

## BERADAB DENGAN TENAGA BOLEH BAHARU

Muhammad Nazry Chik\*, Liyana Yahya dan Afifi Zainal

Unit Tenaga Boleh Baharu dan Teknologi Hijau, TNB Research Sdn. Bhd. No. 1, Lorong Ayer Itam, Kawasan Institusi Penyelidikan Bangi, 43000, Kajang, Selangor, Malaysia

E-mel: [mnazry.chik@tnbr.com.my](mailto:mnazry.chik@tnbr.com.my)

### ABSTRAK

Dalam industri bekalan elektrik negara, tenaga boleh baharu telah dikenal-pasti sebagai salah satu penyumbang bekalan elektrik yang lestari, mesra-alam dan peranan positifnya dalam menyumbang ke arah pengurangan pelepasan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) negara. Beberapa polisi, program, akta dan insentif telah diatur dan dilancarkan oleh kerajaan bagi menggalak pembangunan dan penggunaan tenaga boleh baharu ini. Beberapa perkembangan yang positif telah dapat disaksikan sejak itu, namun pada masa yang sama, peringatan harus diberi tentang makna rohani sebenar sumber-sumber tenaga boleh baharu ini dan natijah pembangunannya. Maka adab terhadap tenaga boleh baharu dirangka di dalam makalah ini, dengan menyoroti makna 'adab' itu sendiri dan penghuraian beberapa aspek ilmu. Bagi melengkapkan erti-kata 'adab', maka empat rangka-kerja penting juga telah dikenalpasti untuk diamal-laksana, iaitu (i) membangunkan tenaga boleh baharu menerusi perlakuan dan amalan kejuruteraan yang baik, (ii) membangunkan ia dengan mengambil-kira manfaatnya yang pelbagai selain daripada tenaga elektrik semata-mata, (iii) membangunkannya secara lestari, dan (iv) menggiatkannya dengan mengambil kira kemaslahatan masyarakat.

**Kata-kunci:** *adab, pandangan alam islam, tenaga boleh baharu, manusia dan alam*

### ABSTRACT

Renewable Energy has been identified as one of the energy resource contributors in the national electricity supply industry, known for its sustainability, environmental friendly and its impactful role in supporting the country's commitment in reducing the carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>). Several policies, program, act and incentives have been devised and launched by the government in promoting the development and use of renewable energy, with a visible positive progress ever since. However, to complement this achievement, it is equally crucial that an underlying principle and spiritual meaning of renewable energy and the end-of-mind of its development be made known and understood. Thus, 'adab' (loosely equivalent to 'ethic' or 'manner') in renewable energy is elucidated in this article, making sense of the word 'adab' first, before delving into intricacies of relevant knowledge ('ilm) in the renewable energy industry. In completing the meaning of adab to renewable energy, four frameworks are proposed to be adhered: (i) developing renewable energy via good engineering conducts and practices, (ii) to grow renewable energy by taking into account its various benefits other than

electricity alone, (iii) to pursue it in a sustainable manner, and (iv) to take into account how renewable energy can benefit a society at large.

**Keywords:** *adab, islam worldview, renewable energy, man and nature.*

## 1.0 PENDAHULUAN

Tenaga Boleh Baharu (selepas ini diringkaskan sebagai TBB) merujuk kepada tenaga yang berasaskan daripada sumber alam seperti solar, angin, air, biojisim, geoterma dan yang seumpamanya. Sumber alam ini sudah ada sejak bumi ini dijadikan, walaupun kuantum dan profailnya berbeza-beza mengikut lokasi.

Tenaga solar dapat dimanfaatkan melalui pancaran cahaya matahari (tenaga foton) yang dapat mengaktifkan elektron sesuatu bahan semikonduktor didalam sel-sel fotovolta, ke kuantum tenaga yang lebih tinggi yang selanjutnya dapat berfungsi sebagai pembawa arus elektrik. Selain elektrik, tenaga haba juga dapat dihasilkan dari sinar matahari, melalui beberapa teknologi tertentu seperti palung parabola, menara kuasa dan pemantul *Fresnel* [1].

Angin dan air pula dapat dimanfaatkan melalui tenaga kinetiknya yang memacu bilah-bilah tarbin yang kemudiannya mengaruh medan magnet di penjana bagi menghasilkan tenaga elektrik, ataupun secara langsung melalui tenaga kinetik yang dapat menggerakkan kapal-kapal pelayaran mahupun kincir-kincir air yang langsung memutar penggiling, aci atau roda. Teknologi tarbin angin yang banyak digunapakai sekarang ini adalah dari jenis paksi mendatar, menghadap-angin, 3-bilah kipas, dengan penjana bermagnet kekal [1]. Manakala bagi tarbin hidro pula ianya bergantung pada ketinggian dan aliran airnya, dan penjanaaan elektriknya pula dijana melalui beberapa jenis reka-bentuk tarbin seperti *Turgo Impulse, Pelton, Kaplan, Francis* atau aliran silang [2].

Manakala biojisim, yang kebanyakannya dari bahan buangan pertanian, dapat menghasilkan tenaga melalui pembakaran secara langsung atau secara gasifikasi. Beberapa teknologi dandang dapat digunakan bagi tujuan ini seperti stoker dan beberapa variasi lapisan terbendalir [1].

Kepelbagaian sumber-sumber TBB ini juga tersurat melalui kepelbagaian sifat mereka. Yang lazim dinilai adalah dari segi faktor keterputus-putusan. Sumber tenaga dari angin mempunyai faktor ini yang paling tinggi, diikuti dengan solar. Hidro dan geoterma pula adalah paling kurang tahap keterputus-putusannya, sehinggakan ianya dapat dijadikan sebagai loji penjana beban dasar. Namun solar tidak bergantung pada lokasi geografi, bermakna ianya dapat dimanfaatkan pada mana-mana kawasan di dunia ini. Tahap kematangan teknologi TBB juga berbeza, dimana sekarang ini hidro, angin dan geoterma mempunyai tahap teknologi yang sudah berstatus komersil. Ini perlu dinilai pula dengan jangkamasa pembangunan sesuatu sumber TBB tersebut, dimana geoterma pada masa ini adalah yang paling lama, sekitar lima tahun.

Dari segi penggunaan sumber TBB untuk penjaan elektrik, sumber hidro merupakan yang terawal digunakan, seawal 1900 di Sungai Sempam, Raub, Pahang. Loji janakuasa ini dibangunkan oleh syarikat *Raub Australian Gold Mining Company Ltd.* bagi memacu industri perlombongan emas di situ [3]. Seterusnya Lembaga Letrik Negara (LLN) (kininya Tenaga Nasional Berhad, TNB) juga telah mengusahakan program elektrifikasi kawasan luar bandar menggunakan tenaga solar, pada awal 1980-an [3]. Namun, pertumbuhannya adalah tidak memberangsangkan pada tahun-tahun berikutnya.

Sebaliknya kita dapat lihat pertumbuhan dalam bidang TBB amatlah memberangsangkan dalam tahun-tahun kebelakangan ini, sejak beberapa polisi, program, akta dan insentif yang dilancarkan kerajaan dalam menggiatkan pembangunan TBB di Malaysia, seperti Polisi Bahan-api ke 5 (2000), Program Tenaga Boleh Baharu Kecil (2001) dan Polisi Tenaga Boleh Baharu Nasional (2011) umpamanya [4]. Menerusi insentif wang-ringgit melalui penjualan tenaga TBB menerusi skim *Feed-in Tariff (FiT) (2011)*, banyak syarikat-syarikat, pemaju-pemaju dan firma-firma muncul untuk merebut peluang ini dan syukur, terdapat lonjakan yang ketara dari segi penggunaan sumber-sumber TBB. Mengikut laman web *Sustainable Energy Development Authority (SEDA)* Malaysia, [www.seda.gov.my](http://www.seda.gov.my) setakat 16 Oktober 2016, pemasangan tenaga solar mendahului sebanyak 276 MW, diikuti biojisim 75 MW, biogas sekitar 26 MW dan hidro 18 MW.

Peningkatan ini amatlah dialu-alukan, bukan sahaja dalam penggalakan penggunaan sumber-sumber TBB yang lebih mesra alam, namun yang lebih penting adalah natijah dan sumbangannya dalam pemeliharaan alam sekitar. Namun, apa yang dibimbangkan adalah samada insentif wang-ringgit dapat terus menjadi pemangkin, secara mapan, dalam usaha pemeliharaan alam sekitar ini. Adakah wang-ringgit dapat memberi kesedaran kepada para pemegang FiT khususnya dan kita semua amnya, akan hakikat peranan sumber-sumber TBB? Apakah insentif seperti ini dapat memberi didikan dan kefahaman kepada kita semua tentang pertalian dan hubungan antara kita, umat manusia dan alam, termasuklah sumber-sumber TBB yang pada masa ini telah berjaya 'memewahkan' kita? Kerana jika kita hanya menganggap sumber-sumber TBB ini hanya sebagai suatu alat untuk kita manusia meraih kebendaan dan kekayaan daripadanya, maka objektif pemeliharaan alam sekitar menerusinya akan cacat. Ianya agak licik, kerana kita sangka kita sudah memelihara alam sekitar dengan menggunakan sumber-sumber TBB semaksima mungkin, namun cara perlaksanaannya, layanan dan pandangan alam kita terhadap TBB bakal, malah sepatutnya dapat membezakannya.

Maka makalah kecil ini cuba mengutarakan beberapa langkah yang boleh diguna-pakai untuk kita merangka satu wadah yang lebih berkesan dalam pembangunan sumber-sumber TBB ini. Ianya berkenaan dengan apa yang perlu dan mesti kita tahu berkenaan dengan sumber-sumber TBB dan bagaimana dengannya dapat kita bergerak ke hadapan. Ianya dapat dirangkumkan kepada bagaimana kita perlu beradab dengan TBB ini.

## 2.0 ADAB DAN ILMU TENAGA BOLEH BAHARU

Adab bersangkut-paut dengan ‘*meletakkan sesuatu itu pada tempatnya yang sesuai*’, dan dengan melakukannya, natijahnya adalah terhasil satu keadaan yang tinggi nilainya, iaitu keadilan dan hikmah [5]. Adab “...*adalah sesuatu perbuatan, tindakan atau keputusan yang didasari oleh ilmu yang benar...*” [6]. Maka kita lihat disini ada hubung-kaitnya antara ilmu dan amal – sesuatu yang lazim didengari.

Mari kita lihat, sebagai permulaan, apakah ilmu-ilmu yang boleh dikaitkan dalam industri TBB. **Ilmu-Ilmu fizikal** yang boleh dikaitkan dengan TBB boleh disusun seperti berikut: **(a) Asas**, **(b) Pengukuran dan analisa**, dan **(c) Teknologi**. Ilmu-ilmu TBB asas merangkumi pemahaman kita akan mekanisma pembentukan sesuatu sumber TBB tersebut. Sebagai contoh, air yang berada pada sesuatu aras mempunyai tenaga potensi bergantung pada ketinggiannya dan tarikan graviti. Ianya bertukar kepada tenaga kinetik apabila mengalir dan kuantumnya ditentukan pula oleh ketumpatan air dan halajunya, di samping tekanan air dan sudut vektor halajunya apabila bertemu dengan bilah-bilah tarbin. Jika kita ingin membangunkan loji tenaga dari haba solar tertumpu maka pengetahuan dalam radiasi langsung, hukum pantulan dan pembiasan cahaya, antaranya, perlu didalami. Dengan mengambil-kira sumber-sumber TBB lazim yang lain seperti solar, hidro, biojisim, angin dan geoterma, maka beberapa cabang ilmu seperti fizik, kimia, bio-kimia, termo-dinamik, termo-kimia, dinamik bendalir, optik, mekanik kuantum, dan seumpamanya, haruslah dipelajari.

Untuk mengukur sumber-sumber TBB pula, pengetahuan dalam kaedah pengukuran, peralatannya, tata-caranya dan juga kaedah menganalisisnya perlu diperhalusi. Sebagai contoh, sumber tenaga angin lazimnya diukur menggunakan *cup anemometer* yang perlu dipasang di tiang pada ketinggian minima 10 meter tinggi dari aras laut dan untuk jangka-masa pengukuran minima 1 tahun [7], walaupun sudah terdapat kaedah yang lebih canggih sekarang ini seperti *SODAR (Sonic Detection and Ranging)* atau *LIDAR (Light Detection and Ranging)*. Diantara data-data yang wajar dikumpul dalam membangunkan sesuatu loji tenaga angin adalah seperti halaju angin, arah angin, suhu, tekanan udara, kekerapan kilat, topografi dan peta guna-tanah sesuatu tapak bina. Manakala dalam penganalisisannya pula, beberapa carta dan manifestasi data seperti lengkung taburan *Weibull*, carta ros dan peta kontur angin dapat membantu proses penilaian dan membuat keputusan, sambil dibantu juga oleh perisian simulasi komputer seperti *Hybrid Renewable and Distributed Generation System (HOMER)*, *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*, *WindFarmer* atau seumpamanya. Pada peringkat inilah data-data dan analisa perlu dicernakan bagi menentu-ukur tahap keterputus-putusan sesuatu sumber TBB tersebut, selain daripada membuka ruang penyelidikan atas faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Selanjutnya, pengetahuan mengenai jenis teknologi yang sesuai digunakan juga perlu diperhalusi. Jenis tarbin manakah yang sesuai diantara *aliran-silang*, *Pelton*, *Turgo* atau *Francis*, sebagai contoh, perlu dinilai dari segi ketinggian punca air, kadar arus air dan prestasi tarbin itu sendiri bagi sesuatu loji janakuasa mini hidro. Samada kitaran organik *Rankine* atau *flash system* untuk sesuatu loji geoterma yang hendak dibina pula bergantung pada tahap suhu

bendalir geoterma dari dalam tanah. Setiap teknologi ini juga perlu difahami prinsip kerjanya, sejarah perkembangannya, status tekno-ekonomi nya pada masa kini dan juga pada masa hadapan. Siapakah pembekal utamanya, apakah variasi-variasi yang terdapat, apakah kelebihan dan kekurangan pada setiap variasi, dan seumpamanya. Tidak kurang juga penekanan perlu diberi pada topik-topik dan peralatan-peralatan sambungan grid yang mengambil-kira isu-isu seperti keselamatan, skim perlindungan dan kestabilan rangkaian grid. Gerakerja “mengimbas teknologi” ini juga perlu dilakukan secara berkala untuk kita sentiasa mengikuti perkembangan sesuatu teknologi tertentu.

Perkara-perkara diatas adalah ilmu-ilmu fizikal lazim yang difikirkan perlu ada dan dimahiri bagi mereka yang terlibat dalam bidang TBB ini, baik yang berperanan sebagai pemaju, penggiat, pemasar, pengendali dan penyelenggara loji. Mereka yang relevan adalah seperti para saintis, jurutera, juruteknik, teknokrat, ejen penjual, pengurus dan perancang projek. Malah, pada tahap yang tertentu, relevan juga kepada penggubal polisi, pengamal undang-undang, para pendidik atau aktivis alam sekitar.

Namun, untuk menjadi penggiat atau pemaju yang lebih bertanggung-jawab, yang mempunyai pandangan alam yang lengkap, kita perlulah mempunyai ilmu-ilmu yang lebih tinggi nilainya dari ilmu-ilmu fizikal yang tersenarai diatas. Kita perlu mempunyai kesedaran dan kefahaman yang bersifat metafizikal. Kesedaran yang memerlukan kita merenung dan bertafakur sejenak akan dari manakah datangnya sumber-sumber TBB ini, siapakah penciptanya dan untuk siapakah ianya dicipta. Bagi sesiapa yang lazim berkecimpung dalam bidang TBB, pasti berpeluang berdepan dengan fenomena yang dapat mencetuskan pengamatan seperti berikut:

- Di stesen-stesen mini / mikro hidro, tidakkah kita merasa hairan bagaimana air terus mengalir dari puncanya mengikut aliran, arah dan kecerunan yang sama selama bertahun-tahun tanpa henti sambil memberi khidmat yang berterusan kepada flora dan fauna sepanjang laluan, selain daripada tenaga elektrik yang ingin dijana daripadanya?
- Dalam penerokaan sumber tenaga geoterma, kita akan merasa terharu bagaimana terdapatnya sumber air panas di tengah-tengah hutan belantara tebal yang secara konsistennya mengalir perlahan-perlahan dari sumber bawah tanah, melalui rakahan-rekahan yang terhasil pada sesar muka-bumi yang terbentuk hasil daripada pergerakan tektonik bumi, dan hilang semula ke dalam bumi untuk dipanaskan haba bumi dan kembali menuruti kitarannya sedemikian rupa. Ianya seolah-olah memanggil-manggil untuk diguna-pakai oleh segala kehidupan.
- Mikroalga, sejenis mikro-organisma dari kumpulan tumbuh-tumbuhan, yang walaupun tidak tampak di mata kasar – bersaiz mikrometer - namun memainkan peranan yang besar dalam

mengimbangi pelepasan CO<sub>2</sub> sejagat melalui fotosintesis (satu proses yang kompleks yang melibatkan paket-paket foton, enzim, caj-caj, penghasilan bahan kimia, resapan, dan sebagainya [8]) disamping berpotensi besar dijadikan sumber tenaga bio dan lain-lain produk bernilai tinggi [9].

- Atau, mampukah kita kagumi bagaimana atom-atom silika masih patuh untuk melonjak ke kuantum tenaga berikutnya setiap kali ianya disimbahi cahaya matahari? Dan lagi kenapa cahaya matahari (tenaga solar) hanya terdapat pada siang hari (walhal ianya merupakan sumber TBB yang terbesar dari segi kuantum tenaganya) dapat mengetuk kotak minda kita untuk mendapatkan jawapan rohani?

Sememangnya, sumber-sumber TBB merupakan satu '*taskhir*' – ketundukan dan kepatuhan makhluk-makhluk ciptaan terhadap Penciptanya – Allah s.w.t. [10]. Banyak dalil-dalil daripada Al-Quran yang memaparkan konsep '*taskhir*' ini. Sebagai contoh, di dalam Surah Ibrahim ayat 32-33, Allah s.w.t. menegaskan tentang penciptaan langit dan bumi, penurunan air hujan yang dengannya menghasilkan tumbuh-tumbuhan, tentang laut yang membolehkan kapal-kapal belayar diatasnya dan tentang sungai-sungai yang memberi manfaat kepada manusia. Ayat-ayat lain yang bernada serupa boleh dirujuk pada Surah Luqman ayat 20 (nikmat yang Allah telah kurniakan dari langit dan bumi), Surah al-Jathiyah ayat 12-13, Surah al-Hajj ayat 65 dan Surah al-Ra'd ayat 2 [10].

Memetik tafsir dari Surah an-Nur ayat 41([11], di dalam [12]), di mana kesemua makhluk yang dijadikan di langit dan di bumi membesarkan dan memuji Allah s.w.t dengan caranya tersendiri. Jika burung membesarkan Allah s.w.t. melalui kepakan sayapnya, iaitu terbang [12], maka kemungkinan demikianlah juga halnya dengan sumber-sumber TBB kita dimana sumber hidro (air) membesarkannya melalui alirannya, angin dengan tiupannya, solar dengan radiasi dan kepanasannya dan begitulah seterusnya, seperti mana yang telah diperintahkanNya. Maka sudah sewajarnya sumber-sumber ini dihormati semasa fasa perancangan pembangunannya dan disyukuri dengan penuh rasa rendah diri tatkala kita mengambil manfaat daripadanya.

Maka keupayaan untuk mengenal-pasti hakikat kerohanian sebeginilah yang telah digariskan oleh Imam al-Ghazali sebagai salah satu sifat kesempurnaan sebenar seseorang manusia itu:

*"...man's true perfection has three aspects. The first is the perfection of knowledge that consists of knowing Allah, His attributes, His works, and His wisdom in the creations..."* [13]

### 3.0 BERAMAL DENGAN ILMU TENAGA BOLEH BAHARU

Setelah kita mendapat ilmu-ilmu tentang TBB, seperti mana yang telah disentuh secara ringkas di atas, maka perlulah kita beramal dengannya. Dicadangkan di sini empat rangka-kerja seperti berikut: (i) bahawa pembangunannya sebagai sumber tenaga alternatif perlu melalui perlakuan dan amalan kejuruteraan yang baik, (ii) bahawa pembangunan TBB juga perlu mengambil-kira manfaatnya selain dari yang berbentuk tenaga elektrik, (iii) membangunkannya secara lestari, dan (iv) menggiatkannya dengan mengambil kira kemaslahatan masyarakat.

Langkah pertama yang wajar dilakukan adalah untuk menggiat-bangunkan penggunaan TBB ini dalam penghasilan tenaga elektrik, sebagai satu sumber tenaga alternatif. Sememangnya ini merupakan satu langkah yang popular ketika ini di negara kita dalam usaha membendung pelepasan CO<sub>2</sub> dalam industri tenaga, yang masih secara pukalnya bergantung pada bahan-api fosil. Justeru, penggunaan TBB ini dapat mengurangkan intensiti penggunaan bahan-api fosil, yang secara langsung dapat meminimalkan tahap pencemaran. Ini dapat dijangkakan daripada kuantum karbon yang minima oleh penjanaan dari sumber fotovoltaik sebanyak 90 gram CO<sub>2</sub>/kWj, 41 gram CO<sub>2</sub>/kWj dari sumber hidro dan 25 CO<sub>2</sub>/kWj dari tenaga angin, berbanding dengan 1,004 CO<sub>2</sub>/kWj dari arang batu [19].

Apa yang ingin ditekankan di sini adalah betapa pentingnya aplikasi ilmu-ilmu TBB dalam usaha ke arah ini kerana impaknya akan lebih berkesan jika sesuatu loji TBB tersebut dapat dibangunkan dan disaizkan berdasarkan pada ‘perangai’ sesuatu sumber TBB tertentu, melalui tahap-tahap kompetensi ilmu fizikal yang telah dijelaskan diatas. Ini bagi memastikan pelaburan yang optima dan cekap di dalam ruang lingkup penjanaan elektriknya yang maksima dan kos operasi dan penyelenggaraannya yang minima. Berbeza dengan sumber bahan-api yang lain, sumber tenaga TBB perlu difahami sifat-sifatnya yang begitu dipengaruhi oleh faktor-faktor alam persekitaran setempat. Satu kes yang eskترم melibatkan pembangunan sesuatu loji geoterma, di mana jangkamasa tipikal yang diperlukan adalah sehingga lima tahun, bermula dari kajian dan penerokaan awal (analisa geo-kimia, geo-fizikal, *kadar* rintangan tanah, dan sebagainya) sehinggalah kepada penggerudian telaga pertama dan penjanaan kuasa sepenuhnya [14]. Namun, gerakerja sebegini dapat membuahkan hasil yang setimpal memandangkan penjanaan tenaga melalui sumber geoterma mampu mencatat faktor kapasiti yang tinggi (mendekati 100% atau lebih) [1] dan dapat dijadikan sebuah loji yang berdaya-harap berbanding dengan sumber-sumber TBB lain. Pembangunan loji biogas pula perlu mengambil kira mutu gas yang disedut samada jumlah gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan/atau kondensatnya mampu ditangani oleh sistem rawatan gas sebelum ianya mengakis komponen dalaman injin gas, seperti sirip penyejuk dalaman [15] atau sebagainya. Maka tiada jalan pintas dalam hal ini, bagi mengelak atau meminimalkan kegagalan sesuatu pembangunan projek TBB itu, melainkan kajian lengkap dan terperinci dijalankan semasa pembangunannya.

Mungkin untuk ini, satu pusat setempat yang lengkap dengan fasiliti simulasi, makmal dan contoh pemasangan peralatan ditubuhkan bagi menyediakan latihan-latihan dan kursus-kursus berkenaan kaedah penganggaran tenaga dari sumber-sumber TBB dan pensaihan

peralatan. Beberapa aspek pengendalian dan penyelenggaraan yang sesuai bagi loji-loji TBB tertentu perlu juga dimasukkan dalam program latihan di sini.

Langkah ke dua untuk beramal dengan TBB ini adalah dengan menyedari bahawa terciptanya sumber-sumber TBB yang pelbagai ini seakan mencadangkan yang produknya bukan semata-mata tenaga elektrik sahaja, malah penggunaan haba yang terhasil juga mempunyai potensi yang besar dalam menggiat-bangunkan penggunaan TBB. Cahaya matahari, selain daripada tenaga fotovoltannya, tenaga habanya juga dapat dimanfaatkan melalui teknologi pengumpul haba suria bersuhu rendah yang dengannya dapat memanaskan air dan udara secara langsung untuk diaplikasikan sebagai pemanas air, pengering udara dan haba untuk proses industri atau sistem pendinginan udara.. Pihak Agensi Tenaga Antarabangsa mensasarkan sebanyak 80% tenaga elektrik dapat dijimatkan oleh industri melalui penggunaan haba solar ini [16], dan jika diamati potensi pengguna-pakaiannya dalam sektor industri maupun domestik, di negara kita yang beriklim tropika, dijangka unjuran statistik aplikasinya akan lebih memberangsangkan. Beberapa teknologi boleh dikenal-pasti dalam hal ini. Sebagai contoh, teknologi '*pv-haba*' yang mana penghasilan sekaligus tenaga elektrik dan haba melalui panel yang sama, wajar diberi lebih perhatian untuk diguna-pakai di persekitaran kita [17]. Sistem pendinginan udara melalui kaedah serapan atau jerapan haba mampu mengurangkan tenaga elektrik yang selama ini didominasi oleh mesin pengokol pacuan elektrik. Jangan dek kerana ketiadaan insentif komersil dalam lapangan ini maka teknologi-teknologi tersebut dipinggirkan.

Seterusnya, adab yang betul adalah dalam memelihara kelestarian sesuatu pelaksanaan projek TBB. Dengan mengambil-kira tiga elemen utama; alam sekitar, ekonomi dan sosial, maka takrifan kelestarian yang diterima ramai setakat ini adalah seperti yang diketengahkan menerusi laporan *Brundtland* pada 1987, "*...pembangunan yang memenuhi keperluan sekarang tanpa mengabaikan keupayaan generasi akan datang dalam memenuhi keperluan mereka...*" [18]. 'Kelestarian' merupakan satu bidang sains yang baru, yang boleh dijadikan kayu pengukur keberkesanan sesuatu projek itu, sama seperti penggunaan tahap daya maju tekno-ekonomi sekarang yang sudah menjadi lumrah. Adalah menjadi satu impian untuk menetapkan satu piawai agar pada masa hadapan, kelestarian ini dapat dinilai dalam suatu skala yang bermakna.

Sebelum ianya dapat dicapai, maka, satu kaedah yang ringkas boleh diguna-pakai, di mana, beberapa petunjuk kelestarian boleh digunapakai dalam menentu-ukur, secara kasarnya, tahap kelestarian sesuatu teknologi TBB tersebut [19]. Petunjuk-petunjuk tersebut adalah seperti berikut :

1. **Harga.** Harga disini merujuk kepada harga unit elektrik (RM/kWj) yang boleh dijana menerusi sesuatu teknologi. Yang dicari adalah harga yang terendah.
2. **Gas CO<sub>2</sub>.** Faktor ini bermakna tahap pembebasan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam g/kWj, samada menerusi penghasilan CO<sub>2</sub> dalam penggunaan sesuatu teknologi untuk



penjanaan tenaga, atau menerusi kitaran pembuatan dan penggunaan teknologi tersebut. Hala-tuju sekarang ialah kita mahukan yang terendah.

3. **Ketersediaan.** Petunjuk ini merujuk kepada sifat dan potensi sumber bahan-api tersebut samada mudah didapati dimana-mana, samada ianya bersifat terputus-putus, atau samada kuantitinya cukup untuk sesuatu beban tenaga. Unit yang digunakan biasanya % dan kWj.
4. **Kecekapan (%).** Ini sudah menjadi suatu kelaziman untuk menggunakan teknologi yang mempunyai kecekapan yang tinggi, agar sumber yang digunakan sedikit tetapi menghasilkan jumlah tenaga yang lebih besar.
5. **Penggunaan Tanah (ekar/kW).** Berapa ekar tanah diperlukan untuk pemasangan 'ladang solar / angin' / 1-MW? Inilah suatu lagi perkiraan yang perlu dipertimbangkan dan sewajarnya keputusan akan memihak kepada penggunaan tanah yang lebih sedikit.
6. **Penggunaan Air (kg/kWj).** Sama seperti diatas, penggunaan air yang lebih sedikit sepatutnya diutamakan. Air disini merujuk kepada penggunaannya yang tidak dipulangkan semula kepada sumbernya, seperti sungai sebagai contoh.
7. **Impak Sosial.** Pertimbangan samada sesuatu teknologi tersebut mampu memberi impak yang positif kepada masyarakat setempat, samada dari segi peluang pekerjaan, peningkatan kualiti hidup menerusi pengelektrifikasian yang utuh, peningkatan ekonomi mahupun rohani, malah sehingga kepada potensi mendedahkan masyarakat, flora dan fauna kepada pencemaran, sisa toksik dan bahaya.

Menerusi tujuh petunjuk-petunjuk diatas, setiap petunjuk tersebut perlu didapatkan kuantumnya bagi setiap teknologi TBB seperti angin, solar, biojisim dan sebagainya. Seterusnya, penarafan perlu dibuat berdasarkan kepada kuantum dan sasarannya.

Yang pentingnya ialah, sumber TBB itu sendiri, secara semuladinya sudah lestari. Hanya cara perlaksanaannya di tangan manusia sahaja yang boleh mempengaruhi tahap kelestariannya secara total. Sebagai ilustrasi, kita lihat menerusi statistik *SEDA* bahawa tenaga solar mendahului sumber-sumber TBB lain dari segi jumlah pemasangannya. Antara pendorong utamanya adalah disebabkan oleh sumber ini yang tidak bergantung pada lokasi geografi di samping kaedah pemasangannya yang senang dan cepat. Maka kita anggarkan ianya akan mendapat lebih tumpuan dan pelaburan pada masa-masa akan datang, di mana kuantum pemasangannya dari kilowatt (kW) akan menjadi megawatt (MW) – ke arah ladang solar daratan berskala utiliti – dari yang sudah ada sekarang (contoh: Cypark 9 MW di Pajam, Negeri Sembilan dan SunEdison 5 MW di KLIA). Namun, pada masa-masa akan datang dijangka plot tanah yang sesuai untuk tujuan ini akan menjadi semakin berkurangan dan bertambah mahal, dan akan bersaing pula bagi memenuhi kehendak-kehendak dari sektor perumahan, pendidikan (sekolah-sekolah / universiti), atau perubatan (hospital-hospital) yang lebih utama. Adalah

keterlaluan, menerusi pengalaman penulis sendiri, yang mendengar komen dari salah seorang pemain industri solar tempatan yang sanggup menebang pokok-pokok bagi membolehkan ruang tersebut menempatkan panel-panel solar bagi mengaut keuntungan tarif jualan elektrik semata-mata, walhal kewujudan pokok-pokok sendiri telah saling memanfaatkan (dan mendapat manfaat) dari sebilangan besar hidupan lain – mikrob, bakteria, cacing, burung, serangga – apatah lagi kepada manusia yang dibekalkan oksigen (O<sub>2</sub>) kepada mereka untuk bernafas!

Maka versi sistem solar terapung [20], [21] adalah satu contoh pendekatan dan inovasi baru yang bukan sahaja dapat memelihara kelestarian, dari segi faktor guna-tanah, malah dapat meningkatkan lagi taraf kelestarian aplikasi solar fotovoltan di negara kita. Selain itu, permukaan air dapat mengalirkan udara yang lebih sejuk yang dapat menambah-baik penjaanaan tenaga solar yang lazimnya merosot semasa cuaca panas [22].

Ilustrasi di atas diharap dapat memberi gambaran awal yang lebih jelas (walaupun mungkin naif) berkenaan dengan konsep kelestarian secara keseluruhannya, aplikasinya dan ‘pengukurannya’, ketika kurangnya konsep-konsep islam lain seperti *arham* (modal sosial), *mizan* (keseimbangan), *ihsan* (kecantikan) [18], *wusto* (kesederhanaan), *sarafa* (pembaziran) [23] dan sebagainya, sehinggalah selanjutnya kepada konsep ekonomi secara Islam (ilmu mencari hidup dan memberi nafkah) [24], dapat dihuraikan, dipermudah-jelaskan dan disepadukan, sehinggalah konsep-konsep ini dapat diamal-laksanakan oleh setiap golongan.

Perspektif yang terakhir dalam makalah ini ialah menggiatkan TBB dengan mengambil kira kemaslahatan masyarakat. Secara idealnya, ia merujuk kepada penggunaan sumber-sumber TBB (atau bukan TBB) sekeliling untuk dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Contoh yang paling hampir dan baik dalam kes ini adalah terciptanya penjana elektrik 10 kW menggunakan kuasa ombak laut oleh para penyelidik Universiti Malaysia Terengganu (UMT) [25]. Ianya sekali-gus memberi manfaat yang besar kepada para nelayan yang tidak perlu membeli ais untuk hasil tangkapan mereka kerana ais dapat dibuat setempat. Sistem solar terapung pula boleh digabungkan dengan penternakan ikan dalam sangkar yang saling melengkapi antara satu sama lain : solar panel membekal tenaga elektrik kepada sangkar ikan untuk lampu, alat kawalan dan lain-lain, dan sangkar sebagai penyeimbang struktur terapung, di samping dapat menghasilkan pelbagai manfaat : peluang kerjaya dan pendapatan dalam bidang khidmat operasi dan penyelenggaraan, akuakultur, eko-pelancongan dan restoren, untuk masyarakat setempat. Dalam pembangunan hidro pula, jika teknologi hidrokinetik [26] yang tidak memerlukan struktur empangan dan paip, dibina merentasi sungai-sungai, di mana ianya dapat disepadukan dengan pembinaan jambatan yang boleh menghubungkan kampung-kampung terpencil kerana unit-unit tarbinnya boleh disusun-atur di sebalik celahan tiang-tiang struktur jambatan yang boleh direka-bentuk menjadi alat penggandaan halaju arus air sungai. Manakala pembangunan mesin pengering solar, walaupun sudah sekian lama bertapak di negara kita, namun jika dilihat semula dari perspektif ini, ianya mungkin dapat memberi galakan baru demi menjaga kemaslahatan pengguna muslim dari segi status halal dan kesucian produk-produk makanan hasil dari Industri Kecil dan Sederhana (IKS).

#### 4.0 KESIMPULAN

Sumber-sumber TBB dan peranannya perlu diletakkan di tempatnya yang sesuai, dengan mengetahui cara-cara bagaimana kita harus beradab dengannya. Untuk beradab dengan TBB, apa yang mula-mula perlu dilakukan adalah dengan mempelajari beberapa cabang ilmu, seperti ilmu-ilmu fizikal seperti asas teknikal, kaedah pengukuran dan analisisnya, dan teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber TBB. Ini diikuti pula dengan ilmu yang lebih tinggi nilainya yang merujuk kepada tujuan penciptaan dan hakikat Pencipta sumber-sumber TBB tersebut. Seterusnya bagi melengkapkan kitaran adab, ilmu-ilmu tersebut perlu diamalkan menerusi beberapa rangka-kerja yang telah diutarakan, yaani: (i) membangunkan TBB menerusi perlakuan dan amalan kejuruteraan yang baik, (ii) membangunkan TBB dengan mengambil kira manfaatnya yang pelbagai selain daripada tenaga elektrik semata-mata, (iii) membangunkannya secara lestari, dan (iv) menggiatkannya dengan mengambil kira kemaslahatan masyarakat. Walaupun hanya diterangkan secara ringkas dalam makalah ini, adalah menjadi satu harapan yang tinggi agar setiap rangka-kerja di atas dapat diterjemahkan dan diperhalusi lagi secara praktikal oleh mana-mana perangka dasar dan polisi, penyelidik, pemaju, penggiat dan sebagainya, bagi menzahirkan adab yang betul terhadap TBB.

Apa yang teras, keinsafan tentang hakikat dan matlamat kejadian sumber-sumber TBB inilah yang membolehkan kita meyakini ketauhidan, kebesaran dan kebijaksanaan Allah s.w.t. dalam penciptaanNya, dan dapat menyelami betapa kasih dan sayangNya Allah s.w.t. kepada kita, umat manusia. Sumber-sumber TBB yang dijadikanNya patuh dan tunduk atas arahan Khaliqnya, demi kemaslahatan dan kesejahteraan kita sendiri. Lantas adalah tidak wajar sama sekali jika TBB dibangun-giatkan atas dasar pulangan komersil dan materialistik semata-mata. Pembangunan TBB perlu disulami dengan rasa hormat atas kejadian dan kewujudan setiap sumber TBB di dunia ini, dan ditunjangi dengan tauhid yang yakin. Pembangunan TBB perlu disulahi dengan keinginan untuk memanfaatkannya kepada seluruh isi alam ini. Dengan kesedaran dan pandangan alam seperti inilah ianya akan menjadi suatu wadah yang dapat memberi paradigma yang baru dalam melonjak pembangunan TBB di Malaysia. Ianya juga akan mewajarkan gelaran kita sebagai Khalifah di muka bumi ini, insyaAllah. Hanya Allah s.w.t. Yang Maha Mengetahui.

#### RUJUKAN

- [1] Electric Power Research Institute (EPRI). (2004) *Renewable Energy Technical Assessment Guide-TAG-: 2004*. EPRI, Palo Alto, California
- [2] European Small Hydro Association (ESHA), (1998) *Layman's Handbook on how to develop a small hydro site*. European Commission.
- [3] K. Sopian, M. Y. Othman and B. Yatim. (2000). *Renewable Energy: Resources and applications in Malaysia*. Pusat Tenaga Malaysia.

- [4] H. Hashim and W. S. Ho. (2011). Renewable energy policies and initiatives for a sustainable energy future in Malaysia. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 9, pp. 4780–4787
- [5] Syed Muhammad Naquib al-Attas. (1980). *The concept of education in Islam – a framework for an Islamic philosophy of education*. International Institute of Islamic Thought and Civilization (ISTAC). m/s 22
- [6] Asmaa Mohd Arshad. (2012). Konsep Ta'dib: Teras falsafah pendidikan Islam. Dalam Mohd Zaidi Ismail dan Wan Suhaimi Wan Abdullah (Ed.) *Adab dan Peradaban* (m/s 252). MPH Group Publishing.
- [7] Paul Gipe. (1993). *Wind Power for Home & Business. Renewable energy for the 1990s and beyond*. Chelsea Green Publishing Company
- [8] Sofie Van Den Hende, Han Vervaeren and Nico Boon. (2012). Flue gas compounds and microalgae: Bio-chemical interactions leading to biotechnological opportunities. Article in press. *Biotechnology Advances* 30, 1405–1424
- [9] S. S. Oncel. (2013). Microalgae for a macroenergy world. *Renew. Sustain. Energy Rev.* vol. 26, 241–264
- [10] Adi Setia. (2004). Taskhir, fine-tuning, intelligent design and the scientific appreciation of nature. *Islam and Science*. Vol. 2, No. 1
- [11] Ali, Yusuf. (2005). *The Holy Quran: Text, Translation and Commentary*. Islamic Book Trust. Kuala Lumpur, m/s 730, nota 3017; (Beirut: Dar Al-Arabia, 1968), m.s. 911
- [12] Osman Bakar. (2007). *Environmental wisdom for planet earth. The Islamic heritage*. Centre for Civilizational Dialogue, University of Malaya. Academe Art & Printing Services.. m.s. 63-64
- [13] Mohamed Abu Bakr A. Al-Musleh. (2012). *Al-Ghazali the Islamic reformer: an evaluative study of the attempts of Imam al-Ghazali at Islamic reform*. Islamic Book Trust. pp. 169
- [14] International Geothermal Association homepage. <http://www.geothermal-energy.org>. Diakses 26 Januari 2005
- [15] Muhammad Nazry Chik. (2012). Assessment of Landfill Biogas Dew Point Temperature Using Fundamental Phase Equilibrium Model. *Journal of Energy and Environment*. Vol. 4. No. 1. pp21-25
- [16] International Energy Agency (IEA). (2012). *Solar Thermal for Heating and Cooling Technology Roadmap*, IEA: Paris.
- [17] Chow, T. T. (2010). A review of Photovoltaic/Thermal hybrid solar technology. *Applied Energy* 87. pp. 365–37
- [18] Odeh Rashed Al-Jayyousi. (2012). *Islam and sustainable development – New worldviews*. Chapter 1. Gower Publishing.

- [19] Annette Evans, Vladimir Strezov and Tim J. Evans. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13. pp. 1082–1088
- [20] Keratan akhbar Utusan Malaysia. (13 May 2015). *TNBR terima RM3.6 juta bangun sistem solar terapung*.
- [21] Arkib Utusan atas talian. (28 Januari 2014.). *NS pertimbang jana tenaga diperbaharui menerusi empangan*.  
[[http://ww1.utusan.com.my/utusan/Dalam\\_Negeri/20140128/dn\\_16/NS-pertimbang-jana-tenaga-diperbaharui-menerusi-empangan](http://ww1.utusan.com.my/utusan/Dalam_Negeri/20140128/dn_16/NS-pertimbang-jana-tenaga-diperbaharui-menerusi-empangan)]. Diakses 13 Mei 2015
- [22] Komunikasi dengan Mohd Razwan Rusli. (14 Mei 2015), Penyelidik Teknologi Hijau TNB Research Sdn. Bhd.
- [23] Nik Meriam Nik Sulaiman. (2014). Exploring ‘sustainability’: concept and definition from practitioner’s perspectives. *Proceedings for the International Seminar on Science for Sustainable Development: Islamic Perspectives*. Institut Kefahaman Islam Malaysia (IKIM).
- [24] ‘Adi Setia. (2013). Al-Ghazali on the proprieties of earning and living: Insights and excerpts from his Kit āb Ādāb al-Kasb wal Ma‘āsh for reviving economies for communities. *Islamic Science*. Vol. 11 No. 1. m/s 19 - 62
- [25] Berita Harian atas talian. (30 Ogos 2014). *Ombak jana elektrik*. [<http://www.bharian.com.my/node/3388>]. Diakses 18 Mei 2015
- [26] M.J. Khan et al. (2009). Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. *Applied Energy*, 86, m/s 1823–1835.