



TARIKH	26 NOVEMBER 2025 (RABU)	SURATKHABAR	BH / UM / NST / TS / HM / KOSMO
TAJUK ARTIKEL	PILIH KAEDAH MELOMBONG REE MESRA ALAM		
M/S	15 (RENCANA)	KATA KUNCI	REE, EKM, ISL
BIDANG	RARE EARTH		

Rencana

Utusan Malaysia
RABU • 26 NOVEMBER 2025

15



MOHD.
HAZIZAN
MOHD. HASHIM

DALAM usaha memperkukuh kedudukan negara dalam rantaian nilai global mineral strategik, Malaysia perlu mempertimbangkan dua kaedah perlombongan unsur nadir bumi (REE) iaitu kaedah perlombongan elektrokinetik (EKM) yang lebih mesra alam ataupun kaedah *in-situ leaching* (ISL) yang lebih cekap kos. Langkah ini sejajar dengan komitmen Belanjawan 2026 yang memperuntukkan dana khas untuk memperkasa sektor perlombongan hijau serta penyelidikan teknologi mineral.

REE memainkan peranan penting dalam industri berteknologi tinggi seperti pembuatan magnet kekal, bateri elektrik, turbin angin dan cip elektronik. Dalam konteks geoekonomi global, REE kini menjadi sumber strategik baharu yang menentukan daya saing sesebuah negara dalam peralihan tenaga bersih dan industri pertahanan moden.

KAEDAH ISL

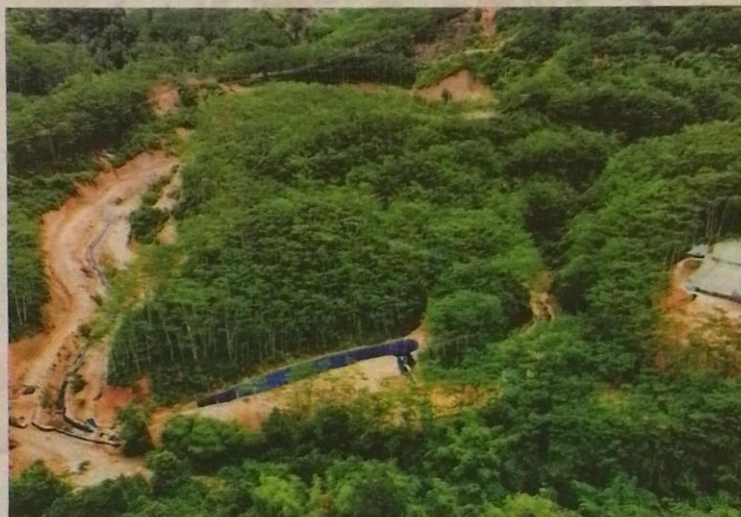
Kaedah ISL atau larut resap *in-situ* telah terbukti keberkesanannya sejak lebih 50 tahun yang lalu.

Kelebihan utama ISL adalah kos operasi yang lebih rendah serta kadar pengekstrakan yang tinggi sekitar 60 hingga 85 peratus, menjadikannya kaedah ekonomik yang terbukti berkesan secara komersial.

Kaedah ISL tidak memerlukan aktiviti penggalian atau pemindahan tanah dalam jumlah besar, menjadikannya sesuai untuk kawasan sensitif alam sekitar. ISL sesuai dijalankan di kawasan yang mempunyai kandungan REE tinggi pada kedalaman sederhana serta kawasan berbukit dan lapisan tanah liat berpori.

Walaupun bagaimanapun, kaedah ISL memerlukan kawalan hidrologi dan kimia yang sistematis untuk mengelakkan risiko pencemaran air bawah tanah mahupun air permukaan. Oleh itu, pemantauan berterusan dan penggunaan bahan kimia yang terkawal adalah perlu bagi memastikan kelestarian jangka panjang. Sebarang potensi kegagalan akibat fenomena geologi seperti retakan batuan dasar atau peresapan ion-ion sulfat yang digunakan perlu sentiasa dipantau. Sekiranya dijalankan dengan pematuan piawaian alam

Pilih kaedah melombong REE mesra alam



MALAYSIA kini perlu mempertimbang keberkesanan dua kaedah utama iaitu Elektrokinetik (EKM) dan *In-Situ Leaching* (ISL) bagi memastikan perlombongan unsur nadir bumi (REE) dapat dijalankan dengan lebih selamat, efisien dan lestari.

sekitar yang tinggi, ISL tetap boleh dianggap kaedah berkesan dan ekonomik bagi pengeluaran REE secara komersial.

KAEDAH EKM

EKM merupakan inovasi baharu dalam industri perlombongan REE yang lebih moden dan mesra alam. Dalam kaedah ini, arus terus (DC) disalurkan melalui elektrod yang dipasang dalam tanah bagi menggerakkan ion REE ke arah elektrod yang bertentangan tanpa perlu melarutkan tanah dengan larutan kimia pekat. EKM memanfaatkan proses elektro-osmosis dan migrasi ion, sekali gus membolehkan unsur REE diekstrak dengan penggunaan air dan bahan kimia yang minimum.

Kaedah EKM berpotensi tinggi dilaksanakan pada zon tanah lempung jerapan ion atau *ion-adsorption clay* (IAC) dengan kepekatan REE antara 500 hingga 2000 ppm yang banyak ditemui di negeri-negeri seperti Perak, Kedah dan Terengganu. Profil tanah jenis ini lazimnya mempunyai kelembapan semula jadi tinggi sekaligus meningkatkan kekonduksian elektrik serta keberkesanan

kadar pengekstrakan melebihi 80 peratus.

Kelebihan utama EKM ialah ia tidak memerlukan bahan kimia berbahaya serta mengurangkan gangguan fizikal terhadap komposisi tanah dan ekosistem sekitarnya. Kaedah ini juga meminimumkan hakisan tanah dan boleh dijalankan di kawasan sensitif alam sekitar seperti hutan simpan tanpa menyebabkan kemusnahan besar berbanding kaedah perlombongan konvensional subpermukaan yang lain. Tambahan pula, kaedah ini membolehkan pemantauan masa nyata dan kitar semula elektrolit sekaligus menjadikannya sejajar dengan prinsip teknologi hijau dan ESG (alam sekitar, sosial dan tadbir urus).

Namun, cabaran utama kaedah EKM adalah kos tenaga yang tinggi dan keperluan kawalan teknikal yang rumit. Proses pengaliran perlu diatur mengikut kelembapan dan kekonduksian tanah yang terkawal agar ion REE dapat diarah secara optimum. Loji EKM juga memerlukan sistem tenaga dan kawalan voltan yang tepat selain modal infrastruktur yang

besar. Walaupun kos permulaan tinggi, EKM dianggap pelaburan strategik jangka panjang yang mampu menjadikan Malaysia peneraju perlombongan hijau serantau dan ekonomi rendah karbon yang menjadi tunjang ekonomi lestari.

EKOSISTEM LESTARI

Belanjawan 2026 mengiktiraf REE sebagai punca kekayaan baharu negara dengan penekanan terhadap aktiviti peringkat hulu (*upstream*) seperti pemetaan geologi dan penilaian rizab serta aktiviti peringkat pertengahan (*midstream*) melibatkan pemrosesan dan pengayaan mineral. Tumpuan juga turut diberikan dalam memperkasa dasar-dasar membabitkan aktiviti peringkat hiliran (*downstream*) yang mampu menghasilkan komponen magnet kekal, cip semikonduktor dan bateri sekali gus memperkukuh keupayaan negara dalam rantaian nilai penuh REE.

Pendekatan berasaskan sains dan teknologi hijau secara sistematis perlu diterapkan di semua rantaian agar industri berasaskan REE tidak setakat memberi

manfaat ekonomi tetapi juga melestarikan kesejahteraan komuniti dan alam sekitar. Pembangunan bakat tempatan terutama bidang kejuruteraan sumber mineral, pemrosesan, alam sekitar dan sains logam juga perlu dititikberatkan ke arah menyokong ekosistem yang lebih mampan dan dinamik.

REE boleh diibaratkan kunci kepada banyak teknologi masa hadapan. Kaedah EKM menawarkan teknologi perlombongan hijau dan lebih mesra alam namun masih memerlukan sokongan fiskal dan pembangunan teknologi. Pada masa sama, teknik ISL yang diperakui kecekapan dan keberkesanan dalam aspek komersial masih memerlukan kawalan operasi perlombongan yang lebih ekstensif. Justeru, negara ini berpotensi tinggi untuk menjadi peneraju serantau dalam industri perlombongan REE jika kedua-dua kaedah dilaksanakan secara bertanggungjawab dan disokong oleh penyelidikan saintifik serta kawal selia yang seimbang.

Dalam suasana pasaran antarabangsa yang bergantung besar kepada China sebagai pengeluar utama REE dunia, Malaysia berpotensi menjadi pemain alternatif yang mampan di rantau ini. Dengan peruntukan Belanjawan 2026 dan perjanjian strategik antarabangsa, Malaysia mampu menawarkan rantaian nilai REE secara kompetitif dan beretika. Kesemua ekosistem yang dinyatakan perlu dirangka dengan cermat agar dasar-dasar fiskal, kelestarian dan keselamatan alam sekitar terus mampu memperkukuh kedudukan negara dalam konteks geoekonomi dan geopolitik global yang kian rencam.

PROFESOR Madya Ir. Ts. Dr. Mohd. Hazizan Mohd. Hashim merupakan pensyarah kanan di Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral serta Pengarah, Pusat Rancangan Kolumbium Universiti Sains Malaysia (USM). Beliau juga merupakan Jurutera Profesional (Sumber Mineral) dan Teknologis Profesional (Sumber, Geomatik dan Survei) yang berdaftar dengan Lembaga Jurutera Malaysia (BEM) dan Lembaga Teknologis Malaysia (MBOT). Penyelidikan beliau melibatkan kaedah-kaedah perlombongan dan kuari, peletupan, geomekanik dan alam sekitar.