



Masa depan tenaga bukan sekadar 'hijau'



PELAN Hala Tuju Peralihan Tenaga Negara (NETR) menyasarkan untuk meningkatkan kapasiti Tenaga Boleh Baharu (TBB) secara agresif dan mencapai pelepasan gas rumah hijau sifar bersih seawal 2050.

APABILA bercakap tentang tenaga hijau dan sasaran sifar karbon 2050, yang terbayang ialah alam sekitar lebih bersih dan masa depan lebih lestari. Namun, di sebalik sasaran itu, ada persoalan lebih asas. Adakah sistem tenaga negara cukup kukuh untuk memastikan lampu rumah, kilang dan hospital terus menyala tanpa gangguan?

Transformasi tenaga di bawah Pelan Hala Tuju Peralihan Tenaga Negara (NETR) menuntut bukan sahaja pertambahan kapasiti tenaga boleh baharu, tetapi juga pengukuhan grid, penyimpanan tenaga dan sistem kawalan yang lebih pintar. Sasaran besar diletakkan dengan meningkatkan kapasiti Tenaga Boleh Baharu (TBB) secara agresif dan mencapai pelepasan gas rumah hijau sifar bersih seawal 2050.

Dalam usaha ini, Kementerian Peralihan Tenaga dan Transformasi Air (PETRA) di bawah Timbalan Perdana Menteri, Datuk Seri Fadillah Yusof memberi tumpuan mempercepat peralihan TBB untuk menjana 70 peratus kapasiti elektrik daripada TBB menjelang 2050, seperti digariskan dalam NETR. Menurut Fadillah, kerajaan akan memperluas inisiatif strategik antaranya Program Solar Berskala Besar (LSS 6) pada awal 2026, menambah kuota 300 MW bagi biogas, biojisim dan hidro kecil di bawah Skim *Feed-In Tariff* (FiT) serta memperkenalkan Program *Corporate Renewable Energy Supply Scheme* (CRESS).

Persoalannya, sejauh mana infrastruktur tenaga sedia ada benar-benar bersedia? Adakah grid negara mampu menyokong lonjakan tenaga solar dan sumber boleh baharu lain tanpa menjejaskan kestabilan bekalan?

Grid ialah rangkaian sistem penghantaran dan pengedaran elektrik yang menyalurkan tenaga daripada loji jana kuasa ke rumah, industri dan premis pengguna secara stabil dan selamat.

Secara keseluruhan, infrastruktur grid Malaysia sedang bergerak ke arah lebih bersedia. Kerangka peraturan grid kini lebih tersusun dan ketat. Pelaburan bagi menaik taraf sistem penghantaran dan pengedaran juga diberi keutamaan, termasuk pendigitalan rangkaian untuk menampung pertambahan

tenaga boleh baharu dan beban baharu seperti pusat data.

Dekan Fakulti Kejuruteraan Universiti Putra Malaysia (UPM), Profesor Ir. Dr. Mohd. Zainal Abidin Ab. Kadir menjelaskan, langkah penting turut diambil menerusi pembangunan sistem penyimpanan tenaga bateri berskala utiliti atau *Battery Energy Storage System* (BESS). Projek perintis BESS berkapasiti 400 megawatt jam (MWh) kini dilaksanakan bagi membantu menstabilkan grid apabila pengeluaran solar berubah-ubah.

Namun, keupayaan grid menyerap tenaga boleh baharu sifatnya tidak konsisten. Tenaga solar, misalnya, hanya menjana ketika cuaca cerah. Apabila awan tebal atau waktu malam, bekalan merosot. Keadaan ini memerlukan sistem yang lebih fleksibel serta simpanan tenaga yang mencukupi.

Selain itu, terdapat masalah kesesakan rangkaian di kawasan tertentu apabila terlalu banyak sistem solar tertumpu di satu lokasi. Tanpa pengukuhan rangkaian dan sistem kawalan pintar, lebihan tenaga terpaksa dikurangkan.

"Ini bermakna dalam fasa memperluas TBB, negara bukan sekadar perlu menambah kapasiti megawatt (MW), tetapi juga menambah kapasiti penyimpanan (MWh), sistem automasi, perkhidmatan grid dan teknologi ramalan tenaga," katanya.

SIFAR BERSIH 2050

Mencapai sasaran pelepasan

sifar bersih bukan hanya soal menambah loji solar atau hidro. Cabaran sebenar jauh lebih kompleks. Dr. Mohd. Zainal memberitahu, tenaga boleh baharu perlu diintegrasikan tanpa menjejaskan kestabilan sistem. Ini memerlukan teknologi seperti BESS berskala besar, sistem kawalan grid pintar, serta teknologi *grid-forming inverter* yang membantu mengekalkan kestabilan frekuensi apabila sumber tenaga berubah secara mendadak.

Teknologi digital seperti sistem ramalan beban dan pengurusan tenaga juga perlu diperkasa bagi memastikan operasi grid lebih cekap dan responsif. Sektor seperti simen, keluli, kimia dan sebahagian industri minyak dan gas tidak boleh mencapai sifar karbon hanya dengan menggunakan elektrik hijau.

"Di sinilah teknologi pemerangkapan dan penyimpanan karbon (CCS/CCUS) menjadi penting. Malaysia sendiri sedang memposisikan CCS sebagai strategi utama dan berpotensi menjadi hab penyimpanan karbon serantau. Selain itu, proses industri perlu dielektrifikasi secara berperingkat serta dipertingkatkan dari segi kecekapan tenaga," katanya.

BAHAN API ALTERNATIF

Elektrifikasi kenderaan membantu mengurangkan pelepasan karbon, tetapi bagi sektor seperti penerbangan, penggunaan bahan api alternatif lebih realistik. Antaranya *Sustainable*

Aviation Fuel (SAF) yang kini mula dibincangkan dalam pelan jangka panjang negara. Program biodiesel seperti campuran B20 juga bergerak, namun kesan karbonnya bergantung kepada rantaian bekalan dan pelaksanaan dasar.

Kata Dr. Mohd. Zainal, teknologi sudah ada namun cabaran sebenar ialah kos, kadar pelaksanaan dan keupayaan sistem menyokong perubahan berskala besar.

Dalam transformasi besar ini, peranan jurutera tidak lagi sekadar mereka bentuk loji atau memasang sistem. Mereka kini berdepan tanggungjawab lebih besar iaitu mengurus keseimbangan antara tiga elemen utama tenaga iaitu keselamatan bekalan, kemampuan kos dan kelestarian alam sekitar.

Jurutera perlu memastikan setiap projek tenaga boleh baharu mematuhi standard Kod Grid, termasuk kajian kestabilan sistem dan tetapan perlindungan yang tepat. Perkhidmatan sokongan seperti kawalan frekuensi, sokongan voltan dan keupayaan *black start* menjadi semakin penting apabila peratusan tenaga boleh baharu meningkat.

Keputusan pelaburan tidak boleh hanya melihat kos pembinaan awal. Ia perlu mengambil kira kos sepanjang hayat projek termasuk kos penyimpanan, naik taraf grid dan potensi kehilangan tenaga.

BESS misalnya sesuai untuk menampung lonjakan beban dan perkhidmatan grid, manakala program kecekapan tenaga dan *demand*

response boleh mengurangkan keperluan membina kapasiti baharu. Konsep "negawatt" iaitu tenaga yang diijmakan, kadangkala lebih murah daripada membina loji baharu.

Grid masa depan perlu lebih tahan gangguan. Reka bentuk sistem mesti mempunyai elemen redundansi, pemantauan aset secara digital serta perlindungan keselamatan siber. Integrasi sistem tenaga teragih (DER) dan mikrogrid bagi kemudahan kritikal seperti hospital, pusat data dan loji rawatan air juga penting bagi mengelakkan gangguan bekalan merebak secara besar-besaran.

JANGKA PANJANG

Transformasi tenaga negara bukan perlumbaan membina loji solar sebanyak mungkin. Ia adalah usaha membina sistem tenaga yang stabil, berdaya tahan dan mampu milik untuk jangka panjang.

NETR membuka laluan ke arah ekonomi rendah karbon, namun kejayaannya bergantung kepada sejauh mana kita mampu memperkukuh grid, mempercepat pelaksanaan teknologi dan memastikan setiap pelaburan dibuat secara bijak.

Akhirnya, peralihan tenaga bukan hanya tentang alam sekitar. Ia tentang memastikan lampu terus menyala, industri terus beroperasi dan rakyat terus menikmati bekalan tenaga yang stabil pada hari ini dan masa depan.

PENULIS ialah Koresponden *Utusan Malaysia* Putrajaya.