

## **Kompleks Gelinciran Tanah Kundasang: pemetaan terperinci di kawasan Sekolah Menengah Kebangsaan Kundasang**

(The Kundasang Landslides Complex: a detailed mapping of the Kundasang National Secondary School area)

IBRAHIM KOMOO DAN LIM, C.S.

Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor

**Abstrak:** Kerosakan paling meluas akibat gelinciran tanah di Kundasang, Sabah berlaku di kawasan Sekolah Menengah Kebangsaan Kundasang dalam daerah tersebut. Pemetaan geologi kejuruteraan terperinci telah dilakukan di kawasan sekolah untuk menentukan faktor penyebab ketakstabilan tanah dan kerosakan pada beberapa struktur binaan. Hasil pemetaan menunjukkan ketakstabilan berpunca daripada pergerakan pada dua sistem gelinciran tanah berskala besar yang dinamakan sebagai K2 dan K5. Tapak sekolah ini terletak pada sempadan antara dua sistem tersebut yang juga merupakan sebahagian daripada kesatuan gelinciran tanah yang lebih besar yang dinamakan Kompleks Gelinciran Tanah Kundasang.

**Abstract:** The most extensive damage incurred by the landslide at Kundasang, Sabah occurred at the Kundasang National Secondary School. A detailed engineering geological mapping of the school area was carried out to ascertain the causing factor for the ground instability and the extent of damage on several man-made structures. The results show that the instability arises from movement of two large scale landslide systems designated previously as K2 and K5. The school straddles the boundary between these two landslide systems which form a part of the large Kundasang Landslide Complex.

### **PENGENALAN**

Peristiwa gelinciran tanah berskala besar belum pernah dilaporkan di Semenanjung Malaysia dan Sarawak. Di Sabah peristiwa ini pertama kali dikenalpasti dan dinamakan di kawasan pergunungan Crocker iaitu di pekan Kundasang (Ibrahim Komoo dan Morgana, 1999). Gelinciran tanah berskala besar berbeza dengan tanah runtuh atau kegagalan cerun jenis lain kerana ia melibatkan kawasan yang luas, pergerakan perlahan dan berulang, dan lazimnya dipengaruhi oleh keadaan geologi yang khas dan air tanah. Walaupun baru pertama kali dilaporkan di Sabah, peristiwa gelinciran jenis ini mungkin lazim di kawasan pergunungan di Sabah dan Sarawak. Walau bagaimanapun, disebabkan ia masih belum melibatkan kerosakan yang meluas atau kehilangan nyawa, geobencana jenis ini masih belum diberikan perhatian.

Di Kundasang, impak pergerakan cerun kepada komuniti dan infrastruktur pernah dinyatakan sejak awal tahun 1980-an. Ketika itu, beberapa bahagian jalan raya Tamparuli – Ranau berhampiran Kundasang mengalami penurunan tanah, dan proses rayapan tanah turut merosakkan rumah-rumah kayu di kawasan sekitarnya. Kerja tambakan pada bahagian jalan yang turun telah dilakukan beberapa kali tetapi proses penurunannya masih berterusan. Aktiviti pemetaan fenomena yang berlaku di Kundasang pertama kali dijalankan oleh Yong (1997) dan disusuli oleh Ibrahim Komoo dan Morgana (1999). Pemetaan terperinci telah

dilakukan oleh Ibrahim Komoo (2000) di kawasan Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Kundasang dan kertas ini akan menghuraikan cirian geologi kejuruteraan gelinciran tanah di kawasan ini.

### **KOMPLEKS GELINCIRAN TANAH KUNDASANG**

Gelinciran tanah berskala besar sukar diperhatikan di lapangan kerana kadar pergerakannya secara relatif perlahan dan melibatkan kawasan yang sangat luas. Apa yang kelihatan ialah pelbagai tanda suatu sistem pergerakan (geodinamik) yang telah mempengaruhi bahan bumi dan struktur binaan di permukaan cerun.

Tiga gelinciran tanah berskala besar telah dikenalpasti oleh Yong (1997) berdasarkan tanda-tanda pergerakan di lapangan semasa beliau melakukan pemetaan untuk tesis Sarjanamuda Sains. Tinjauan semula oleh Ibrahim Komoo dan Morgana (1999) telah mengenalpasti sebuah lagi gelinciran tanah sedemikian dan membolehkan penyempadanan setiap sistem gelinciran ditentukan dengan lebih meyakinkan. Kajian lanjutan oleh Ibrahim Komoo (2000), dan Lim dan Ibrahim Komoo (2002) telah mengenalpasti sebuah lagi sistem gelinciran tanah berskala besar. Ini menjadikan jumlah keseluruhan lima semuanya.

Setiap satu gelinciran tanah berskala besar mengandungi beberapa siri gelinciran bersaiz kecil dan sederhana, masing-masing boleh bergerak secara individu

atau bergabung antara satu sama lain. Tanda-tanda dan ciri-ciri gelinciran kecil dan sederhana ini mudah diperhatikan di lapangan, khususnya fitur seperti satah gelinciran, penurunan tanah, rekahan regangan dan bonggolan pada permukaan tanah, serta pelbagai tanda kegagalan pada infrastruktur buatan manusia. Kesatuan semua gelinciran bersaiz kecil dan sederhana menggambarkan wujudnya ketakstabilan cerun yang diwakili oleh satu *sistem* gelinciran tanah berskala besar. Masing-masing sistem gelinciran tanah ini dikenali sebagai K1, K2, K3, K4 dan K5.

Sehingga kini, lima sistem gelinciran tanah berskala besar telah dikenalpasti di Kundasang, masing-masing dicirikan oleh keadaan geologi yang hampir sama dan dipengaruhi faktor ketakstabilan yang hampir serupa. Oleh itu, kesatuan lima sistem gelinciran tanah berskala besar ini telah dinamakan sebagai Kompleks Gelinciran Tanah Kundasang (KGTK) (Ibrahim Komoo dan Morgana, 1999; Ibrahim Komoo, 2000). Taburan, anggaran saiz dan delinasi KGTK ini ditunjukkan pada Rajah 1. Sementara itu, jauh ke utara lagi dari KGTK, pergerakan tanah berskala besar jenis rayapan juga pernah dilaporkan oleh Liew dan Gue (2001) pada mendapan pos-glasier.

## GEOLOGI SEKOLAH MENENGAH KEBANGSAAN KUNDASANG

Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Kundasang terletak di timurlaut pekan Kundasang di atas sebuah permatang bercerun landai yang telah diratakan sebagai tapak kawasan sekolah. Ketinggian tapak SMK Kundasang adalah sekitar 1,250 m dari paras laut, sedikit menurun ke arah Sungai Liwagu dan diapit oleh dua lembangan terbuka berkeadaan cembung yang telah diusahakan oleh penduduk kampung sebagai kawasan tanaman sayur-sayuran. Keseluruhan cerun di kawasan ini berkeadaan landai (tidak melebihi 10°), dan cerun umumnya miring ke arah timurlaut.

Kundasang umumnya terletak pada batuan sedimen Tersier yang dikenali sebagai Formasi Crocker dan Formasi Trusmadi dengan sempadan antara keduanya ditafsirkan sebagai sesar (Jacobson, 1970; Hutchison *et al.*, 2000). Batuan Formasi Crocker di sini lazimnya dicirikan oleh selanglapis tebal antara batu pasir dan syal, sementara batuan Formasi Trusmadi terdiri daripada batuan argilit hitam terich yang tebal mengandungi lensa batu pasir kelabu gelap pelbagai saiz. Pemetaan geologi secara terperinci di SMK Kundasang sukar dilakukan kerana kawasan sama ada telah ditutupi oleh lapisan tanah permukaan atau telah ditimbus oleh tanah tambak akibat proses perataan kawasan.

Berdasarkan beberapa singkapan yang masih boleh digunakan untuk mengenalpasti batuan, geologi SMK Kundasang terbentuk oleh batuan lapisan atasnya terdiri daripada selanglapis nipis hingga sederhana batu pasir dan lodak berwarna cerah, sementara lapisan bawahnya dibentuk oleh batuan terutama argilit (terutamanya syal) berwarna hitam dengan sedikit batu lodak and batu pasir. Umumnya, batuan yang tersingkap menunjukkan kepadatan kekar yang

sangat tinggi. Keadaan rekahan kepadatan tinggi dengan bukaan yang ketara menggambarkan batuan di kawasan ini telah mengalami pengangkutan tektonik atau pergerakan permukaan yang ketara.

## PEMETAAN GELINCIRAN TANAH

Pemetaan geologi kejuruteraan terperinci telah dilakukan di kawasan SMK Kundasang dan sekitarnya bagi menentukan fitur-fitur geodinamik yang boleh dikaitkan dengan KGTK. Aspek yang diambil kira meliputi fitur geologi, geomorfologi dan budaya (kesan pada binaan manusia). Peta topografi dan fotograf udara berskala 1:20,000 telah digunakan untuk membantu mengenali fitur dan menentukan lokaliti semasa pemetaan. Pendekatan pemetaan yang telah diasaskan oleh Varnes (1978), dan Sowers dan Royster (1978) telah digunakan semasa kerja pemetaan dijalankan.

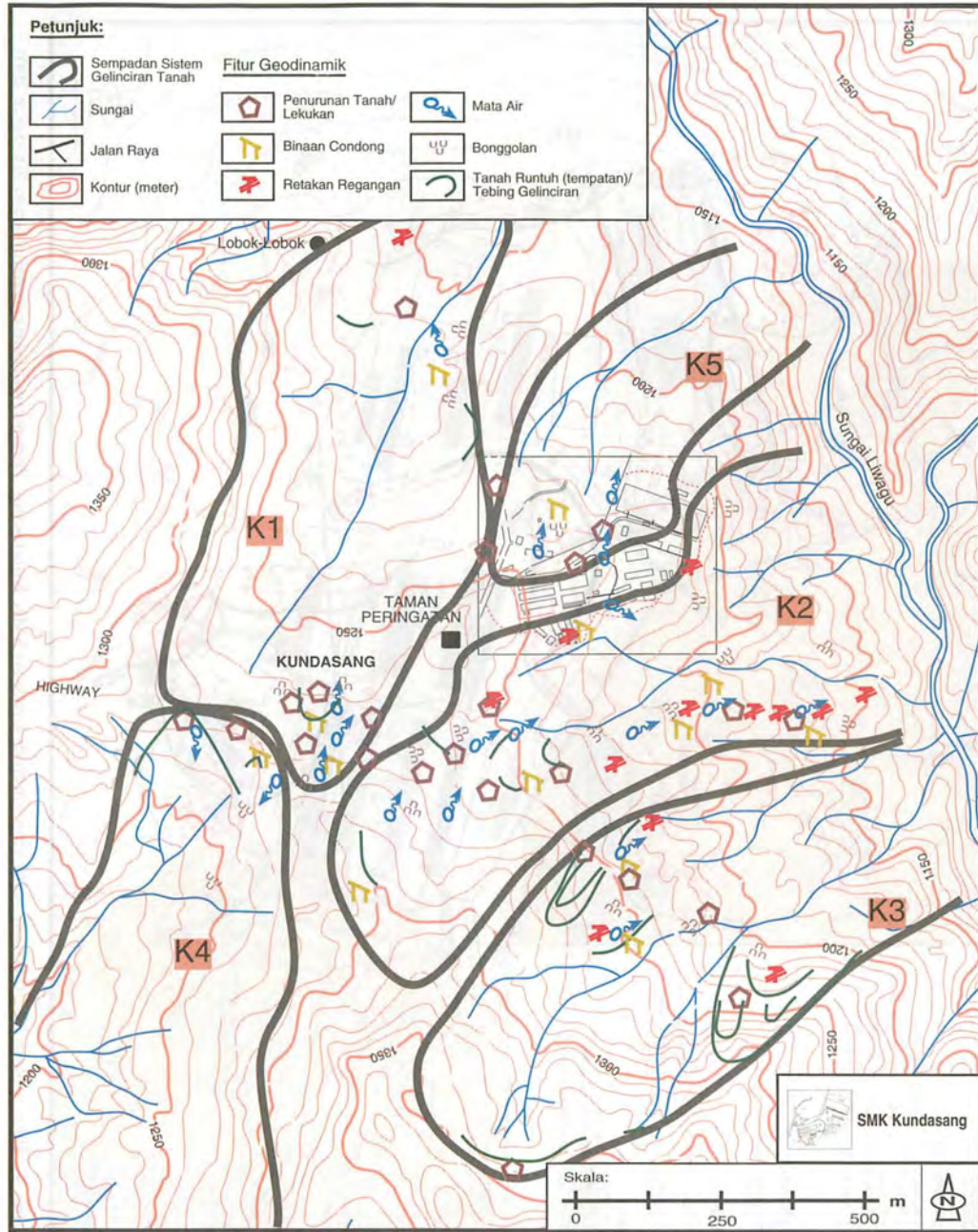
Oleh kerana saiz gelinciran tanah agak besar dan sempadan gelinciran sukar ditentukan di lapangan, pemetaan telah ditumpukan kepada merekod tanda-tanda geodinamik yang terserlah secara meluas di kawasan ini. Di antara fitur geodinamik yang dijumpai ialah tebing gelinciran (*scarp*), rekahan regangan (*tension crack*), mata air (*seepage*), takungan air (*ponding*), bonggolan perbukaan (*bulging*) dan tanda-tanda pada binaan manusia seperti rekahan bersistem (*systematic crack*), rekahan anjakan (*displacement crack*), kerosakan struktur (*structural damage*) dan beberapa tanda lain. Kedudukan SMK Kundasang dan beberapa tanda geodinamik di kawasan sekitarnya ditunjukkan pada Rajah 2 dan 3.

Pada permukaan cerun tanpa binaan, agak sukar menentukan fitur geodinamik dengan pasti di lapangan, khususnya yang melibatkan gelinciran lama (beberapa bulan hingga beberapa tahun). Kebanyakan tanda tebing gelinciran, rekahan regangan dan bonggolan termusnah akibat proses permukaan yang aktif, tutupan tumbuhan dan modifikasi oleh manusia. Walau bagaimanapun, sebahagian daripada tanda fitur ini masih boleh ditafsirkan berdasarkan ciri-ciri morfologinya. Berasaskan fitur tebing gelinciran yang jelas dan sederhana jelas, beberapa set tebing gelinciran 'wakilan' ditentukan, dan ini membolehkan sistem gelinciran tanah berskala besar dikenalpasti. Maklumat semua fitur geodinamik yang mewakili dua sistem gelinciran tanah di SMK Kundasang ditunjukkan dalam Rajah 4.

## ANALISIS FENOMENA GELINCIRAN

Di bahagian utara SMK Kundasang, terdapat tiga tebing gelinciran wakilan yang kelihatan bergerak ke arah timurlaut. Set tebing gelinciran K5a terletak di bahagian teratas dan mempunyai kepanjangan mencapai 150 m, disusuli oleh K5b dengan anggaran panjang 60 m dan K5c mempunyai panjang sekitar 80 m.

Kesan sistem gelinciran tanah K5 amat ketara dan menganjur keluar dari kawasan SMK Kundasang. Tebing gelinciran K5a merentasi kawasan sekolah rendah dan



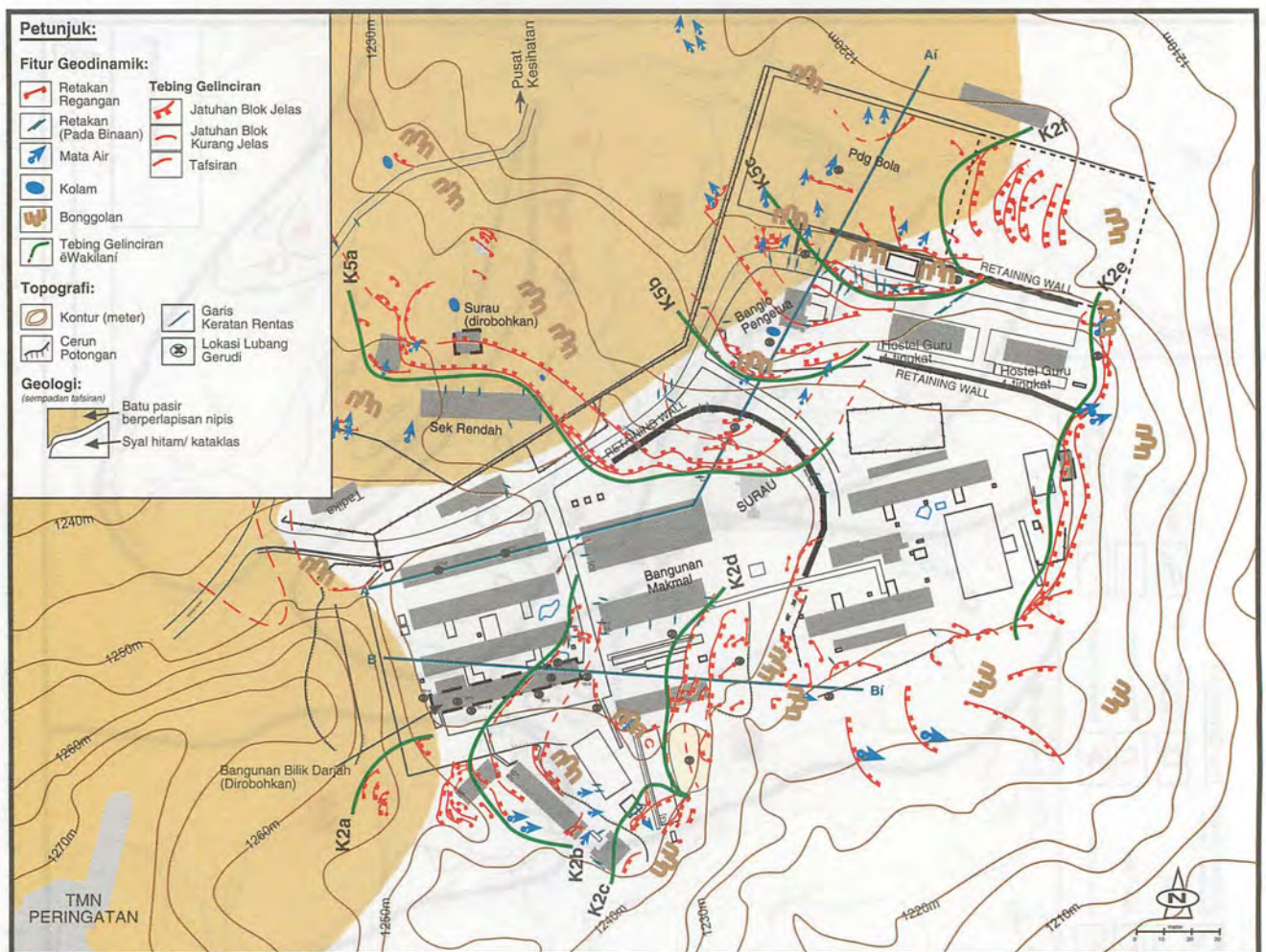
**Rajah 1.** Peta Kompleks Gelinciran Tanah Kundasang (berdasarkan Ibrahim Komoo, 2000). Sistem gelinciran tanah K2 dan K5 daripada kompleks ini mempengaruhi tapak SMK Kundasang.



**Rajah 2.** Fotograf menunjukkan a) kedudukan SMK Kundasang dilihat dari selatan; b) tebing gelinciran K5a yang telah merosakkan jalan, dinding penahan dan bahagian dasar surau.



**Rajah 3.** Fotograf menunjukkan a) rekahan mewakili tebing gelinciran ulangan. Gelinciran yang sama pada tahun 1994 telah merosakkan sebuah bangunan sekolah yang terpaksa dirobohkan; b) tebing gelinciran K5c dengan jatuhan sekitar 1.5m telah merosakkan jalan menuju ke hostel guru.



**Rajah 4.** Peta geologi kejuruteraan gelinciran tanah di kawasan SMK Kundasang. Pemetaan dilakukan pada tahun 2000 dan 2001.

merosakkan sebuah rumah dan surau yang akhirnya terpaksa dirobohkan. Di dalam kawasan SMK, K5a merentasi surau, dinding penahan dan jalan berturap. Ketiga-tiga binaan ini menunjukkan retakan dan anjakan yang ketara. Dinding penahan mengalami regangan, dan bucaannya semakin besar selama masa pemantauan (1991-1992). K5b menunjukkan tiga garis retakan yang ketara sepanjang jalan, parit dan cerun bukit. Satu daripada rekahan ini bertanggungjawab menyebabkan retakan menegak pada dinding rumah banglo guru besar. K5c menunjukkan penurunan jalan melebihi 1m di hadapan flat empat tingkat tempat kediaman guru.

Di bahagian selatan dan timur sekolah, terdapat enam tebing gelinciran wakilan dan masing-masing dinamakan K2a, K2b, K2c, K2d, K2e dan K2f, dan masing-masing menunjukkan pergerakan mendatar ke arah timur. Tebing gelinciran K2a hingga K2d berada di kawasan kompleks bangunan sekolah dan makmal. Gelinciran K2b telah menyebabkan kemusnahan yang paling ketara. Ketika pergerakan pertamanya (dimaklumkan berlaku pada tahun 1995), sebuah bangunan sekolah 3 tingkat terpatuh dua dan terpaksa dirobohkan. Gelinciran K2d telah menyebabkan pondasarian bangunan makmal termusnah dan merosakkan sebuah bangunan kayu. Gelinciran K2e paling baru berlaku iaitu pada tahun 2000 mempunyai panjang 120 m dan jatuhnya maksimum mencapai 2 m. Gelinciran K2f pula telah memusnahkan sebahagian daripada padang sekolah.

Berasaskan cirian geodinamik dan maklumat awam, sebahagian daripada gelinciran tanah yang berlaku di SMK Kundasang bermula beberapa tahun yang lepas (kemungkinan sejak pra-1994). Pada masa-masa tertentu gelinciran baru berlaku, sehingga yang terakhir direkodkan ialah peristiwa gelinciran K2e pada Mac 2000. Kadar pergerakan ditafsirkan perlahan (beberapa mm hingga cm per tahun) dan ada masanya berkala (pergerakan yang besar beberapa cm hingga m dalam masa yang singkat). Tinjauan ringkas yang terakhir (Januari 2003) menunjukkan wujudnya beberapa tanda pergerakan terbaru dan sebahagian besar rekahan regangan dan rekahan anjakan semakin melebar.

## PENILAIAN SATAH GELINCIRAN

Penilaian untuk menentukan satah gelinciran telah dilakukan secara terhad. Kajian melibatkan tafsiran berdasarkan data dari Ujian Penusukan Piawai (Standard Penetration Test, SPT) dan Prob Mackintosh (JKR) sepanjang empat jaluran, penilaian data lubang gerudi sepanjang keratan rentas A-A' dan B-B' (lihat Rajah 4), dan berasaskan bacaan pengukuran piezometrik dan inklinometer pada beberapa lubang gerudi tertentu.

Keadaan bawah tanah di kawasan yang aktif mengalami gelinciran ditunjukkan pada Rajah 5. Pada keratan rentas A-A', tanah kejuruteraan membentuk lapisan atas terdiri daripada bahan berpasir dengan klasta batu pasir pelbagai saiz, dan diikuti dengan lapisan berlempung bercampur dengan klasta serpihan syal. Ketebalannya dari 2 hingga

10 m. Lapisan bawahnya terdiri daripada batuan argilit atau kataklas berwarna hitam, dan pada bahagian tertentu boleh ditemui lensa batu pasir pelbagai saiz. Pada keratan rentas B-B' pula, keadaan lapisan bawah tanahnya hampir sama, cuma batuan kataklas yang mengandungi lensa batu pasir lebih dominan berbanding batuan argilit hitam.

Paras air tanah lazimnya tinggi, dari beberapa cm hingga 5 m dari permukaan bumi. Dalam keadaan paling rendah paras air tanah boleh turun sekitar 10 m dari permukaan. Bacaan inklinometer pada beberapa lubang gerudi pula menunjukkan wujud tanda pergerakan mendatar dari permukaan hingga ke kedalaman mencapai 15 m. Berasaskan SPT dan inklinometer serta keadaan geologi bawah tanah, satah gelinciran pada keratan rentas A-A' dan B-B' berada pada kedalaman 15 hingga 20 m dari permukaan bumi.

## PERNYATAAN PENUTUP

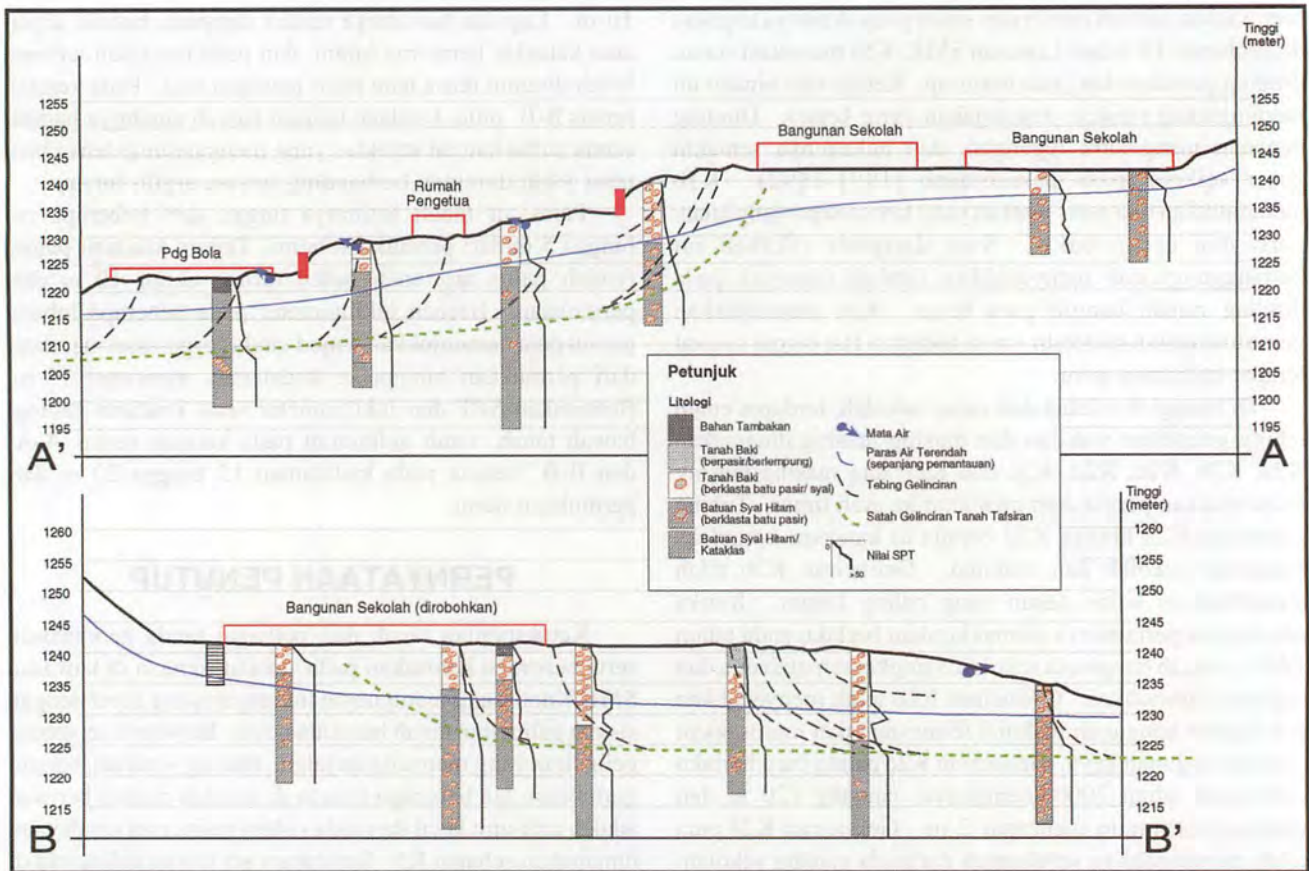
Ketakstabilan tanah dan pelbagai tanda geodinamik serta beberapa kerosakan pada struktur binaan di kawasan SMK Kundasang mempunyai hubungan yang rapat dengan sistem gelinciran tanah berskala besar. Beberapa set tebing gelinciran yang merosakkan jalan, dinding penahan, banglo guru besar dan beberapa binaan di sekolah rendah berjiran adalah unit-unit kecil daripada sistem gelinciran tanah yang dinamakan sebagai K5. Sementara set tebing gelinciran di bahagian selatan dan timur yang telah memusnahkan sebuah bangunan sekolah, dasar bangunan makmal dan beberapa bangunan kayu pula boleh dikaitkan dengan sistem gelinciran tanah K2. Sistem gelinciran tanah K2 dan K5 adalah dua daripada lima sistem gelinciran tanah yang telah dikenalpasti mempengaruhi kestabilan sebahagian besar daripada kawasan pekan Kundasang. Gabungan semua gelinciran tanah ini dikenali sebagai Kompleks Gelinciran Tanah Kundasang (KGTK).

## PENGHARGAAN

Survei awalan oleh Yong, K.H. dan Morgana, S.N. amat dihargai. Penghargaan atas kesempatan dan bantuan yang diberikan oleh Kumpulan IKRAM Sabah yang meminta kami menyiasat keadaan kestabilan tanah di kawasan SMK Kundasang. Penyiasatan Gelinciran Tanah Kundasang turut menerima bantuan kewangan melalui Projek Penyelidikan IRPA 02-02-02-0015 yang dianjurkan oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar Malaysia.

## RUJUKAN

- HUTCHISON, C.S., BERGMAN, S.C. AND GRAVES, J.E., 2000. A Miocene collisional belt in North Borneo: uplift mechanism and isostatic adjustment quantified by thermochronology. *Journal of the Geological Society London*, 157, 783-793.
- IBRAHIM KOMOO, 2000. *Engineering Geological Investigation: Soil Investigation Work for Sekolah Menengah Kebangsaan Kundasang*. Report for Kumpulan IKRAM Sabah (tidak



Rajah 5. Keratan rentas mewakili dua sistem gelinciran tanah aktif di SMK Kundasang menunjukkan keadaan bawah tanah dan tafsiran satah gelinciran.

diterbitkan).

- IBRAHIM KOMOO AND MORGANA, S.N., 1999. The Kundasang Landslide Complex, Sabah. *Journal of Nepal Geological Society, Special Issue, 20*, 230.
- JACOBSON, G., 1970. Gunung Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Geological Survey Malaysia Report 8*, 118p.
- LIEW, S.S. AND GUE, S.S., 2001. Massive creep movements of post-glacial deposits in Kundasang areas. *GSM-IEM Forum: Engineering Geology and Geotechnical of Slopes. 23 Oct 2001*. Kuala Lumpur.
- LIM, C.S. AND IBRAHIM KOMOO, 2002. Landskap Gelinciran Tanah Aktif Kundasang, Sabah. In: Ibrahim Komoo and Mohd Shafeea Leman (Eds.), *Warisan Geologi Malaysia* —

*Penyelidikan dan Pembangunan Geowarisan*. Penerbit LESTARI UKM, 232-241.

- SOWERS, G.F. AND ROYSTER, D.L., 1978. Field investigation. In: *Landslide — Analysis and Control*. Special Report for Transportation Research Board No. 176. National Academy of Sciences, USA.
- VARNES, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In: *Landslide — Analysis and Control*. Special Report for Transportation Research Board No. 176. National Academy of Sciences, USA.
- YONG, K.H., 1997. *Geologi dan Geologi Gunaan Kawasan Timur Gunung Kinabalu, Kundasang, Sabah*. Tesis Sarjanamuda Sains UKM (tidak diterbitkan).

Manuscript received 28 February 2003