



**ABU SUFIAN
ABU BAKAR**

Teknologi CCUS selesai masalah pelepasan karbon

RANG Undang-Undang (RUU) Pemetangkapan, Penyimpanan dan Penggunaan Karbon (CCUS) yang diluluskan di Dewan Rakyat pada 6 Mac lalu menandakan langkah penting dalam strategi Malaysia untuk mengurangkan pelepasan karbon dan memanfaatkan sumber yang sedia ada.

RUU ini membuka peluang baharu dalam sektor tenaga, terutamanya dengan memanfaatkan bekas lombong serta lapangan minyak yang kehabisan sumber asih.

Selain menyumbang kepada kelestarian alam sekitar, RUU ini turut menarik perhatian pelabur, dengan potensi pelaburan yang dianggarkan mencecah AS\$250 bilion (RM1.11 trilion) menjelang 2050. Tambahan pula, ia dijangka mencipta 200,000 peluang pekerjaan baharu, sekali gus merancakkan pertumbuhan ekonomi.

Lebih penting lagi, ia memberi sinar baharu kepada industri tenaga di Pantai Timur, khususnya di Kerteh, Terengganu, yang berdepan penyusutan sumber minyak dan gas luar pesisir.

Perubahan iklim yang semakmubital mendorong perkembangan pelbagai teknologi hijau untuk mengurangkan pelepasan karbon dioksida (CO₂) ke atmosfera. Salah satu teknologi yang semakin mendapat perhatian ialah CCUS. Teknologi ini bertujuan menangkap gas karbon yang dihasilkan oleh industri atau loji tenaga sebelum dilepaskan ke udara, seterusnya menyimpannya atau menggunakannya semula dalam pelbagai aplikasi industri.

Proses CCUS terdiri daripada tiga komponen utama. Pertama, pemetangkapan karbon. Ketika ini CO₂ diasingkan daripada gas ekzos yang terhasil daripada pembakaran bahan api fosil seperti arang batu, minyak dan gas asih. Teknologi pemetangkapan ini boleh dilakukan melalui pelbagai kaedah, termasuk penggunaan penapis kimia atau membran nipis yang berfungsi untuk mengekstrak CO₂ sebelum gas buangan dilepaskan ke atmosfera.

Selepas karbon dioksida ditangkap, langkah kedua ialah penyimpanan karbon. CO₂ yang diasingkan akan disuntik ke dalam formasi



TEKNOLOGI Pemetangkapan, Penyimpanan dan Penggunaan Karbon (CCUS) mampu menangkap sehingga 90 peratus karbon dioksida (CO₂) yang terhasil daripada pembakaran bahan api fosil, sekali gus mengurangkan impak pencemaran udara dan pemanasan global.

geologi bawah tanah, seperti lapisan batuan berliang atau telaga minyak dan gas yang dieksploitasi. Penyimpanan yang selamat dan terkawal amat penting untuk memastikan tiada kebocoran yang boleh mencemarakan alam sekitar.

Langkah ketiga melibatkan penggunaan karbon. CO₂ yang ditangkap tidak hanya disimpan tetapi dimanfaatkan dalam pelbagai sektor industri. Gas ini boleh digunakan dalam pembuatan bahan api sintetik yang lebih bersih, dijadikan gas tambahan dalam minuman berkarbonat atau digunakan dalam industri pembinaan sebagai bahan asas dalam konkrit hijau yang lebih mesra alam. Dengan cara ini, karbon yang sebelum ini dianggap sebagai bahan buangan dapat diberi nilai ekonomi dan dikitar semula dalam proses yang lebih lestari.

MANFAAT TEKNOLOGI CCUS

Salah satu kelebihan utama CCUS ialah kemampuannya mengurangkan pelepasan karbon secara drastik. Teknologi ini mampu menangkap sehingga 90 peratus CO₂ yang terhasil daripada pembakaran bahan api fosil, sekali gus mengurangkan impak pencemaran udara dan pemanasan global. Dengan mengekalkan kadar pelepasan karbon yang rendah, CCUS dapat membantu negara-negara yang masih

bergantung kepada tenaga fosil untuk mencapai sasaran sifar bersih karbon dalam jangka panjang.

Selain itu, teknologi ini turut memanjangkan hayat industri tenaga, terutamanya sektor yang masih bergantung kepada bahan api fosil seperti loji janakuasa dan kilang simen. Dengan menggunakan CCUS, industri ini boleh terus beroperasi dengan kesan karbon yang lebih rendah, sambil memberi ruang kepada inovasi dalam tenaga hijau. Ini membolehkan peralihan tenaga berlaku secara lebih terkawal tanpa menjejaskan kestabilan ekonomi dan pekerjaan dalam sektor berkaitan.

Ia turut memainkan peranan penting dalam mewujudkan ekonomi kitaran karbon. Gas karbon yang ditangkap boleh digunakan semula dalam pelbagai sektor industri, termasuk pembuatan bahan api sintetik, produk kimia dan bahan buangan mesra alam. Ini bukan sahaja mengurangkan pembaziran tetapi juga menukarkan gas pencemar kepada sumber yang bernilai ekonomi. Pendekatan ini sejajar dengan prinsip kelestarian iaitu dengan mengurangkan penggunaan sumber yang boleh dimanfaatkan.

Tambahan pula, teknologi CCUS juga menyumbang kepada peningkatan pemulihan minyak melalui teknik pemerolehan minyak tertingkat (EOR). Dalam proses ini, karbon dioksida

yang disuntik ke dalam medan minyak bawah tanah membantu meningkatkan tekanan dalam telaga minyak yang hampir kering, sekali gus mengoptimalkan pengeluaran minyak mentah. Ini menjadikan CCUS bukan sahaja bermanfaat dalam mengawal pelepasan karbon, tetapi juga memberi kelebihan kepada industri tenaga dalam meningkatkan kecekapan pengeluaran.

Walaupun CCUS menawarkan potensi besar dalam mengurangkan pelepasan CO₂ ke atmosfera, pelaksanaannya masih menghadapi pelbagai cabaran yang perlu diatasi. Tanpa strategi yang jelas dan pelaburan yang mencukupi, keberkesanan teknologi ini mungkin tidak dapat dimaksimumkan.

Salah satu cabaran utama CCUS ialah kos yang tinggi. Teknologi ini memerlukan pelaburan besar, terutama dalam pembangunan infrastruktur pemetangkapan dan penyimpanan karbon. Kos operasi dan penyelenggaraan yang tinggi juga menjadi penghalang penerimaan teknologi ini secara meluas, terutamanya bagi negara-negara membangun yang mempunyai kekangan kewangan. Tanpa insentif yang mencukupi, syarikat-syarikat mungkin kurang berminat untuk melabur dalam CCUS.

Selain itu, terdapat risiko kebocoran karbon apabila CO₂ disimpan dalam formasi

geologi bawah tanah. Sekiranya terdapat keretakan dalam lapisan batuan yang menyimpan gas tersebut, CO₂ boleh bocor kembali ke atmosfera dan menjejaskan alam sekitar. Oleh itu, sistem pemantauan dan kawalan yang ketat diperlukan bagi memastikan penyimpanan karbon dilakukan dengan selamat dan berkesan dalam jangka masa panjang.

Keberkesanan jangka panjang CCUS juga sering dipersoalkan. Sesetengah pihak berpendapat bahawa teknologi ini hanya berfungsi sebagai penyelesaian sementara dan menunda peralihan kepada tenaga hijau. Jika CCUS digunakan sebagai alasan untuk terus bergantung kepada bahan api fosil, ia boleh melambatkan usaha global dalam beralih kepada sumber tenaga boleh diperbaharui seperti tenaga suria dan angin.

Tambahan pula, terdapat kebimbangan CCUS akan meningkatkan bergantung kepada teknologi industri fosil. Sesetengah syarikat minyak dan gas melihat teknologi ini sebagai cara untuk mengekalkan operasi tanpa perlu beralih kepada model perniagaan yang lebih mesra alam. Ini boleh melemahkan insentif untuk mengurangkan penggunaan bahan api fosil secara keseluruhan, yang bertentangan dengan matlamat jangka panjang untuk mencapai sifar pelepasan karbon.

Secara keseluruhannya, walaupun CCUS menawarkan penyelesaian yang menarik dalam mengurangkan pelepasan karbon, cabaran dari segi kos, risiko kebocoran, keberkesanan jangka panjang dan bergantung kepada industri fosil perlu ditangani dengan teliti.

Sokongan kerajaan, inovasi teknologi dan dasar yang lebih ketat diperlukan bagi mengurangkan kelemahan yang ada bagi memastikan teknologi ini benar-benar memberi manfaat kepada usaha menangani perubahan iklim.

DR. Abu Sufian Abu Bakar ialah Penjenayah Kajian Pusat Pengajian Ekonomi, Wang dan Bank, Universiti Utara Malaysia (UUM) dan Ahli Jawatankuasa (AJK) Forum Ekonomi Manusia.