

# Sel Bahan Api Oksida Pepejal sebagai Penjana Kuasa Elektrik

Ahmad Nazeer Che Mat dan Nafisah Osman

Tenaga daripada perspektif teknologi dan ekonomi merujuk sumber semula jadi, iaitu sebarang punca atau bahan yang dapat diperolehi, diubah suai dan digunakan untuk memenuhi keperluan manusia. Terdapat dua jenis sumber tenaga yang utama, iaitu sumber tenaga yang tidak boleh diperbaharui dan boleh diperbaharui.

Sumber tenaga yang tidak boleh diperbaharui ialah sumber tenaga yang diperolehi secara semula jadi melalui proses pereputan haiwan purba jutaan tahun lalu seperti petroleum, arang batu dan gas asli. Apabila bahan ini telah habis digunakan, sumber tenaga ini tidak boleh dihasilkan

semula. Tambahan pula, penggunaan tenaga tidak boleh diperbaharui boleh mendatangkan kesan buruk kepada alam sekitar melalui pelepasan gas toksik yang mengundang kepada pemanasan suhu global. Sebaliknya, sumber tenaga yang boleh diperbaharui seperti tenaga solar atau matahari, angin, biojisim, air, dan sel bahan api adalah lebih selamat dan mesra alam untuk digunakan. Sumber tenaga boleh diperbaharui merupakan satu daripada sumber penjaanaan tenaga yang paling cepat berkembang dan dijangka menjadi sumber tenaga terbesar pada tahun 2040.

Antara sumber tenaga yang boleh diperbaharui yang giat dibangunkan kini ialah sel bahan api oksida pepejal (SFOP). Selain penggunaan SFOP yang lebih mesra alam dan mempunyai tahap kecekapan yang tinggi, sumber tenaga ini bertoleransi dengan baik terhadap bahan api yang digunakan sama ada hidrogen ( $H_2$ ), metana ( $CH_4$ ), gas asli, biogas, dan sebagainya. Umumnya, SFOP terdiri daripada dua bentuk utama, iaitu satah atau tiub dan binaannya boleh dibuat secara mudah alih atau tetap. Secara asasnya, SFOP merangkumi katod (terminal negatif), anod (terminal positif) dan elektrolit. Apabila

oksigen dialirkan di katod, tindak balas penurunan berlaku dan oksigen akan menerima cas negatif (elektron) daripada litar luar menghasilkan ion oksida ( $O^{2-}$ ). Manakala di sebelah anod pula, jika gas  $H_2$  digunakan, tindak balas pengoksidaan akan berlaku dengan pembebasan elektron ke litar luar menghasilkan proton ( $H^+$ ). Ion  $O^{2-}$  daripada katod akan bergerak ke anod melalui elektrolit dan bergabung dengan  $H^+$  membentuk hasil sampingan, iaitu air ( $H_2O$ ).

Dari aspek ekonomi, pasaran SFOP pada peringkat global menyasarkan kadar pertumbuhan tahunan sebanyak 39.5 peratus pada tahun 2020 berbanding dengan tahun 2017 hingga tahun 2019. Tambahan pula, pasaran teknologi SFOP diunjurkan berlakunya peningkatan daripada USD1.09 bilion pada tahun 2021 kepada USD5.31 bilion menjelang tahun 2028, iaitu pada kadar pertumbuhan tahunan terkumpul atau *compound annual growth rate* (CAGR) sebanyak 25.3 peratus sepanjang tempoh tahun 2021 hingga tahun 2028.

Pada peringkat global, lonjakan pasaran SFOP pada masa akan datang didorong oleh keperluan yang mendesak terhadap penghasilan dan penggunaan tenaga yang lebih mesra alam. Selain itu, peningkatan kesedaran orang ramai terhadap teknologi hijau di samping beberapa kelebihan yang ditawarkan oleh teknologi SFOP dalam penghasilan tenaga elektrik membantu meningkatkan lagi pasaran teknologi ini di seluruh dunia. Kemunculan gelombang teknologi baharu atau Revolusi Perindustrian Keempat serta persaingan pelaburan yang besar terhadap sektor pertahanan, pengangkutan dan pusat data atau telekomunikasi akan memperlihatkan perkembangan drastik sektor tersebut lantas memerlukan sumber tenaga yang lebih cekap, stabil, efektif, dan mesra alam.

Oleh yang demikian, pelbagai bentuk penyelidikan, pembangunan, kerjasama, dan dana daripada pihak kerajaan dan industri telah diaktifkan untuk menghasilkan teknologi SFOP dengan ciri yang canggih dan terkini. Gerak kerja ini dapat dilihat daripada kerjasama sekumpulan saintis daripada Universiti Kebangsaan Seoul dan Institut Sains dan Teknologi Korea yang telah berjaya menghasilkan peranti filem



nipis mikro 3D untuk meningkatkan lagi tahap kecekapan SFOP.

Sementara itu, suatu program khusus mengenai SFOP telah dirangka dengan begitu teliti di Amerika Syarikat. Program ini diletakkan di bawah Solid State Energy Conversion Alliance hasil kerjasama antara Makmal Teknologi Tenaga Kebangsaan bagi Bahan Api, Jabatan Tenaga Amerika Syarikat dengan sektor industri, institusi pendidikan dan makmal penyelidikan kebangsaan yang lain.

Matlamat program ini adalah untuk menjalankan aktiviti penyelidikan serta pembangunan teknologi SFOP dengan menitikberatkan aspek kos, toleransi atau fleksibiliti SFOP terhadap bahan api dan membangunkan teknologi SFOP berasaskan arang batu. Melalui program ini, syarikat FuelCell Energy Inc. dengan kerjasama Versa Power Systems telah berjaya membangunkan dua bahan api bertindan berkapasiti 10 kilowatt (kW) setiap satunya dan mampu beroperasi selama 5000 jam.

Seterusnya, beberapa unit sel bahan api bertindan yang dihasilkan oleh syarikat seperti Siemens didapati telah melepasi had operasi 5000 jam. Penggunaan teknologi SFOP berbentuk tiub oleh Siemens didapati berupaya membekalkan tenaga sebanyak 100 kW dengan kecekapan operasi yang tinggi. Inovasi ini telah digunakan oleh beberapa buah negara maju seperti Jerman, Belanda, Amerika Syarikat, dan Itali sejak beberapa tahun kebelakangan ini.

Dari sudut kewangan pula, insentif yang memberangsangkan telah disediakan oleh pihak kerajaan, terutamanya di negara maju seperti Amerika Syarikat dalam usaha memartabatkan lagi penggunaan sel bahan api. Buktinya dapat diperhatikan apabila Jabatan Tenaga Amerika Syarikat telah mengumumkan peruntukan sebanyak USD34 juta di bawah program Funding Opportunity Announcement untuk

membangunkan sistem SFOP secara kecil-kecilan. Dasar kerajaan ini secara tidak langsung menyumbang kepada peningkatan pasaran SFOP di seluruh dunia.

Di samping itu, lonjakan pasaran SFOP global bukan hanya bergantung pada insentif pihak kerajaan semata-mata, bahkan pada masa ini telah banyak negara di seluruh dunia mulai sedar betapa pentingnya beralih kepada tenaga hijau yang lebih bersih dalam penghasilan tenaga elektrik. Pada tahun 2020, penggunaan tenaga bersih dan penghasilan tenaga elektrik daripada sumber yang boleh diperbaharui bertambah sekitar tiga peratus dan tujuh peratus, masing-masingnya mengikut laporan daripada Agensi Tenaga Antarabangsa melalui Ulasan Tenaga Global 2021 yang diterbitkan pada bulan April 2021.

Jika dibahagikan pasaran teknologi SFOP global kepada empat bahagian, iaitu Asia Pasifik, Amerika Utara, Eropah, dan kawasan lain di dunia, pasaran SFOP di Asia Pasifik mendahului yang lain dengan pencapaian USD0.37 bilion pada tahun 2020. Pasaran teknologi SFOP di Eropah juga didapati meningkat dengan adanya kerjasama penyelidikan melalui program *Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking* pada tahun 2019. Program ini menasaskan penggunaan tenaga berasaskan hidrogen pada kadar 24 peratus pada tahun 2050.

Kesungguhan Amerika Syarikat dan Kanada terhadap penggunaan teknologi mesra alam ini diterjemahkan dalam bentuk beberapa inisiatif yang telah diperkenalkan seperti kemudahan percubaan dan geran penyelidikan untuk menyebarkan teknologi ini. Di samping itu, penyertaan negara lain seperti Brazil, Arab Saudi, Emiriah Arab Bersatu, dan Afrika Selatan menjadikan pasaran teknologi yang berteraskan infrastruktur teknologi hidrogen semakin meningkat.

Pada bulan Julai 2020, kerjasama antara syarikat Air Products, Amerika Syarikat dengan NEOM dan ACWA Power membabitkan sejumlah modal yang besar, iaitu USD5 bilion bagi membangunkan teknologi berasaskan hidrogen di Arab Saudi yang dijangka beroperasi pada tahun 2025. Teknologi ini mampu menyediakan 650 tan hidrogen sehari melalui kaedah elektrolisis, empat gigawatt



kuasa yang bersih daripada angin dan solar, tempat penyimpanan dan pengeluaran nitrogen serta pengeluaran 1.2 juta tan ammonia setahun.

Dalam konteks Malaysia, sebagai sebuah negara yang beriklim tropika dengan taburan hujan yang tinggi saban tahun telah menjadikan tanaman kelapa sawit tumbuh subur. Malaysia juga membekalkan berjuta-juta tan minyak sawit untuk pasaran di dalam dan di luar negara. Hampas kelapa sawit seperti isirung, daun, tangkai buah yang kosong, dan pelepah boleh dijadikan sebagai sumber utama dalam penghasilan tenaga yang berasaskan biogas.

Penggunaan semula hampas kelapa sawit dalam penghasilan tenaga biogas sangat penting dari aspek pengurusan sisa pepejal daripada terus dibiarkan mereput di ladang sawit dan mengeluarkan bau yang kurang menyenangkan. Biogas yang terhasil mampu menjana tenaga elektrik serta boleh digunakan sebagai bahan api kenderaan di samping menghasilkan biometana yang boleh digunakan untuk membuat bahan kimia yang lain.

Oleh sebab SFOP mempunyai toleransi yang baik terhadap jenis bahan api yang digunakan, maka potensi Malaysia untuk menjana teknologi SFOP berasaskan biogas amat cerah. Pada tahun 2019, Malaysia telah menjana biogas sebanyak 877.5 juta meter padu per tahun. Daripada jumlah besar ini, Malaysia mampu menghasilkan tenaga elektrik dengan menggunakan teknologi SFOP berasaskan biogas sebanyak 2006.9 megawatt, iaitu enam peratus daripada jumlah kapasiti tenaga elektrik negara.

Usaha gigih, terutamanya dari segi sudut penyelidikan antara ahli akademik, pemain industri serta makmal penyelidikan kebangsaan harus dipergiat dalam memastikan teknologi SFOP berkembang dan diterima umum.

Sebagai contohnya, negeri Kedah sebagai negeri jelapang padi boleh menyumbangkan sisa padi seperti sekam dan jerami padi untuk menghasilkan biogas dan digabungkan dengan teknologi SFOP. Jika langkah ini berjaya dan mendapat sambutan daripada negeri lain, tidak

hairanlah Malaysia mampu menjana tenaga elektrik sebanyak 3000 gigawatt-jam pada tahun 2035.

Di Malaysia, satu daripada penyelidikan terhadap teknologi sel bahan api dan SFOP telah lama dilaksanakan dan disambut baik oleh pihak akademik di institusi pengajian tinggi seperti Universiti Kebangsaan Malaysia, Universiti Teknologi Malaysia, Universiti Teknologi MARA, dan lain-lain. Malaysia sangat bertuah kerana mempunyai khazanah hasil bumi yang banyak serta kepakaran akademik, penyelidik, industri, dan pembuat dasar untuk memacu negara menjadi negara pencipta dan bukan lagi negara pengguna.

Teknologi seperti SFOP harus diketengahkan kerana terbukti mempunyai pasaran yang luas dan mendapat sambutan hangat pada masa hadapan. Teknologi ini juga dapat merealisasikan aspirasi pihak kerajaan dalam mengurangkan pelepasan karbon ke udara seperti yang dipersetujui dalam Perjanjian Iklim Paris 2015. <sup>(4)</sup>