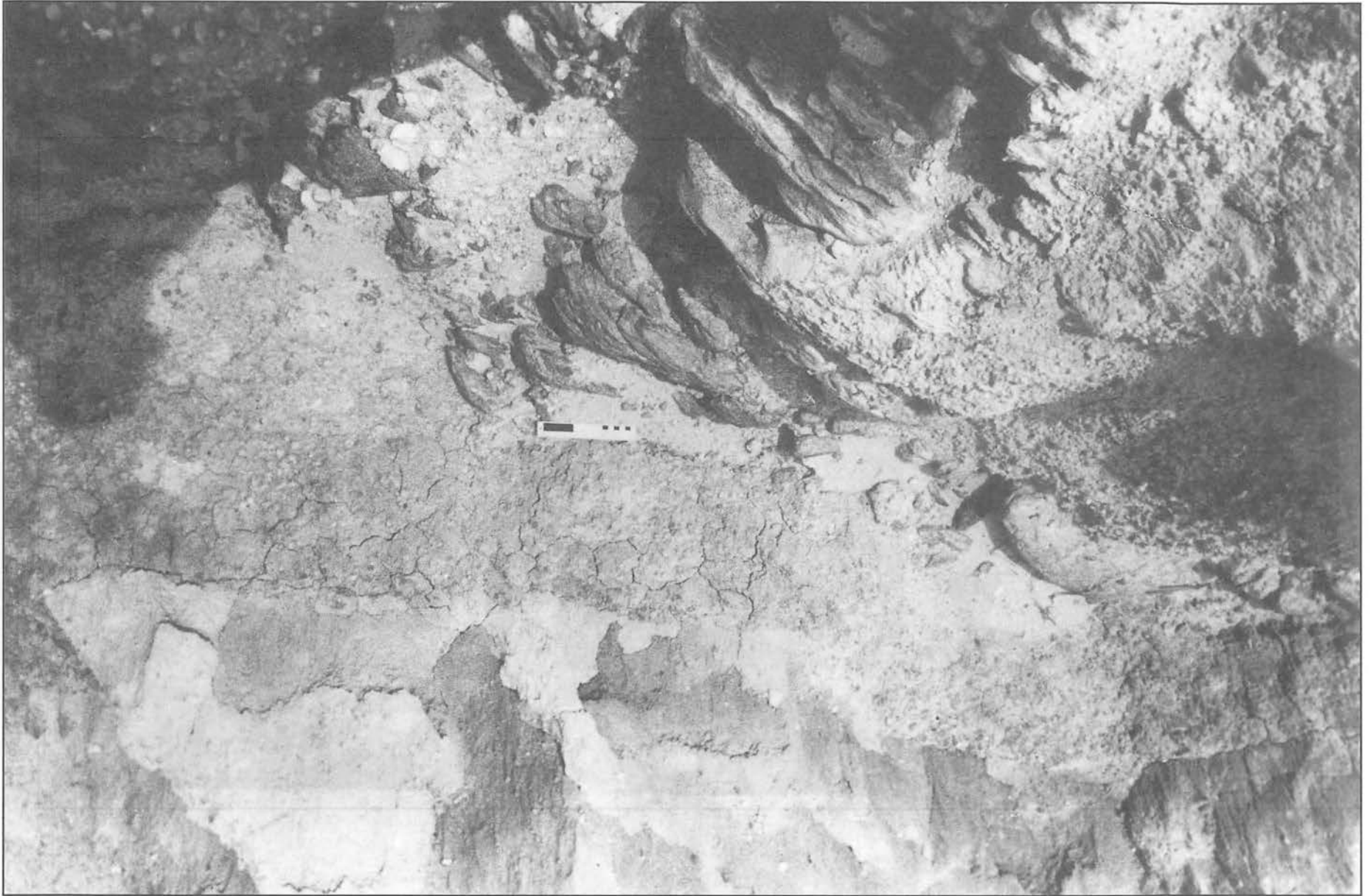
**Tafsiran.** Pembentukan ped ini melibatkan pembuangan kelembapan serta pengecutan dan perekahan, kitaran pembasahan dan pengeringan atau pembekuan dan pencairan (White, 1966; Thomasson dan Bullock, 1975; Foth, 1984). Kesemua proses ini akhirnya akan menghasilkan pengasingan zarah secara mekanikal. Ped blok bersudut lazimnya dihasilkan oleh perubahan kelembapan tanah (Birkeland, 1984; Fitzpatrick, 1980), sementara struktur yang bergranul pula merupakan hasil pembasahan dan pengeringan.

Pemerhatian paleosol yang menunjukkan tekstur sedimen yang halus serta pembatalan pengawetan kesemua struktur sedimen yang asal merupakan hasil terakhir dalam pembentukan tanah. Fenomena ini bersetuju dengan ciri-ciri paleosol yang pernah dibincangkan dari tempat-tempat lain.

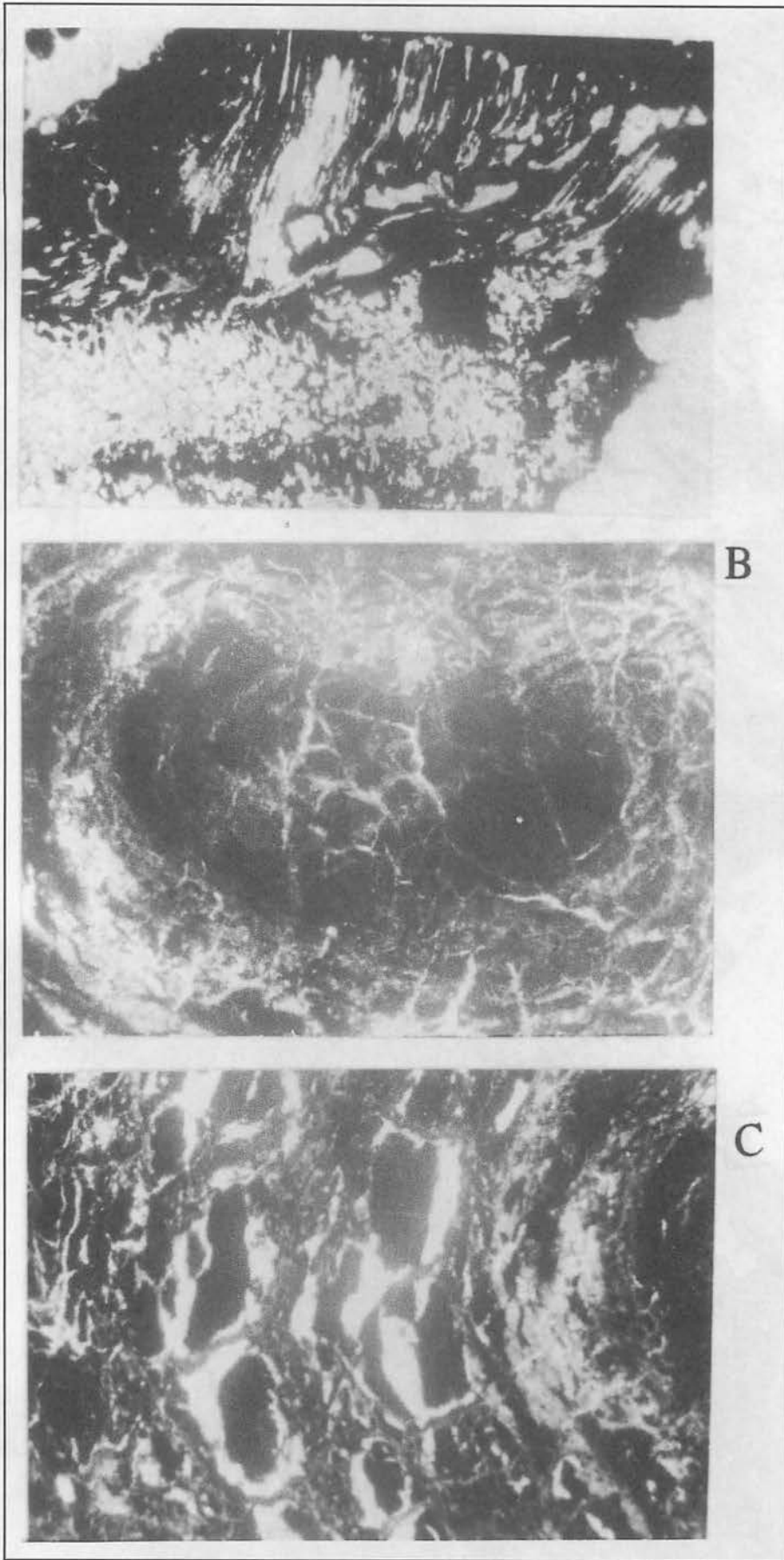
#### b) Akar

Kehadiran akar di dalam berbagai saiz yang berubah daripada 3 mm hingga 2 cm jelas boleh diperhatikan pada beberapa ufuk selain daripada lapisan pasir isian palung. Pada contoh tangan kehadiran rhizokresi ini berupa gumpalan (nodul) yang kaya besi oksid berwarna perang atau hitam. Kebanyakan struktur akar wujud mendatar dan menegak. Bukti-bukti lain yang menunjukkan aktiviti tumbuhan seperti kehadiran serpihan bahagian-bahagian tumbuhan yang tidak dapat dikenalpasti adalah lazim. Gaya pengawetan akar tumbuhan agak berbeza. Kebanyakan bahagian akar walaupun telah mengalami penggantian oleh oksida berbesi, kalsit dan silika namun masih mengekalkan struktur asal yang berbentuk gentian atau gelang memusat (Rajah 9). Setengah akar pula telah diganti sepenuhnya oleh bahan sekunder (oksida logam) dan telah kehilangan bahan asal.

**Tafsiran.** Kehadiran akar tumbuhan *in situ* telah kenalpasti sebagai satu bukti kukuh baki menyokong pembentukan tanah (c.f. Joffe, 1949;



**Rajah 8.** Pandangan dekat zon terbawah paleosol yang terletak di atas batu dasar batu kapur Kumpulan Baling. Perhatikan pengkayaan nodul di bahagian bawah yang mengurang ke atas memasuki zon tanah berbutir halus.



**Rajah 9.** Fotomikrograf anak akar yang didapati di dalam zon bernodul.

Jenny, 1980; Bown dan Kraus, 1981; Retallack, 1985). Pengangkutan bahan tanah boleh berlaku melalui tisu tumbuhan yang masih hidup melalui pengisian akar dan juga melalui pengaturan semula tanah semasa penusukan, pembesaran dan pereputan akar (McSweeney dan Fastovsky, 1987). Penggantian bahan akar yang membentuk rhisokresi yang berwarna perang hingga gelap menunjukkan telah berlaku pengangkutan ion di sekeliling akarpada keadaan redoks (Eh) tempatan semasa pembentukan atau penimbunan.

### c) *Pengkayaan lempung dan oksida logam*

Kehadiran lempung dan oksida berlogam jelas diperhatikan di dalam sampel-sampel tanah di bawah mikroskop. Kulit lempung berarah di sekeliling butiran yang lebih kasar jelas terawet dan tidak terganggu oleh proses diagenesis selanjutnya. Kehadiran lempung juga sering diperhatikan membentuk jalur-jalur dan juga mengisi ruang liang yang berbentuk fenestra. Kehadiran lempung yang berjalur kelihatan lebih berterusan sementara lempung yang mengisi ruang liang terhad. Isian lempung di dalam liang boleh wujud samada secara isian separa atau isian penuh. Seringkali liang-liang kosong dialasi oleh filem lempung nipis.

Di dalam lapisan kerak karbonat cerapan di bawah mikroskop menunjukkan kehadiran lempung mengisi retakan yang terbentuk selepas pembentukan kerak karbonat tersebut. Fenomena ini membayangkan bahawa sesetengah lempung telah terserak dan memasuki liang-liang sekunder di dalam zon tersebut setelah berlaku pembentukan tanah di bahagian atas lapisan.

**Tafsiran.** Pembezaan di antara lempung pedogenik (iluviasi) dan lempung diagenesis (hasil perubahan mineral atau pembentukan secara autigenik) adalah amat sukar namun penting dalam mengenalpasti paleosol. Iluviasi lempung semasa pembentukan tanah memerlukan serakan zarah di dalam ufuk yang berada di bahagian atas dengan demikian zarah tersebut boleh diangkut ke bawah oleh air melalui liang tanah (McSweeney dan Fastovsky, 1987). Pemendapan lempung di dalam zon tanah boleh berlaku melalui flokulasi oleh oksida besi bebas, flokulasi oleh karbonat, pemendapan kimia besi disusuli oleh flokulasi koloid, evapotranspirasi pada bahagian atas zon lembab atau turasan melalui suatu lapisan poros (c.f. Dijkerman *et al.*, 1967; Bond, 1986).

Kajian di bawah mikroskop meyakinkan kami bahawa morfologi-morfologi yang telah di sebutkan di atas tadi merupakan hasil iluviasi. Ini termasuklah Penyelaputan dinding liang oleh filem lempung sama tebal dan laminasi mikro yang menunjukkan darjah pengaturan yang tinggi.

Laminasi mikro yang terdiri daripada bahan lempung ini juga boleh terjadi oleh proses metamorfisma batuan berbutir halus. Namun demikian keadaan tabie sampel yang dikaji yang belum menunjukkan sebarang kesan metamorfisma menolak kemungkinan tersebut. Gabungan bukti ini bersama fitur-fitur lain yang telah dibincangkan di atas menyakinkan kami bahawa morfologi lempung tersebut adalah hasil iluviasi dan merupakan satu petanda bahawa pembentukan tanah telah berlaku.

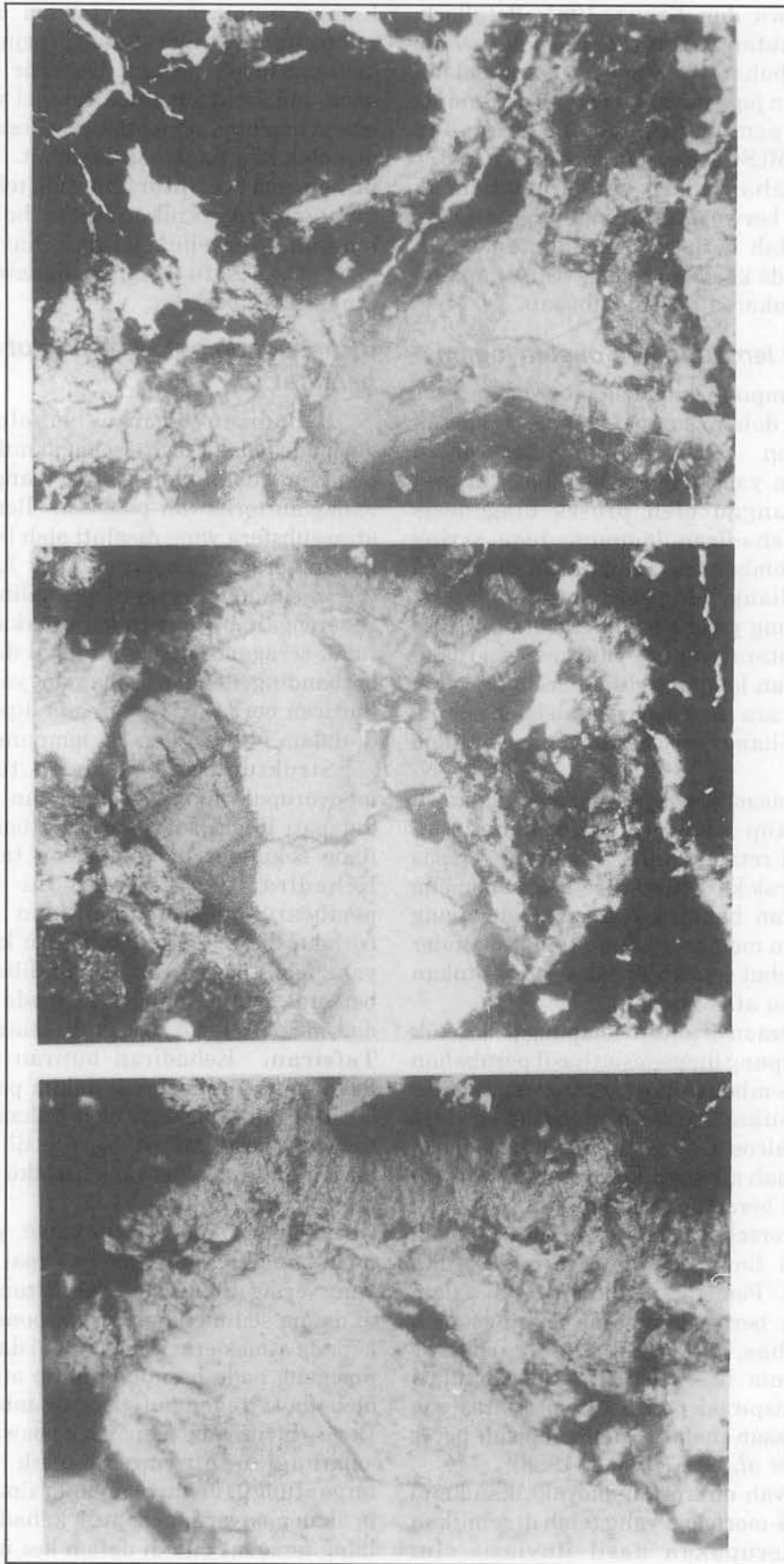
### d) *kehadiran butiran bersalut dan simen berserat*

Kehadiran butiran bersalut yang terdiri daripada lodak kuraza sebagai nuklei adalah lazim terutama di dalam sampel yang dipungut dari bahagian terbawah paleosol. Bentuk-bentuk sfera atau subsfera yang disaluti oleh lempung dan juga kalsit berserat beserta kalsit kaya besi oksida (berwarna lebih gelap) jelas kelihatan (Rajah 10). Sesetengah butiran menunjukkan salutan yang tidak seragam iaitu lebih tebal di suatu bahagian berbanding dengan bahagian yang lain. Peloid (butiran bermikrit?) juga ada diperhatikan wujud di dalam butiran bersaiz lempung.

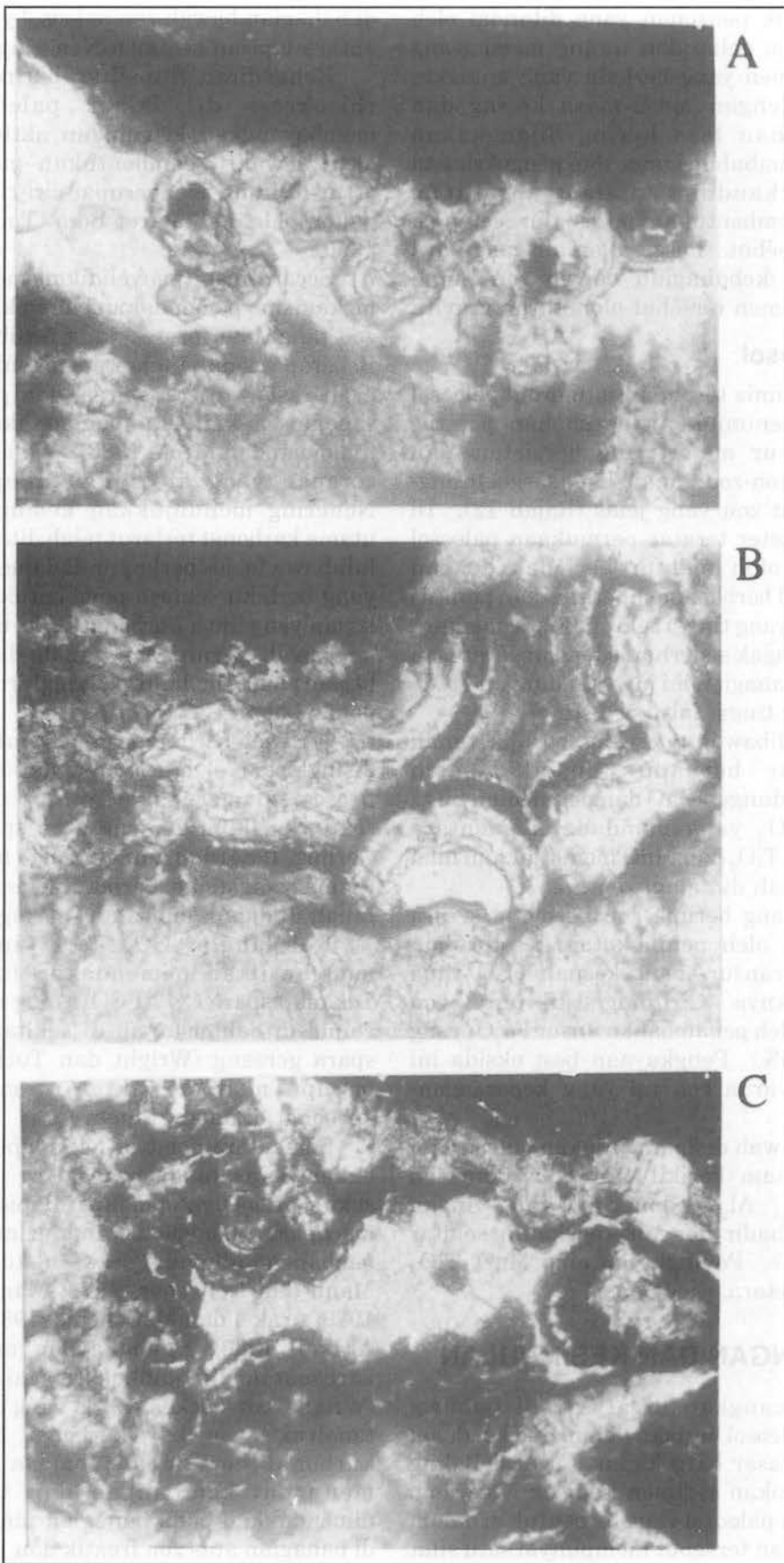
Struktur-struktur simen tergantung yang menyerupai mikrostalagmit dan mikrostalagmit didapati lumrah terbentuk di bahagian-bahagian liang sekunder di dalam zon tanah (Rajah 11). Kehadiran jenis simen ini setara dengan pembentukan stalagmit dan stalagmit yang berlaku di dalam gua-gua batu kapur pada skala yang lebih besar. Simen ini dibentuk oleh kalsit berserat yang tumbuh daripada bumbung liang dan membesar ke bawah di dalam liang.

**Tafsiran.** Kehadiran butiran bersalut adalah fenomena yang lazim di dalam paleosol. Butiran-butiran yang disaluti oleh bahan-bahan berbutir halus (seperti mikrit) sering di kaitkan dengan aktiviti mikrobiologi yang berlaku di dalam (Tucker dan Wright, 1990).

Pembentukan simen kalsit yang tergantung pada bumbung liang menyerupai simen meniskus yang sering ditemui di dalam zon vados, terutama di dalam sedimen/batuan karbonat yang terdedah kepada atmosfera. Air tanah di dalam zon tersebut dipegang pada bumbung liang atau dinding liang oleh daya tegangan permukaan dan rerambut. Daya graviti yang menarik ke bawah menyebabkan sebahagian air membentuk struktur yang tergantung. Hasilnya apabila simen dimendapkan ia akan menyerupai bentuk kehadiran air di dalam liang tersebut dan di dalam kes ini ia membentuk simen yang tergantung (pendant) sementara di bahagian lantai liang simen membentuk hasil daripada titisan.



**Rajah 10.** Fotomikrograf menunjukkan kepelbagaian bentuk simen kalsit berserat yang mengisi liang dan menyaluti butiran di dalam paleosol.



**Rajah 11.** Fotomikrograf jenis-jenis struktur simen kalsit mikrostagtit yang dimendapkan oleh air tawar di dalam zon tanah paleosol.

Bentuk-bentuk penzonan yang ditandai oleh kehadiran zon-zon gelap dan terang membayang pertumbuhan simen yang berkala yang mungkin berkait rapat dengan masa-masa kering dan lembab. Kejadian fasa kering dijangkakan membantut pertumbuhan simen dan pengoksidaan besi yang terkandung dalam air liang menyebabkan pembentukan jalur-jalur gelap di dalam simen tersebut. Pergerakan air yang kaya bahan karbonat kebahagian bawah zon tanah memendapkan simen tersebut oleh aliran graviti.

### Geokimia paleosol

Analisis geokimia terhadap satu profil paleosol yang lengkap menunjukkan perubahan peratus berat unsur-unsur major yang bersistem dan membahagikan zon-zon tanah kepada sekurang-kurangnya empat zon yang jelas (Rajah 12). Di dalam zon 0.3 meter teratas permukaan paleosol yang dicirikan oleh tekstur berlodak dengan pembentukan ped berblok memperlihatkan peratus kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi sekitar 30% sementara kandungan  $\text{CaO}$  agak sederhana dengan peratusan sekitar 20%. Di bahagian ini juga kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  paling tinggi iaitu 5–10%.

Zon kedua dibawahnya yang berupa tanah dengan tekstur berkapur dicirikan oleh peningkatan kandungan  $\text{CaO}$  dan penurunan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang mendadak. Sementara kandungan  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{MnO}$  menunjukkan nilai yang paling rendah di dalam zon ini.

Zon ketiga yang berupa zon bermotal secara amnya dicirikan oleh peningkatan keseluruhan unsur secara beransur-ansur kecuali  $\text{CaO}$  yang bertindak sebaliknya. Ciri diagnostik untuk zon ini ditunjukkan oleh penambahan unsur  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang berada sekitar 5%. Pengkayaan besi oksida ini sesuai dengan warna zon ini yang keperangan-merah muda.

Zon paling bawah di dalam jujukan paleosol ini yang bernodul hitam (kerikil hitam) dicirikan oleh kehadiran  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi. Masing masing hadir dengan kepekatan sekitar 5%, 10% dan 40%. Peningkatan nilai  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{MnO}$  juga ketara.

### PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Telah dibincangkan di atas tadi bahawa pembentukan paleosol berlaku dalam dua keadaan: di atas batuan dasar batu kapur Formasi Baling dan di dalam jujukan sedimen Lapisan Nenering. Namun demikian paleosol yang terbentuk di dalam kedua-dua keadaan tersebut mempunyai satu sifat sepunya iaitu tersimen oleh bahan karbonat. Satu-satunya ciri utama yang membezakannya ialah kehadiran lapisan kalkret keras (hardpan calcrete)

di bahagian bawah zon paleosol yang terbentuk di antara lapisan sedimen Nenering.

Kehadiran fitur-fitur butiran bersalut dan rhizokresi di dalam paleosol Nenering membayangkan kewujudan aktiviti biologi yang aktif sewaktu pembentukan paleosol tersebut. Fitur-fitur ini menyerupai ciri-ciri yang hadir di dalam paleosol kalkret Beta (Tucker dan Wright, 1990).

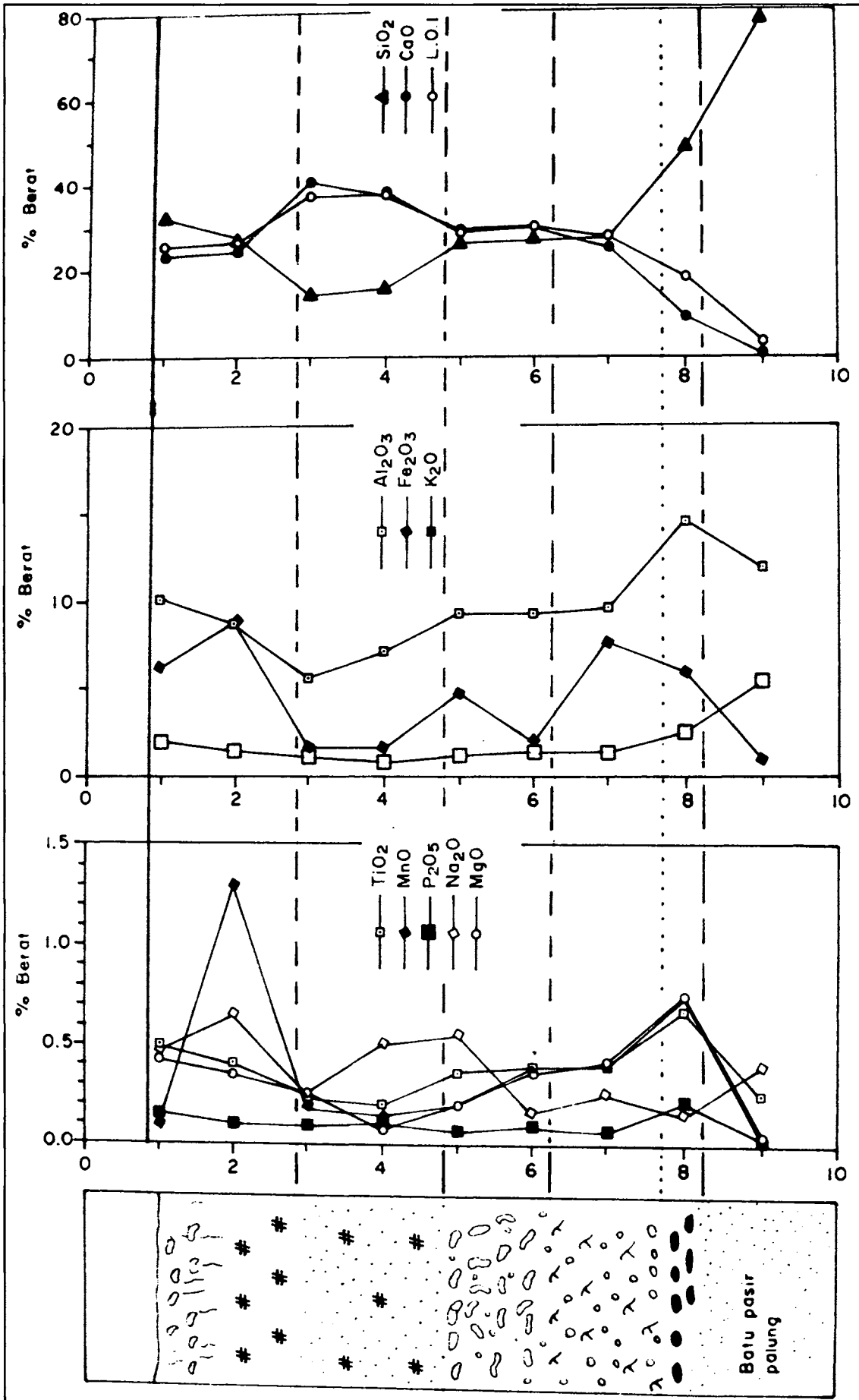
Secara nisbi penyelidikan mendalam tentang mekanisma pemendakan bahan karbonat di dalam zon tanah dan proses yang terlibat agak kurang. Beberapa penulis telah menekankan kepentingan evaporasi/evapotranspirasi dan penyingkiran gas sebagai mekanisma pemendakan yang utama (Salomon dan Mook, 1986). Walau bagaimanapun cerapan yang dilakukan di lapangan sekitar Nenering menunjukkan kemungkinan sumber utama karbonat terlarut telah diterbitkan daripada luluha fasia berkapur di dalam Formasi Baling yang berlaku semasa pembentukan paleosol. Air larian yang kaya karbonat terlarut boleh meresapi ke bawah permukaan tanah dan kelarutannya berkurangan melalui penyingkiran  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  dan penambahan  $\text{Ca}^{2+}$ .

Air yang berhampiran permukaan tanah boleh disingkirkan oleh evaporasi dan evapotranspirasi. Proses ini merupakan proses utama di dalam sekitaran iklim gersang atau spara gersang (c.f. Cerling, 1984) dan mungkin juga merupakan faktor utama yang telah berlaku semasa pembentukan tanah di dalam lapisan Nenering.

Kehilangan  $\text{CO}_2$  dari tanah juga boleh menghasilkan pemendakan bahan karbonat. Tekanan spara  $\text{CO}_2$  ( $\text{PCO}_2$ ) yang relatifnya rendah wujud di dalam tanah di sekitaran gersang dan spara gersang (Wright dan Tucker, 1991) dan ia mampu menjadi faktor utama pemendakan karbonat di dalam tanah.

Sementara pembentukan lapisan kalkret keras bukan berasalmula pedogenik. Kajian terhadap sekitaran moden mendapati lapisan kalkret keras merupakan fenomena yang lazim wujud di dalam lembangan alluvium sekarang (c.f. Maizels, 1987; Mann dan Deitscher, 1978; Mann dan Horowitz, 1979; Arakel dan McConchie, 1982; Carlisle, 1983; Arakel, 1986). Pengkayaan mendakan bahan karbonat ini diistilahkan sebagai *kalkret air tanah* (Wright dan Tucker, 1991) yang dibentuk dari air tanah aktif yang kaya karbonat. Kepekatan bahan karbonat bertambah semasa pengaliran air menuruni kemiringan dan bahan tersebut dimendakkan pada bahagian pinggir zon kapilari di bahagian atas zon freatik dan juga di dalam zon freatik air tanah. Kehadiran zon kalkret keras di bahagian bawah lapisan batu pasir palung di dalam sedimen Nenering sesuai dengan hipotesis ini dan





Rajah 12. Profil kepekatan unsur di dalam zon paleosol.

mencadangkan pembentukan kalkret keras tersebut terhadap kepada bahagian palung yang terisi air. Lapisan bawah palung yang dibentuk oleh fasies berlumpur atau zon paleosol yang terbentuk terdahulu yang terdiri daripada bahan berbutir halus bertindak sebagai lapisan tidak telap yang menghalang air di dalam palung di atasnya daripada meresap ke bawah. Keadaan ini menjadikan bahagian bawah suatu palung sentiasa tergenang dan bertindak sebagai zon pengumpul bahan karbonat terlarut yang baik. Ini mendorong kepada pertambahan kepekatan bahan tersebut yang paling tinggi di bahagian bawah palung.

Pemendakan karbonat di dalam zon tergenang air di dalam palung boleh dicetuskan oleh beberapa faktor: Penyingkiran gas CO<sub>2</sub> dan evaporasi/evapotranspirasi. Penyimanan sering berlaku pada bahagian-bahagian yang air tanahnya hampir dengan permukaan. Di bahagian tersebut penyingkiran gas CO<sub>2</sub> dan evaporasi/evapotranspirasi senang berlaku (Wright dan Tucker, 1991). Hal ini memberikan implikasi bahawa pembentukan kalkret keras dasar palung di dalam sedimen Nenering berlaku sewaktu palung masih terdedah kepada atmosfera (sebelum tertimbus oleh mendapan palung yang lebih muda) di dalam iklim yang sekurang-kurangnya lebih kering daripada keadaan yang wujud sekarang.

Kesemua faktor yang dibincangkan di atas berkemungkinan berlaku semasa pembentukan dua jenis paleosol di Nenering. Jika andaian ini benar maka implikasi yang terpaksa diterima adalah keadaan iklim yang relatif lebih kering dan kepadatan tumbuhan yang lebih rendah berbanding dengan masa sekarang.

## RUJUKAN

- ARAKEL, A.V. DAN McCONCHIE, D., 1982. Classification and diagenesis of calcrete and gypsite lithofacies in paleodrainage system of inland Australia and their relationship to carnotite mineralisation. *J. Sedim. Petrol.*, 52, 1149-1170.
- ARAKEL, A.V., 1986. Evolution of calcrete in paleodrainages of the Lake Napperby area, central Australia. *Pleogeogr. Paleoclim. Paleocol.*, 54, 283-303.
- BERTRAND-SARFATI, J. DAN MOUSSINE-POUCHKINE, A., 1983. Pedogenic and diagenetic fabrics in the Upper Proterozoic, Sanyere Formation (Gourma, Mali). *Precambrian Res.*, 20, 225-242.
- BIRKELAND, P.W., 1984. *Soils and Geomorphology*. New York, Oxford University Press, 372p.
- BOND, W.J., 1986. Illuvial band formation in a laboratory column of sand. *J. Soil Sci. Soc. America*, 50, 265-267.
- BOWN, T. DAN KRAUS, M.J., 1981. Lower Eocene alluvial paleosols (Willwood Formation, northwest Wyoming, USA) and their significance for paleoecology, paleoclimatology and basin analysis. *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleocology*, 34, 1-30.
- CARLISLE, D., 1983. Concentration of uranium and vanadium in calcretes and gypcretes. In: R.C.L. Wilson (Ed.), Residual deposits. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 11, 185-195.
- CERLING, T.E., 1984. The stable isotope composition of modern soil carbonate and its relationship to climate. *Earth planet. Sci. Lett.*, 71, 229-240.
- CHOWN, E.H. DAN CATY, J.L., 1983. Diagenesis of the Aphebian Mistassini Regolith, Quebec, Canada. *Precambrian Res.*, 19, 285-299.
- DIJKERMAN, J.C., CLINE, M.G. DAN OLSON, G.W., 1967. Properties and genesis of textural subsoil lamellae. *Soil Science*, 104, 7-16.
- FOTH, H.D., 1984. *Fundamentals of Soil Science*. New York, John Wiley and Sons, 435p.
- FITZPATRICK, E.A., 1980. *Soils*. New York, Longman Inc., 353p.
- IBRAHIM ABDULLAH, JUHARI MAT AKHIR, AB. RASHID JAAPAR DAN NOR AZIAN HAMZAH, 1991. The Tertiary basin in Felda Nenering, Pengkalan Hulu (Keroh) Perak. *Geol. Soc. Mal. Newslett*, 17(4), 181-186.
- JENNY, H., 1980. *The Soil Resource*. New York, Springer-Verlag, 377p.
- JOFFE, J.S., 1949. *Pedology*. New Brunswick, New Jersey, *Pedology Publication*, 662p.
- MAIZELS, J.K., 1987. Plio-Pleistocene raised channel systems of the western Sharqia (Wahiba), Oman. In: L.E. Frostick and I. Reid (Eds.), *Desert Sediments: Ancient and Modern*. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 35, 31-50.
- MANN, A.W. DAN DEUTSCHER, R.L., 1978. Genesis principles for the precipitation of carnotite in calcrete drainages in Western Australia. *Econ. Geol.*, 73, 1724-1737.
- MANN, A.W. DAN HOROWITZ, R.C., 1979. Groundwater calcrete deposits in Australia. Some observations from Western Australia. *J. Geol. Soc. Aust.*, 26, 293-303.
- MCSWEENEY, K. DAN FASTOVSKY, D.E., 1987. Micromorphological and SEM analysis of Cretaceous-Paleogene petrosols from eastern Montana and western Dakota. *Geoderma*.
- RESTALLACK, G.J., 1985. *Laboratory exercises in paleopedology*. Eugene, Oregon, University of Oregon, 74p.
- SALOMON, W. DAN MOOK, W.G., 1986. Isotope geochemistry of carbonates in the weathering zone. In: P. Fritz and J. Ch. Fontes (Eds.), *Handbook of Environmental Geochemistry*, Vol. 2. Elsevier, Amsterdam, 239-269.
- TEH, G.H. DAN SIA, S.G., 1991. The Nenering Tertiary Deposit, Kroh North perak: A preliminary study. *Geol. Soc. Mal. Newslett*, 17(2).
- THOMASSON, A.J. DAN BULLOCK, P., 1975. Pedology and hydrology of gley soils. *Soil Sci.*, 119, 339-348.
- TUCKER, M.E. DAN WRIGHT, V.P., 1990. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 482p.
- WHITE, E.M., 1966. Subsoil structure genesis: Theoretical consideration. *Soil Sci.* 101, 135-141.
- WRIGHT, V.P. DAN TUCKER, M.E., 1991. Introduction. In: *Calcrete, Int. Ass. Sedimentol*, Reprint series, 2, 1-22.