

Pengaruh geologi ke atas prestasi mesin gerekan terowong batuan keras
 (The influence of geology on the performance of hard rock tunnel boring machines (TBM))

MOGANA SUNDARAM¹ & IBRAHIM KOMOO²

¹Peabody Resources Corp. (M) Sdn.Bhd.

²Jabatan Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia

Ruangan bawah tanah boleh dibina dengan kaedah penggerudian dan letupan ataupun dengan cara penggalian mekanikal. Walaupun teknik penggerudian dan letupan diutamakan sejak dahulu untuk batuan keras, penggalian mekanikal semakin menarik disebabkan oleh beberapa faktor.

Tidak seperti kaedah penggerudian & letupan, penggalian mekanikal batuan keras sangat dipengaruhi oleh keadaan geologi. Ekonomi penggalian batuan keras dengan mesin gerekan terowong dipengaruhi oleh kestabilan dan sokongan terowong serta ketahanan mata pemotong dan kadar pemotongan. Kedua-dua faktor ini dipengaruhi oleh ciri-ciri fizikal dan mekanikal bahan batuan berserta dengan ciri-ciri jasad batuan, dan seterusnya menentukan kebolehan menggali jasad batuan.

Kemajuan teknologi telah membolehkan mata penciptaan pemotong yang tahan lasak dan mesin gerekan terowong berkuasa tinggi. Kemajuan ini berserta dengan kefahaman geologi telah membolehkan batuan yang lebih kuat digali.

Kertas ini membincangkan secara ringkas pengaruh geologi ke atas prestasi mesin gerekan terowong batuan keras. Ciri fizikal seperti mineralogi, saiz butiran, kekerasan, abrasi dan ciri mekanikal seperti kekuatan mampatan sepaksi, tensi dan ricih, dan ciri jasad batuan seperti kekerapan kekar (bukaan, bahan pengisi, kekasaran dan keterusan), zon sesar, perubahan kimia dan luluhawa didapati mempengaruhi prestasi mesin gerekan terowong batuan keras (Jadual 1).

Rujukan dibuat kepada Terowong Pemindahan Kelinch, di Seremban yang sedang dibina dengan mesin gerekan terowong Robbins. Spesifikasi utama mesin ini adalah: garis pusat 3.5 m, kuasa 671 kW, RPM 10.08, jumlah mata pemotong 29, saiz mata pemotong 393.7 mm dan 412.75 mm, tekanan maksima setiap mata pemotong 169.8 KN. dan panjang pemotongan 1.2 m.

Purata masa pemotongan untuk 1.2 m di Kelinchi di dapati berubah dari 71 minit untuk batuan masif dan sangat kuat (240 MPa) kepada 50 minit untuk batuan sangat kuat hingga kuat dan berkekakar (200 MPa) dan kepada 30 minit dalam batuan lemah hingga kuat, yang telah mengalami perubahan kimia, tericih dan berkekakar rapat (150 MPa).

Keberkesanan pemotongan didapati rendah untuk batuan masif dan sangat kuat (163 MJ/m^3) berbanding dengan batuan sangat kuat hingga kuat dan berkekakar (104 MJ/m^3) ataupun dalam batuan lemah hingga kuat yang telah terubah atau tericih (71 MJ/m^3). Tenaga yang diguna didapati melebihi 100% untuk penggalian batuan masif dan sangat kuat berbanding dengan batuan terubah dan tericih. Purata penggunaan mesin gerekak terowong di sini di dapati sekitar 48% (purata penggunaan mesin dalam industri penerowongan dengan mesin adalah 40%).

Underground space can be constructed by conventional drill & blast method or mechanical excavation. Though historically blasting techniques have been preferred for hard rock, the adoption of mechanical excavation is increasingly becoming more attractive due to various reasons.

Unlike in drill & blast, mechanical excavation of hard rock is very much dependent on the geology. Apart from ground stability and tunnel support, the economics of the hard rock tunnelling with TBM, depends largely on the cutting tool life i.e. tool consumption and penetration rate. These two factors are governed by the physical and mechanical properties of intact rock and the rock mass properties and hence greatly influence the excavatability or boreability of the rock mass.

Technological advancement has seen the development of more durable cutters and higher capability tunnel boring machines. These developments coupled with the understanding of the geology has enabled harder rock excavation viable.

This paper discusses briefly the geological properties of the hard rock that affects the performance of TBM. The physical properties such as mineralogy, grain size, hardness, abrasiveness, the mechanical properties such as compressive, tensile and shear strength and rock mass properties such as frequency of fracturing/jointing (and its aperture, infill, roughness, persistence), fault zones, chemical alteration, weathering are found to influence the performance of hard rock TBM (Table 1).

Reference is made to Kelinchi Transfer Tunnel, Seremban that is currently being excavated by Robbins TBM. The main specifications of this TBM are: cutter head diameter 3.5 m, cutter head power 671 kW, RPM 10.08, number of cutters 29, cutter sized 393.7 mm and 412.75 mm, max thrust force 169.8 KN. per disc, stroke length 1.2 m.

At the Kelinchi site the average stroke time (1.2 m advance) varied from 71 minutes in massive, very strong granite (240 MPa) to 50 minutes in very strong to strong granite, moderately fractured and fissured (200 MPa), to 30 minutes in weak to strong (150 MPa), altered and sheared, closely jointed granite (150 MPa).

The cutting efficiency is found to be low in very strong, massive ground (163 MJ/m^3) compared to very strong to strong fractured ground (104 MJ/m^3) or weak to strong altered/sheared ground (71 MJ/m^3). The power consumed to excavate a unit volume of rock was more than 100% in massive ground versus altered/sheared ground. The overall TBM availability averaged 48% to date (typical value accepted in industry: 40% availability).
