

The Sun as the Energy Source for Human Beings from the Perspectives of Qu'ran and Science

Matahari sebagai Sumber Tenaga untuk Manusia dari Perspektif Al-Qu'ran dan Sains

Mohd Syahrman Mohd Azmi^{a*}, Faridah Lisa Supian^a, Mohd Yusof Othman^b

^aJabatan Fizik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

^bHadhari Global Network, Pejabat Tun Abdullah Ahmad Badawi, Menara Prisma 26, Persiaran Perdana, Presint 3, 62675 Putrajaya, Malaysia

*Corresponding author: syahrman@fsmst.upsi.edu.my

Article history: Received: 16 October 2022 Received in revised form 15 June 2023 Accepted: 18 June 2023 Published online: 31 August 2023

Abstract

The sun is a great creation of Allah Almighty and a priceless gift for the benefit of mankind. The sun is a major source of energy for the earth's creatures. Sunlight provides a source of direct radiation, stored radiation, and indirect radiation of energy. Direct radiation energy is the energy that is received directly from the sun. The stored radiation energy is the energy of fossil fuels, biomass, and biogas stored for later use. While indirect radiation energy is wind energy, hydro energy, and ocean thermal energy. These resources have been used from ancient times to the present day and are indispensable to drive the sustainable development of a country. This paper analyzes the information related to the source of energy from the sun and its relationship to the teaching of Islam as contained in the Holy Qu'ran. The resources given to us by God Almighty have no use if we do not use them optimally, efficiently and prudently. The analysis found that the Holy Qu'ran greatly encourages people to make full use of the benefits provided by the energy of the sun. It is hoped that the activities undertaken in utilizing this renewable energy source will not only be fully utilized but will also be used to look for the blessing of Allah Almighty.

Keywords: Sun, energy resources, the Holy Qu'ran, science, sustainable development

Abstrak

Matahari merupakan ciptaan agung Allah SWT dan anugerah yang tidak ternilai untuk manfaat manusia. Matahari adalah sumber tenaga utama untuk makhluk di bumi. Sinaran matahari membekalkan sumber tenaga sinaran terus, sinaran tersimpan, dan sinaran tidak terus. Tenaga sinaran terus adalah tenaga yang diterima terus daripada sinaran matahari. Tenaga sinaran tersimpan adalah tenaga daripada bahan api fosil, biojisim dan biogas yang disimpan untuk kegunaan kemudian. Manakala tenaga sinaran tidak terus adalah seperti tenaga angin, tenaga hidro dan tenaga terma laut. Sumber tenaga ini telah digunakan sejak dari dahulu lagi dan amat diperlukan untuk memacu pembangunan dan kemajuan sesebuah negara secara mapan. Artikel ini menganalisis maklumat berkaitan sumber tenaga daripada matahari dan hubungannya dengan tuntutan Islam sebagaimana yang terkandung dalam al-Qur'an. Sumber tenaga yang dikurniakan Allah SWT kepada kita tidak bermakna sekiranya kita tidak menggunakannya secara optimum, cekap dan berhemah. Analisis yang dilakukan mendapati al-Qur'an amat menggalakkan manusia menggunakan sepenuhnya nikmat yang diberikan melalui tenaga sinaran matahari. Adalah diharapkan aktiviti yang dijalankan dalam memanfaatkan sumber tenaga boleh diperbaharui ini bukan sahaja dimanfaatkan sepenuhnya, tetapi juga digunakan untuk mengharapkan keredaan Allah SWT.

Kata kunci: Matahari, sumber tenaga, al-Qur'an, sains, pembangunan mapan

© 2023 Penerbit UTM Press. All rights reserved

1.0 PENGENALAN

Tenaga amat penting dalam kehidupan dan merupakan keperluan asas manusia. Dalam fizik, tenaga boleh ditakrifkan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Pada asasnya, kerja dilakukan untuk menggerakkan sesuatu objek. Secara prinsipnya, tenaga wujud dalam pelbagai bentuk seperti tenaga mekanik dalam menggerakkan objek, tenaga dalam tindak balas kimia, tenaga sinaran seperti gelombang elektromagnet dan tenaga nuklear hasil daripada tindak balas nuklear bahan radioaktif (Mohd Yusof, 1996; Young & Freedman, 2000; Mitofsky, 2018).

Tenaga bukan sahaja diperlukan untuk pertumbuhan pokok dan tanaman serta menggerakkan objek, malah ia amat diperlukan untuk membantu memudahkan kehidupan manusia dalam pelbagai bidang terutamanya perindustrian, pertanian, pengangkutan, pembangunan bandar dan sebagainya. Permintaan tenaga meningkat dari masa ke semasa bagi memenuhi keperluan dan kehendak pembangunan.

Pembangunan sumber tenaga akan mendorong kemajuan dan pembangunan sesebuah negara. Semakin pesat negara membangun, semakin besar pulalah permintaan tenaga bagi memenuhi pembangunan tersebut. Sumber tenaga yang secukupnya diperlukan untuk mengekalkan pertumbuhan industri dan ekonomi negara serta menjamin kesejahteraan rakyatnya (Baharuddin, 1995; Mohd Yusof, 2009; Urban, 2019).

Dari perspektif Islam, sumber tenaga utama yang terdapat di bumi ini berasal dari matahari. Allah SWT mengabadikan matahari dalam al-Qur'an melalui surah asy-Syams yang bermaksud matahari. Surah ini dimulai dengan Allah SWT bersumpah atas nama matahari sebagaimana firman-Nya yang bermaksud,

Demi matahari dan cahayanya yang terang-benderang (al-Qur'an 91:1).

Menurut Rahmat (2015), Allah SWT bersumpah dengan matahari kerana matahari merupakan antara ciptaan-Nya yang agung dan tanda kebesaran Allah SWT serta mempunyai manfaat yang amat besar kepada manusia. Matahari mengeluarkan sinaran cahaya yang menerangi ke seluruh alam – terang-benderang. Ini diperkukuhkan lagi dengan firman-Nya dalam surah Fussilat melalui ayat 37 yang bermaksud,

Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah malam dan siang, serta matahari dan bulan. Janganlah kamu sujud kepada matahari dan janganlah pula sujud kepada bulan, dan sebaliknya hendaklah kamu sujud kepada Allah yang menciptakannya, kalau betullah kamu hanya beribadat kepada Allah (al-Qur'an 41:37).

Dengan sinaran cahaya yang terang-benderang daripada matahari, maka terjadi fenomena siang dan malam. Manakala bulan pula memantulkan sinaran cahaya daripada matahari ke bumi dan pergerakan bulan mengelilingi matahari yang membolehkan manusia menentukan kalendar hijrah. Walau bagaimanapun, kehebatan bulan dan matahari ini tidak membolehkan manusia untuk bersujud kepada mereka. Dalam surah al-Baqarah, ayat 164, Allah SWT berfirman yang bermaksud,

Sesungguhnya pada kejadian langit dan bumi; dan (pada) pertukaran malam dan siang; dan (pada) kapal-kapal yang belayar di laut dengan membawa benda-benda yang bermanfaat kepada manusia; demikian juga (pada) air hujan yang Allah turunkan dari langit lalu Allah hidupkan dengannya tumbuh-tumbuhan di bumi sesudah matinya, serta Ia biakkan padanya dari berbagai-bagai jenis binatang; demikian juga (pada) peredaran angin dan awan yang tunduk (kepada kuasa Allah) terapung-apung di antara langit dengan bumi; sesungguhnya (pada semuanya itu) ada tanda-tanda (yang membuktikan keesaan Allah kekuasaan-Nya, kebijaksanaan-Nya, dan keluasan rahmat-Nya) bagi kaum yang (mahu) menggunakan akal fikiran (al-Qur'an 2:164).

Daripada ayat al-Qur'an ini pula, jelaslah menunjukkan bahawa segala ciptaan Allah SWT yang ada di langit dan di bumi ini akan memberi faedah kepada manusia yang mampu memikirkan tentang bagaimana fenomena tersebut terjadi – “*bagi kaum yang (mahu) menggunakan akal fikiran*”. Begitu juga dengan matahari yang mempunyai keistimewaannya yang tersendiri. Kefahaman menyeluruh tentang sumber tenaga daripada matahari hanya boleh diperolehi melalui analisis lengkap tentang bagaimana sumber tenaga yang terhasil daripada matahari. Artikel ini memberi fokus kepada perbincangan tentang matahari sebagai sumber tenaga menurut perspektif Islam dan kajian yang dilakukan melalui pendekatan saintifik.

■ 2.0 MATAHARI DARI PERSPEKTIF ISLAM

Allah SWT menjadikan alam ini dengan sebaik-baik kejadian sebagai tempat tinggal sementara bagi umat manusia dan makhluk-makhluk yang lainnya (al-Qur'an 32:7). Penciptaan alam semesta dan manusia yang sempurna ini adalah tanda kekuasaan dan kebesaran Allah SWT. Apa sahaja yang terkandung di alam ini adalah milik dan dalam kekuasaan mutlak Allah SWT, Tuhan yang mengatur segala perjalanan bumi, bintang-bintang dan sistem cakerawala keseluruhannya. Dialah pemelihara dan pentadbir alam semesta ini tanpa ada keraguan pada-Nya seperti yang dinyatakan dalam surah al-Faatihah, ayat 2 yang bermaksud,

Segala puji tertentu bagi Allah, Tuhan yang memelihara dan mentadbirkan sekalian alam (al-Qur'an 1:2).

Kekuasaan dan kehebatan Allah SWT dalam ciptaan-Nya untuk mentadbir alam semesta ini telah dijelaskan dalam al-Qur'an dengan firman-Nya yang bermaksud,

Dan Dia-lah (Tuhan) yang telah menjadikan malam dan siang, serta matahari dan bulan; tiap-tiap satunya beredar terapung-apung di tempat edaran (orbit) masing-masing (di angkasa lepas) (al-Qur'an 21:33).

Ayat ini diperkukuhkan lagi dengan firman Allah SWT dalam surah ar-Rahman, ayat 5 yang bermaksud,

Matahari dan bulan beredar dengan peraturan dan hitungan yang tertentu (al-Qur'an 55:5).

Dalam surah Yaasin, Allah SWT berfirman yang bermaksud,

(Dengan ketentuan yang demikian), matahari tidak mudah baginya mengejar bulan, dan malam pula tidak dapat mendahului siang; kerana tiap-tiap satunya beredar terapung-apung di tempat edarannya (orbitnya) masing-masing (al-Qur'an 36:40).

Allah SWT juga memperlihatkan kebesaran-Nya sebagaimana firman-Nya dalam surah Yunus, melalui ayat 5 yang bermaksud,

Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar-sinar (terang-benderang) dan bulan bercahaya, dan Dia lah yang menentukan perjalanan tiap-tiap satu itu (berpindah-randah) pada tempat-tempat peredarannya masing-masing) supaya kamu dapat mengetahui bilangan tahun dan kiraan masa. Allah tidak menjadikan semuanya itu melainkan dengan adanya faedah dan gunanya yang sebenar. Allah menjelaskan ayat-ayat-Nya (tanda-tanda kebesaran-Nya) satu persatu bagi kaum yang mahu mengetahui (hikmat sesuatu yang dijadikan-Nya) (al-Qur'an 10:5).

Ayat ini sekali lagi menegaskan tentang matahari mengeluarkan atau menjana tenaga cahaya (bersinar-sinar), manakala bulan hanya memantulkan cahaya (bercahaya). Matahari, bulan dan bintang-bintang pula beredar dalam orbit tertentu sebagaimana firman Allah SWT dalam surah al-Furqaan, ayat 61 yang bermaksud,

Maha Berkat Tuhan yang telah menjadikan di langit, tempat-tempat peredaran (orbit) bintang, dan menjadikan padanya matahari serta bulan yang menerangi (al-Qur'an 25:61).

Ayat-ayat al-Qur'an di atas dengan jelas menyatakan bahawa matahari bukan sahaja memancarkan cahaya untuk menerangi bumi, bahkan juga ia menjadi sumber tenaga untuk aktiviti yang berlaku di bumi. Begitu besar nikmat yang Allah SWT anugerahkan kepada makhluk-Nya untuk kegunaan dan kemakmuran sejagat. Allah SWT menciptakan sesuatu benda yang mempunyai sebab dan hubungan secara langsung kepada makhluk-Nya. Apa sahaja yang dicipta-Nya, di bumi mahupun di langit, adalah semata-mata untuk dimanfaatkan dan digunakan oleh manusia. Firman Allah SWT dalam surah Luqman, melalui ayat 20 yang bermaksud,

Tidakkah kamu memperhatikan bahawa Allah telah memudahkan untuk kegunaan kamu apa yang ada di langit dan yang ada di bumi, dan telah melimpahkan kepada kamu nikmat-nimat-Nya yang zahir dan yang batin? Dalam pada itu, ada di antara manusia orang yang membantah mengenai (sifat-sifat) Allah dengan tidak berdasarkan sebarang pengetahuan atau sebarang petunjuk; dan tidak juga berdasarkan mana-mana Kitab Allah yang menerangi kebenaran (al-Qur'an 31:20).

Sumber tenaga daripada sinaran matahari atau tenaga suria adalah untuk manfaat dan kegunaan manusia sebagai anugerah dan rahmat dari Allah SWT sebagaimana firman-Nya dalam surah al-Jaathiyah, ayat 13 yang bermaksud,

Dan Ia memudahkan untuk (faedah dan kegunaan) kamu, segala yang ada di langit dan yang ada di bumi, (sebagai rahmat pemberian) daripada-Nya; sesungguhnya semuanya itu mengandungi tanda-tanda (yang membuktikan kemurahan dan kekuasaan-Nya) bagi kaum yang memikirkannya dengan teliti (al-Qur'an 45:13).

Ayat al-Qur'an di atas dengan jelas menyuruh kita meneroka, mengkaji, mengguna dan memanfaatkan apa sahaja ciptaan Allah SWT di bumi dan di langit untuk faedah dan kegunaan survival umat manusia di dunia ini. Ini termasuklah menggunakan matahari sebagai sumber tenaga untuk kemakmuran dan kelestarian hidup manusia.

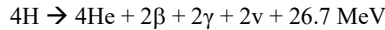
■3.0 MATAHARI SEBAGAI SUMBER TENAGA

Dari perspektif sains astronomi pula, matahari merupakan jasad yang mengeluarkan tenaga berbentuk cahaya akibat daripada proses tindak balas nuklear yang berlaku pada terasnya dengan suhu sekitar 1.5×10^7 K. Jujuk utamanya adalah hidrogen (96% hingga 99%) dan helium (1% hingga 4%) dengan kedua-dua unsur ini berada di bawah tekanan yang amat tinggi. Suhu purata di permukaan matahari adalah 5762 K. Dari perspektif sains, matahari dianggap sebagai jasad hitam yang menyinarakan sinaran di sekitarnya dalam bentuk gelombang elektromagnet yang membawa bersamanya tenaga (Jaffe & Taylor, 2018). Tenaga sinaran matahari ini akan sampai ke permukaan bumi pada kadar 1352 W m^{-2} ; yang bererti setiap meter persegi di permukaan bumi, matahari akan memberikan tenaganya sebanyak 1352 W secara berterusan, sekiranya tiada sebarang halangan di atmosfera. Ciri matahari ditunjukkan seperti Jadual 1 (Wieder, 1996; Mohd Yusof & Kamaruzzaman, 2002).

Jadual 1 Ciri matahari

Ciri matahari	Saiz
Jujuk	Hidrogen (96-99%); Helium (1-4%)
Jisim	1.989×10^{30} kg (3.3×10^5 jisim bumi)
Jejari	6.96×10^8 m (109 jejari bumi)
Jarak bumi-matahari	1.0167 AU (4 Julai)
	0.9830 AU (4 Januari)
Luas permukaan	6.093×10^{12} km ²
Graviti	2.7398×10^{12} ms ⁻²
1 AU (unit astronomi)	1.5×10^{11} m
Suhu	1.5×10^7 K (di pusat matahari)
	5762 K (di permukaan matahari)

Tenaga yang dipancarkan daripada matahari ini merupakan sumber tenaga utama kepada kehidupan di dunia ini. Proses penukaran tenaga ini bukan sahaja bebas daripada pencemaran, bahkan ia adalah anugerah Allah SWT secara percuma dan berterusan. Tenaga daripada matahari dipancarkan melalui sinaran gelombang elektromagnet. Tenaga ini dijanakan melalui proses pelakuran nukleus hidrogen ke helium (Mohd Yusof & Kamaruzzaman, 2002; Seeds, 2018). Tindak balas yang berlaku ini dinyatakan melalui persamaan berikut,

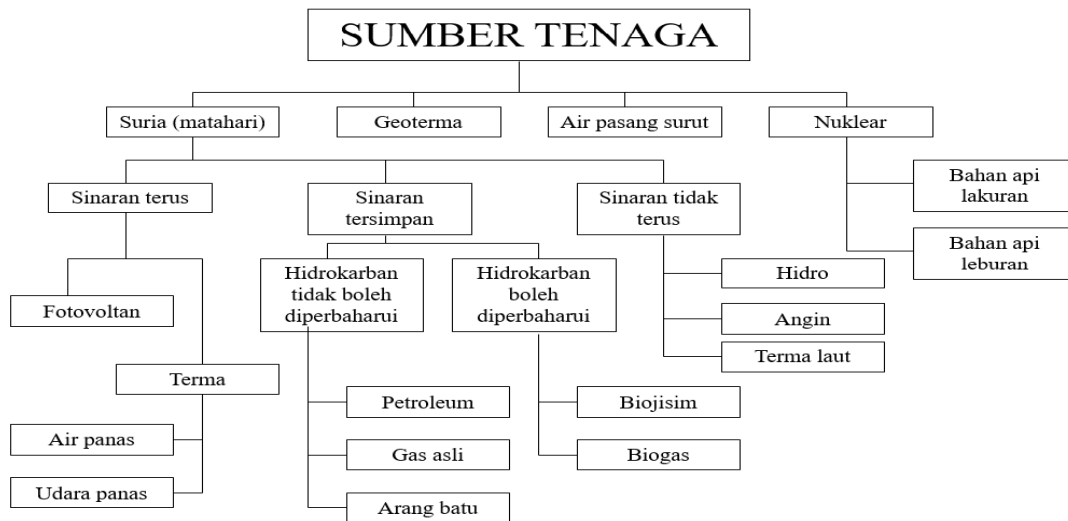


Daripada persamaan tindak balas nukleus di atas ternyata jisim empat atom helium (4He) adalah kurang berbanding dengan jisim empat atom hidrogen (4H). Oleh yang demikian, lebih jisim daripada 4H ditukarkan ke bentuk tenaga. Proses ini berlaku pada teras matahari serta menghasilkan sejumlah tenaga berjumlah 26.7 MeV (1 eV = 1.60 × 10⁻¹⁹ J) untuk setiap tindak balas nukleusnya. Jumlah tenaga matahari yang sampai ke permukaan bumi dapat dihitung dengan mengandaikan matahari sebagai sfera jasad hitam yang memancarkan tenaga secara berterusan dengan suhunya 5762 K ke sekitarnya. Dengan mengandaikan orbit bumi berada 1.5×10¹¹ m daripada matahari, maka tenaga sinaran matahari yang sampai di bumi adalah 1352 Wm⁻², sekiranya tiada sebarang halangan sinaran di atmosfera (Vliet et al., 1982). Nilai 1352 Wm⁻² dinamakan sebagai pemalar suria.

Sekiranya dianggarkan perimeter (lilitan) bumi ialah 40,000 km, amaun keseluruhan tenaga yang menimpa bumi ialah 174,000 TW. Sekiranya keamatan sinaran suria sebenar di permukaan bumi ialah 1.0 kWm⁻² (setelah diandaikan wujudnya rintangan tenaga di atmosfera) dan purata tahunan untuk 24 jam setiap hari tenaga sinaran matahari menimpa bumi ialah 0.2 kWm⁻². Dengan hitungan ini, bumi menerima sekitar 102,000 TW tenaga daripada matahari. Inilah amaun tenaga yang menggerakkan segala aktiviti kehidupan di bumi ini (Mohd Yusof & Kamaruzzaman, 2002).

Sebenarnya, sebahagian besar tenaga di bumi ini berpunca daripada matahari. Kita dapat mengklasifikasikan sumber tenaga di bumi seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1 (Mohd Yusof, 2009). Sumber tenaga primer dapat dibahagikan kepada empat kategori iaitu tenaga daripada matahari yang lebih dikenali sebagai tenaga suria, tenaga geoterma, tenaga air pasang surut dan tenaga nuklear. Secara umumnya, tenaga geoterma adalah tenaga yang terhasil dari perut bumi. Sumber tenaganya terhad di kawasan yang aktif dengan aktiviti gunung berapi. Tenaga air pasang surut terhasil akibat tarikan daya graviti akibat daripada peredaran bumi yang mengelilingi matahari dan bulan mengelilingi bumi. Naik turunnya aras air laut akibat daripada daya graviti bumi-matahari-bulan membolehkan ahli sains dan jurutera membangunkan sistem untuk menukarkan tenaga graviti ini kepada tenaga elektrik. Manakala tenaga nuklear ialah tenaga yang terhasil daripada nukleus atom yang tersepai atau terbelah kerana unsurnya tidak stabil. Tenaga nuklear merupakan tenaga yang dilepaskan atau dibebaskan hasil daripada tindak balas nuklear iaitu melalui proses pelakuran dan pembelahan nukleus atomnya. Daripada keempat-empat sumber tenaga ini, tenaga suria (matahari) adalah sumber tenaga utama di dunia ini.

Artikel ini memfokuskan perbincangan penjanaan tenaga suria (matahari) yang dapat dimanfaatkan di bumi. Di dalam kategori tenaga suria, terdapat tiga jenis tenaga iaitu sinaran terus atau lebih dikenali tenaga suria terus, tenaga sinaran tersimpan, dan tenaga sinaran tidak terus. Tenaga sinaran suria tersimpan dapat dibahagikan kepada dua kategori lagi iaitu hidrokarbon tidak boleh diperbaharui dan hidrokarbon boleh diperbaharui. Hidrokarbon bermaksud tenaga suria yang tersimpan di dalam tumbuhan atau biojisim melalui proses fotosintesis.



Rajah 1 Pengelasan sumber tenaga utama dunia (Sumber: Mohd Yusof, 2009)

Untuk memudahkan perbincangan tentang sumber tenaga ini, ia juga boleh dibahagikan kepada dua kategori tenaga iaitu tenaga lazim dan tenaga boleh diperbaharui seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Tenaga lazim ialah tenaga yang diperolehi secara langsung dari perut bumi dan tersimpan sebagai bahan bakar fosil seperti petroleum, gas asli dan arang batu. Ketiga-tiga sumber ini berasal daripada bahan organik yang tertimbus di dalam perut bumi sejak berjuta-juta tahun yang lalu pada tekanan yang tinggi. Dalam masa yang lama, bahan organik ini akan terurai melalui proses biologi dan geologi. Tenaga lazim ini biasanya digali atau dilombong dari perut bumi dan boleh digunakan sebaik sahaja diperolehi. Dianggarkan hampir 70% daripada bekalan elektrik yang terhasil dan digunakan oleh penduduk dunia sekarang adalah terjana daripada pembakaran arang batu, petroleum dan gas asli (Ismail, 2010).

Jadual 2 Sumber tenaga lazim dengan tenaga boleh diperbaharui di bawah kategori tenaga suria (matahari)

Tenaga lazim	Tenaga boleh diperbaharui
Gas asli	Suria
Petroleum	Hidro
Arang batu	Angin
	Bioagas
	Biojisim
	Terma laut

Tenaga boleh diperbaharui pula ialah sumber tenaga yang boleh diperoleh secara berulang-ulang dan terus menerus. Ia terjana secara tabii oleh alam. Walau bagaimanapun, berbeza daripada sumber tenaga lazim, sumber tenaga ini memerlukan teknologi yang perlu dibangunkan sebelum boleh digunakan (Trainer, 2007; El-Kharouf et al., 2020).

■4.0 TENAGA LAZIM

Tenaga lazim ialah tenaga yang diperoleh secara langsung dari perut bumi. Gas asli, petroleum dan arang batu merupakan tenaga yang tergolong dalam tenaga hidrokarbon dan tidak boleh diperbaharui. Ketiga-tiga sumber tenaga ini berasal daripada tenaga matahari yang digunakan oleh hidupan untuk hidup yang prosesnya mengambil masa berjuta-juta tahun dan tertimbus pada tekanan yang tinggi dalam perut bumi. Sinaran matahari digunakan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Melalui proses fotosintesis ini tumbuhan tersebut membesar. Manakala binatang-binatang purba memakan tumbuh-tumbuhan untuk membesar. Tumbuhan dan binatang ini mati dan kemudiannya tertimbus. Setelah beberapa lama mengalami proses pereputan dan mampatan yang tinggi daripada timbunan tanah tanih dan batuan, ia bertukar menjadi bahan organik. Bahan organik ini kemudiannya terurai melalui proses biologi dan geologi sehingga menjadi fosil. Ketiga-tiga sumber tenaga ini hanya berbeza dari segi bentuknya. Arang batu berbentuk pepejal, petroleum (minyak) berbentuk cecair dan gas asli berbentuk gas. Penjana tenaga lazim yang berasaskan sumber tenaga fosil ini telah banyak memberi manfaat kepada manusia sejak dari dahulu lagi. Tenaga ini dimajukan sepenuhnya seiring dengan kemajuan sains dan teknologi (Mohd Yusof, 1996; Snedden, 2001; Kerr, 2017; Holechek et al., 2022).

4.1 Gas Asli

Gas asli merupakan campuran gas hidrokarbon yang secara tabiinya terdiri daripada metana, tetapi biasanya termasuk jumlah alkana yang lebih tinggi, dan kadang-kadang sebilangan kecil karbon dioksida, nitrogen, hidrogen sulfida, atau helium. Ia terbentuk apabila lapisan tumbuhan dan haiwan yang telah mati terdedah kepada haba dan tekanan yang kuat di bawah permukaan bumi selama berjuta-juta tahun. Tenaga yang diperoleh oleh tumbuhan berasal dari matahari yang disimpan dalam ikatan kimia dalam bentuk gas. Gas asli biasanya terdapat di bahagian atas daripada lapisan petroleum dalam perut bumi.

Kaedah pengendalian gas asli lebih sukar berbanding dengan pengendalian petroleum kerana gas berada pada tekanan yang tinggi. Biasanya gas asli digunakan untuk memasak di rumah kediaman dan sebagai sumber bahan api di stesen janakuasa elektrik. Namun, penggunaannya dalam sektor penjana tenaga elektrik agak kurang berbanding minyak petroleum disebabkan permintaannya yang tinggi dalam sektor rumah kediaman dan bangunan serta dalam sektor pengangkutan kerana sumbernya yang lebih bersih berbanding dengan minyak petroleum.

4.2 Petroleum

Petroleum adalah sejenis cecair gelap dan pekat, juga dikenali sebagai 'emas hitam' kepada pengusaha minyak, yang terdapat di bawah permukaan bumi. Umumnya, petroleum juga dikenali sebagai minyak mentah. Ia terdiri daripada hidrokarbon yang berlaku secara tabii oleh alam dengan pelbagai berat molekul dan mengandungi sebatian organik yang lain. Petroleum terbentuk apabila banyak organisma mati iaitu zooplankton dan alga, yang terdapat di bawah batuan sedimen dan terdedah kepada haba dan tekanan yang tinggi. Petroleum kemudiannya digali, ditapis dan disuling untuk menjadi pelbagai jenis bahan api termasuk *liquified petroleum gases* (LPG). Komponen petroleum dipisahkan menggunakan teknik yang dikenali sebagai penyulingan dan pirolisis, iaitu pemisahan campuran cecair ke dalam pecahan yang berbeza dalam takat didih tertentu. Jadual 3 menunjukkan pecahan bahan petroleum dan kegunaannya (Mushrush & Speight, 1995; Hync, 2019). Petroleum banyak digunakan pada sektor pengangkutan iaitu kenderaan kerana bahan api ini mudah diangkut dan disimpan.

Jadual 3 Pecahan bahan petroleum dan kegunaannya

Pecahan bahan petroleum	Kegunaan
Petrol (gasolin)	Bahan api untuk kenderaan
Nafta	Bahan untuk racun serangga dan plastik
Kerosin	Bahan api untuk kapal terbang
Diesel	Bahan api untuk kenderaan berat
Minyak pelincir	Pelincir untuk mesin dan enjin
Minyak bahan api	Bahan api untuk kapal dan stesen janakuasa
Bitumen	Untuk membuat tar jalan raya

4.3 Arang Batu

Arang batu terhasil daripada tumbuh-tumbuhan yang tertanam di dalam perut bumi, juga pada tekanan yang tinggi. Pada peringkat awal kejadiannya, tumbuhan yang mati berada dalam suasana yang tidak mengalami proses pengoksidaan disebabkan ketiadaan atau kekurangan oksigen. Dengan demikian, bahan organik (tumbuh-tumbuhan) tersebut tidak diurai oleh aktiviti bakteria. Ini kerana pada suatu ketika dalam proses kejadiannya, tumbuhan tersebut menjadi berasid dan menyebabkan bakteria tidak dapat hidup. Secara amnya, ia mengandungi unsur karbon yang banyak, diikuti dengan hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen.

Bentuk awal arang batu ialah tanah gambut. Dalam masa yang lama dan di bawah tekanan yang tinggi, tanah gambut tertimbus oleh bahan endapan yang berada di atasnya. Ini menyebabkan air dan gas yang dikandungnya terkeluar dan menjadikannya arang batu yang disebut sebagai lignit. Lignit berada kira-kira 1 km di bawah permukaan bumi. Pada tekanan yang lebih tinggi, iaitu kira-kira 3 km dari permukaan bumi, arang batu jenis bitumin terbentuk. Pada kedalaman lebih daripada 6 km dan pada tekanan yang cukup tinggi, antrasit akan terbentuk. Antrasit ialah arang batu yang keras dan dikelaskan sebagai batu metamorf. Antrasit merupakan arang batu yang paling matang. Ia mempunyai kandungan karbon yang paling tinggi, dengan amoun tenaga yang tinggi pula. Disebabkan faktor itu, ia juga mempunyai kekerasan yang tinggi yang menyebabkannya sukar untuk dipecahkan dan dibakar dalam relau pembakaran.

Arang batu menjadi sumber bahan api utama dunia untuk penjaanaan tenaga elektrik. Ini kerana kosnya lebih murah berbanding dengan bahan api yang lain. Akan tetapi, arang batu lebih banyak menyumbang kepada pembebasan gas rumah hijau yang boleh menyebabkan pencemaran udara, pemanasan global dan kemudaratan kepada alam sekitar berbanding dengan gas asli dan petroleum.

■5.0 TENAGA BOLEH DIPERBAHARUI

Tenaga boleh diperbaharui ialah sumber tenaga bersifat mesra alam, selamat dan bekalannya yang berkekalan serta merupakan pilihan terbaik kepada tenaga lazim yang akan habis pada suatu masa nanti, tidak mesra alam dan mencemarkan persekitaran. Akan tetapi sebahagian daripada sumber tenaga ini memerlukan teknologi baharu yang tidak sama dengan teknologi tenaga lazim (Kamarulazizi & Zul Azhar, 2000; Mohd Yusof, 2009; Marcovitz, 2011; Tiwari et al., 2021).

5.1 Tenaga Suria

Tenaga suria merupakan tenaga di dalam kategori sinaran terus (lihat Rajah 1). Tenaga suria diperolehi melalui pancaran cahaya matahari. Tenaga ini boleh ditukarkan menjadi bentuk tenaga yang lain iaitu tenaga elektrik dan tenaga terma (haba). Terdapat dua teknologi utama berkaitan tenaga suria iaitu teknologi fotovoltan dan teknologi suria terma (Mohd Yusof, 1991; Mohd Nazari & Mohd Yusof, 2013).

5.1.1 Tenaga Suria Fotovoltan

Teknologi fotovoltan merupakan salah satu teknologi yang menggunakan bahan termaju untuk menukarkan cahaya matahari kepada tenaga elektrik secara langsung. Bahan yang boleh menukar sinaran matahari secara terus kepada tenaga elektrik dinamakan sel suria. Bahan ini terdiri daripada bahan semikonduktor. Teknologinya dikenali sebagai teknologi fotovoltan yang diambil daripada perkataan 'foton' yang bererti cahaya dan 'voltan' yang bererti daya gerak elektrik yang dijana oleh foton yang terhasil. Kesan fotovoltan dihasilkan oleh kewujudan keupayaan elektrik yang dijanakan oleh tindak balas sinaran matahari (cahaya atau foton) dengan elektron yang berada dalam bahan semikonduktor tersebut. Secara ringkasnya, fotovoltan bermaksud elektrik dari cahaya (Foster et al., 2009).

Biasanya sel fotovoltan terdiri daripada dua lapisan bahan iaitu lapisan bahan-p (positif) dan lapisan bahan-n (negatif). Contoh terbaik untuk bahan semikonduktor untuk sel fotovoltan adalah silikon. Apabila dua jenis bahan silikon (semikonduktor) bahan-p dan bahan-n ini bercantum, struktur yang terhasil adalah bersifat sebagai diod. Apabila sel fotovoltan ini terdedah kepada cahaya matahari, elektron dalam sel fotovoltan yang berada pada aras valensi akan teruja menuju ke aras konduksi sekiranya tenaga sinaran matahari melebihi jurang tenaga sel fotovoltan tersebut (biasanya tenaga cahaya suria dalam julat panjang gelombang yang rendah). Kewujudan dua bahan silikon jenis-p dan jenis-n yang bercantum akan menyebabkan elektron yang berada di aras konduksi dari kawasan negatif akan bergerak ke lohong yang terdapat pada kawasan positif melalui litar elektrik di luar sistem fotovoltan, tidak melalui cantuman bahan semikonduktor berkenaan. Aliran elektron yang bergerak ini dibina menggunakan wayar pengalir elektrik. Aliran elektron ini akan menghasilkan arus elektrik iaitu arus terus. Gabungan beberapa sel fotovoltan yang disambung secara siri ataupun selari dinamakan modul fotovoltan, manakala gabungan modul fotovoltan dinamakan panel fotovoltan (Seippel, 1983; Derrick et al., 1991).

Teknologi fotovoltan ini beroperasi secara senyap, tidak mengeluarkan bahan pencemaran, bersih, mempunyai kebolehpercayaan yang tinggi, kos penyelenggaraan yang rendah, dan mempunyai jangka hayat yang agak panjang selama 20 hingga 30 tahun.

5.1.2 Tenaga suria terma

Sinaran suria yang berada dalam frekuensi gelombang yang panjang dapat ditukarkan kepada tenaga terma dengan menggunakan pengumpul suria. Tenaga suria terma ialah julat tenaga yang dihasilkan oleh sinaran suria yang memberi sumbangan haba. Pengumpul suria merupakan alat yang dapat menukarkan tenaga foton daripada sinaran matahari kepada bentuk tenaga haba yang kemudiannya dipindahkan kepada medium udara atau air yang mengalir melalui pengumpul tersebut. Oleh yang demikian, penyelidikan dan pembangunan dalam bidang ini ditumpukan kepada menghasilkan suatu sistem pengumpul suria yang cekap, mudah, berprestasi tinggi dan mencapai tahap piawaian yang ditetapkan untuk kegunaan komersial (Mohd Syahrman et al., 2015; Nurul Aiman et al., 2021). Terdapat dua kegunaan tenaga terma iaitu sistem air panas dan sistem udara panas (Kamaruzzaman, 2008). Sistem air panas suria banyak digunakan untuk rumah kediaman, industri dan tempat rekreasi. Sistem udara panas pula digunakan untuk pengeringan (seperti mengeringkan hasil pertanian dan perikanan), industri (seperti pabrik dan kertas), dan untuk memanaskan ruang (seperti rumah kediaman di negara bersuhu sejuk).

5.2 Tenaga Hidro

Tenaga hidro berasal daripada aktiviti sinaran matahari. Air laut, sungai, tasik, parit, longkang dan sebagainya yang mendapat haba daripada matahari akan terwap dan kemudiannya menjadi awan di udara. Awan ini pula digerakkan oleh angin ke tempat tinggi apabila terdapat perbezaan tekanan di udara. Awan ini kemudiannya tersejat dan turun menjadi air hujan. Air hujan bergerak dari tempat yang tinggi seperti gunung dan bukit, kemudiannya bersatu membentuk sungai. Air sungai yang diempang di tempat yang tinggi boleh digunakan untuk memutarakan turbin. Tenaga hidroelektrik merujuk kepada pertukaran tenaga daripada air yang mengalir kepada tenaga elektrik. Ia digolongkan ke dalam sumber tenaga boleh diperbaharui kerana kitaran air sentiasa diperbaharui oleh matahari yang menyebabkan tenaga elektrik dapat dijana secara berterusan. Hidroelektrik adalah teknologi tenaga yang digunakan secara meluas dan terawal dibangunkan untuk menjana tenaga elektrik.

5.3 Tenaga Angin

Tenaga angin adalah tenaga yang terhasil daripada pergerakan udara kerana wujud perbezaan tekanan. Ia terjadi akibat daripada pemanasan permukaan bumi yang tidak sekata oleh matahari. Kejadian angin berlaku akibat wujudnya fenomena bayu darat dan bayu laut yang bersumberkan daripada matahari. Fenomena bayu laut adalah angin dari laut yang terbentuk di permukaan laut berhampiran pantai. Ia berlaku pada waktu siang dan terbentuk akibat perbezaan suhu di antara darat dan laut yang menghasilkan tekanan minimum ke atas daratan. Pada waktu siang apabila laut dan darat dibekalkan haba yang sama oleh matahari, suhu tanah meningkat lebih cepat berbanding air laut. Udara di darat akan cepat panas dan ketumpatan yang kurang berbanding udara di laut yang sejuk dan berketumpatan tinggi. Ini menyebabkan udara yang lebih dingin dari laut berpindah ke daratan dan menolak udara panas yang lebih ringan ke laut.

Manakala fenomena bayu darat merupakan sejenis angin yang bertiup dari daratan ke lautan. Ia berlaku pada waktu malam apabila wujudnya perbezaan suhu di daratan yang lebih rendah dari lautan. Muatan haba tentu darat lebih kecil daripada air menyebabkan suhu daratan lebih cepat menurun daripada suhu lautan. Udara di lautan menjadi lebih panas berbanding udara di daratan. Ini akan menyebabkan ketumpatan udara di lautan lebih rendah daripada udara di daratan. Maka angin dari daratan yang lebih berat dan bertekanan tinggi akan menolak angin panas di lautan dan angin sejuk tadi akan bergerak ke arah lautan.

Satu lagi sumber pergerakan angin di dunia adalah akibat daripada putaran bumi pada paksi putarannya. Bahagian di kutub utara dan selatan berputar lebih cepat berbanding dengan bahagian di khatulistiwa kerana bentuk bumi yang hampir sfera dengan jejari putarannya yang lebih kecil. Akibatnya negara-negara yang berada di kutub utara dan selatan lebih banyak mendapat angin ini berbanding dengan negara-negara di bahagian khatulistiwa. Justeru, negara berkenaan lebih aktif dalam memanfaatkan sumber tenaga angin ini.

Angin yang bertiup membawa bersamanya tenaga kinetik di mana tenaga kinetik angin boleh ditukarkan kepada bentuk tenaga yang lain, sama ada tenaga mekanikal atau tenaga elektrik. Tenaga yang dihasilkan oleh angin bergantung kepada kelajuan angin. Semakin laju angin bertiup, semakin banyak tenaga dihasilkan. Untuk mendapatkan tenaga daripada angin yang bertiup ini, kincir atau turbin angin perlu dibina. Tenaga angin digunakan secara meluas dalam sistem pertanian untuk tujuan pengairan dan pengilangan biji-bijian, penjaanaan tenaga untuk pelayaran serta penggunaan secara mekanik dalam sistem pam air. Untuk menghasilkan tenaga elektrik pula, tenaga kinetik angin akan memusingkan bilah kipas pada turbin angin. Bilah kipas akan memutar gandar yang disambungkan pada generator dan kemudiannya terjana kuasa elektrik.

5.4 Tenaga Biogas

Biogas merupakan sebahagian daripada hidrokarbon yang boleh diperbaharui selain dari biojisim. Biogas dihasilkan oleh tindakan mikroorganisma ke atas bahan buangan atau kumbahan seperti tinja dan sisa buangan tumbuhan. Biogas juga terhasil daripada najis haiwan dan timbunan tumbuhan yang telah mati dan tertimbus. Di kawasan yang mempunyai sistem buangan kumbahan berpusat, penghadaman anaerob kumbahan tersebut oleh mikroorganisma boleh menghasilkan gas metana. Gas metana yang dihasilkan merupakan bahan bakar yang terbaik yang dapat disalurkan ke rumah kediaman atau pusat penjaanaan tenaga elektrik. Dalam rumah kediaman, gas metana ini biasanya digunakan untuk memasak dan pemanasan ruang untuk negara bersuhu sejuk. Dalam proses penjaanaan elektrik, haba yang dihasilkan oleh pembakaran gas metana ini boleh digunakan untuk memanaskan air dalam sebuah dadang besar. Stim yang dihasilkan pada tekanan yang tinggi dapat memutarakan turbin dan seterusnya menjana tenaga elektrik.

5.5 Tenaga Biojisim

Tenaga biojisim diperolehi dengan membakar bahan biojisim seperti kayu api, tempurung kelapa, jerami padi, bahan sisa kelapa sawit, sisa pertanian dan sisa pokok dan kayu di perbandaran. Kebanyakan bahan biojisim ini boleh diperolehi dengan mudah dan dengan kuantiti yang banyak daripada bahan buangan atau sisa pertanian. Selain itu, sebahagian tumbuhan atau pokok boleh ditanam berulang kali, maka ia dinamakan sebagai hidrokarbon boleh diperbaharui. Ia juga boleh diperolehi secara terus menerus. Teknologi pembakaran bahan ini diperlukan untuk menghasilkan haba yang kemudiannya dapat digunakan untuk menjana elektrik atau memanaskan air atau udara untuk kegunaan selanjutnya.

5.6 Tenaga Terma Laut

Matahari yang memancarkan cahaya secara berterusan, membekalkan tenaga dan memanaskan permukaan bumi termasuklah laut secara berterusan pula. Tenaga matahari yang menyinari ini akan menyebabkan bahagian permukaan air laut menjadi panas berbanding dengan suhu di bahagian bawah lautan. Akibatnya, suhu laut berbeza di antara permukaan laut dengan air di bahagian bawah air laut. Dari perspektif fizik dan menurut hukum termodinamik kedua, berdasarkan kepada konsep kerja enjin Stirling, sekiranya terdapat perbezaan tenaga (haba), kita boleh membina sebuah enjin (enjin Stirling) yang dapat menjana kerja. Sekiranya kita mempunyai tenaga haba yang mencukupi, kita mampu menjana elektrik atau sebarang enjin untuk menghasilkan kerja melalui tenaga terma laut ini.

6.0 KESIMPULAN

Allah SWT menjadikan alam ini begitu indah dan sempurna untuk manusia mengambil manfaat daripadanya. Allah SWT menciptakan matahari untuk membolehkan kehidupan di bumi ini bergerak secara seimbang dan harmonis. Matahari merupakan sumber tenaga utama yang dianugerahkan oleh Allah kepada kita bagi memakmurkan bumi ini. Manusia pula diamanahkan sebagai khalifah Allah di bumi ini (al-Qur'an 2:30). Selain tugas mereka sebagai wali atau wakil Allah SWT di bumi ini, manusia juga diberikan tanggungjawab untuk mengurus dan mentadbir alam ini. Mereka tidak mampu untuk mengurus dan mentadbir alam ini sekiranya mereka tidak memahami tabii ini. Untuk mengurus tenaga suria dan mengambil manfaat daripadanya, manusia mesti menguasai ilmu yang berhubung dengan matahari dan bagaimana sinarannya tiba di permukaan bumi.

Tenaga matahari atau tenaga suria bukanlah suatu sumber tenaga yang asing bagi manusia. Tenaga ini merupakan salah satu sumber tenaga pilihan yang meyakinkan dan berpotensi untuk dimajukan untuk menggerakkan pembangunan di dunia ini. Tenaga yang dijana oleh matahari merupakan tenaga asas kepada segala aktiviti di bumi ini. Tenaga suria wujud melangkaui tamadun manusia hari ini. Tanpa matahari tidak akan wujud hidupan di muka bumi ini. Tanaman tidak boleh menjalankan proses fotosintesis, tidak akan berlaku fenomena air pasang surut dan tidak ada perolakan haba yang boleh menghasilkan hujan. Kita telah pun menggunakan sumber tenaga ini untuk proses mengeringkan pakaian, hasil pertanian dan hasil perikanan sejak sekian lama. Kini manusia telah memajukan teknologi yang membolehkan sumber tenaga daripada suria ini digunakan dengan lebih maju dan meluas. Oleh yang demikian, sumber tenaga suria yang diberikan oleh Allah SWT ini perlulah dimanfaatkan dengan sebaik mungkin dan penuh tanggungjawab bagi memastikan pembangunan negara lebih lestari pada masa akan datang.

Bagi memenuhi keperluan pembangunan mapan, Dasar Tenaga Negara 2022–2040 telah digubal untuk meningkatkan jaminan bekalan tenaga. Kerajaan Malaysia meletakkan sasaran bagi mencapai 31 peratus penggunaan tenaga boleh diperbaharui menjelang tahun 2025. Selain itu, Malaysia bertekad untuk mencapai status negara sifar karbon seawal tahun 2050. Ia berteraskan pengurangan pencemaran alam, penjanaan tenaga daripada sumber boleh diperbaharui dan ketidakbergantungan kepada sumber tenaga lazim. Di samping itu, kita juga bertanggungjawab untuk mempertahankan dan memelihara sumber tenaga lazim kepada generasi yang bakal mewarisi dunia.

Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Pendidikan Sultan Idris dan Hadhari Global Network kerana memberi bantuan secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan kajian ini.

Rujukan

- Al-Qur'an al-Karim.
- Abdullah Basmeith. (2010). *Tafsir Pimpinan Ar-Rahman kepada Pengertian Al-Qur'an*. Darul Fikir, Kuala Lumpur.
- Baharudin Yatim. (1995). *Inovasi Menghadapi Cabaran Bekalan Tenaga*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Derrick, A., Francis, C., & Bokalders, V. (1991). *Solar Photovoltaic Products*. Intermediate Technologies Publications Ltd, London, England.
- El-Kharouf, A., Soyhan, H. S. & Al Qubeissi, M. (2020). *Renewable Energy: Resources, Challenges and Applications*. IntechOpen, London, United Kingdom.
- Foster, R., Ghassemi, M., & Cota, A. (2009). *Solar Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press, Florida, USA.
- Holechek, J. L., Geli, H. M. E., Sawallah, M. N., & Valdez, R. (2022). A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050?. *Sustainability*, 14(8), 4792.
- Hyne, N. J. (2019). *Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling & Production*. 4th Edition. Pennwell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA.
- Ismail Ibrahim. (2010). An Overview of the Renewable Energy and Energy Efficiency Blueprint for Iskandar Malaysia dalam Minggu Sains dan ICT Negeri Johor at Iskandar Regional Development Authority. Gading Kencana Sdn. Bhd, Johor.
- Jaffe, R. L. & Taylor, W. (2018). *The Physics of Energy*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Kamarulazizi Ibrahim & Zul Azhar Zahid Jamal. (2000). *Tenaga Yang Boleh Diperbaharui dan Kecekapan Tenaga*. Penerbit CETREE Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Kamaruzzaman Sopian. (2008). *Tenaga Keterbaharuan – Laluan Masa Depan Bebas Karbon*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Kerr, J. (2017). *Introduction to Energy and Climate: Developing a Sustainable Environment*. CRC Press, Florida, United States.
- Marcovitz, H. (2011). *Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels?*. ReferencePoint Press, San Diego, USA.
- Mitofsky, A. M. (2018). *Direct Energy Conversion*. CreateSpace Independent Publishing Platform, California, United States.
- Mohd Nazari Abu Bakar & Mohd Yusof Hj. Othman. (2013). *Teknologi Pengumpul Suria: Fotovolta-Terma*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Mohd Syahrman Mohd Azmi, Mohd Yusof Hj. Othman, Mohd Hafidz Ruslan Kamaruzzaman Sopian, Zafri Azran Abdul Majid & Ahmad Fudholi. (2015). Research and Development Work on Solar Assisted Drying Systems. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 11(7), 701-714.
- Mohd Yusof Hj. Othman. (1991). *Teknologi Pengerangan Hasil Pertanian di Malaysia: Konsep, Status & Ke Arah Penggunaan Teknologi Tenaga Suria*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Mohd Yusof Hj. Othman. (1996). *Penjanaan Tenaga Kesyimbangan yang Meyakinkan*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Mohd Yusof Hj. Othman & Kamaruzzaman Sopian. (2002). *Teknologi Tenaga Suria*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Mohd Yusof Hj. Othman. (2009). *Tenaga Untuk Manusia*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor.
- Mushrush, G. W. & Speight, J. G. (1995). *Petroleum Products : Instability And Incompatibility*. Taylor & Francis Inc., Bosa Roca, USA.
- Nurul Aiman Mhd Safri, Zalita Zainuddin, Mohd Syahrman Mohd Azmi, Idris Zulkifli, Ahmad Fudholi, Mohd Hafidz Ruslan & Kamaruzzaman Sopian. (2021). Current status of solar-assisted greenhouse drying systems for drying industry (food materials and agricultural crops). *Trends in Food Science & Technology*, 114, 633-657.
- Rahmat Abdullah. (2015). *Benarkah Matahari Mengelilingi Bumi? – Studi Kritis Teori Astronomi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Hadis*. Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- Seeds, M. A. (2018). *The Solar System*. Cengage Learning, London, United Kingdom.
- Seippel, R. G. (1983). *Photovoltaics*. Reston Publishing Company, Virginia, USA.
- Snedden, R. (2001). *Energy from Fossil Fuels*. Heinemann Library, Portsmouth, USA.
- Tiwari, A., Ustun, T. S. & Taner, T. (2021). *Renewable Energy: Technologies and Applications*. IntechOpen, London, United Kingdom.
- Trainer, T. (2007). *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*. Springer Publishing, New York, USA.
- Urban, F. (2019). *Energy and Development*. Routledge, Oxfordshire, United Kingdom.

Vliet, G. C., Howell, J. R. & Bannerot, R. B. (1982). *Solar-thermal Energy System: Analysis and Design*. McGraw-Hill Inc, New York City, USA.
Wieder, S. (1996). *Pengenalan Tenaga Suria Untuk Ahli Sains dan Jurutera*. Terj. Zol Azlan Hj. Hamidin. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
Young, H. D. & Freedman, R. A. (2000). *University Physics*. Addison Wesley Longman Inc, Boston, USA.