



Tenaga Boleh Diperbaharui Bagi Penjanaan Tenaga Elektrik di Malaysia: Satu Kajian Literatur

Hamidah Haneym Binti Abdul Hamid, Ismawati Binti Zakaria dan Mohd Shukor Bin Othman
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah, Kulim Hi-Tech Park, 09000 Kulim Kedah
hamidah@ptsb.edu.my, ismawati@ptsb.edu.my & shukor@ptsb.edu.my

Abstrak: Kajian ini membincangkan perkembangan tenaga boleh diperbaharui dalam proses penjanaan tenaga elektrik di Malaysia. Tenaga boleh diperbaharui merupakan satu bentuk tenaga daripada sumber semulajadi seperti hidro, angin, solar, ombak, geoterma, biojisim, biogas dan lain-lain lagi. Sumber tenaga ini boleh digunakan untuk menggantikan sumber tenaga tidak boleh diperbaharui. Seperti diketahui penjanaan tenaga elektrik dunia kebanyakannya menggunakan sumber tenaga tidak boleh diperbaharui (bahan api fosil iaitu arang batu, gas asli dan diesel). Menurut statistik Agensi Tenaga Antarabangsa terdapat kira-kira 909 000 juta tan arang batu di dunia yang dapat bertahan selama 155 tahun tetapi ia semakin berkurangan disebabkan peningkatan penggunaan arang batu adalah sebanyak 5% setahun, secara tidak langsung tempoh tersebut akan dikurangkan kepada 45 tahun iaitu sehingga 2051. Sumber tenaga tidak boleh diperbaharui ini lama kelamaan akan habis digunakan kerana ia adalah terhad. Manakala penggunaan sumber tenaga boleh diperbaharui adalah lebih baik serta ianya tidak akan habis. Selain itu juga ia tidak menghasilkan gas rumah hijau dan tidak mencemarkan alam sekitar, ia adalah sumber tenaga yang bersih. Objektif kertas kerja ini adalah untuk membincangkan perkembangan sumber tenaga yang boleh diperbaharui di Malaysia terutama sekali dalam penjanaan tenaga elektrik. Tenaga elektrik memainkan peranan yang penting dalam proses pembangunan, pertumbuhan, perindustrian dan perbandaran sesebuah negara. Permintaan tenaga elektrik sentiasa meningkat untuk memenuhi keperluan hidup masyarakat Malaysia yang semakin berkembang.

Kata kunci: tenaga elektrik, gas asli, hidro, sumber tenaga boleh diperbaharui.

1.0 PENGENALAN

Tenaga boleh diperbaharui merupakan tenaga yang dihasilkan daripada sumber semulajadi seperti sinar matahari, angin, hujan, air pasang surut, ombak, biojisim dan geoterma yang boleh diperbaharui atau diganti secara semulajadi. Manusia telah menggunakan tenaga boleh diperbaharui beribu-ribu tahun dahulu untuk kegunaan individu atau komuniti seperti dalam bidang pertanian dan sebagainya.

Secara umumnya tenaga boleh diperbaharui menyediakan tenaga dalam empat bahagian utama iaitu penjanaan tenaga elektrik, pengangkutan, sistem pemanasan dan penjanaan tenaga elektrik di kawasan terpencil. Tenaga boleh diperbaharui mulai menjadi sumber utama penjanaan tenaga elektrik global menjelang abad ke-21 (Aslam et. ,2013) Pada tahun 2008 sebanyak 19% dari tenaga global disumbangkan oleh tenaga boleh diperbaharui iaitu 10% daripada biojisim, 3.4% daripada hidroelektrik dan 2.8% adalah daripada mini-hidro, angin, suria, geoterma, biofuel dan biogas. Kini tenaga boleh diperbaharui sedang berkembang dengan pesat, pada penghujung tahun 2012 sebanyak 30% tenaga angin telah digunakan secara meluas di Eropah, Asia dan Amerika Syarikat iaitu sebanyak 282 482 MW tenaga elektrik berjaya dihasilkan. Begitu juga dengan tenaga solar sebanyak 100 000 MW tenaga elektrik dunia telah dihasilkan menjelang hujung 2012.

Merujuk kepada laporan REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN'S 2017 tenaga boleh diperbaharui menyumbang sebanyak 24.5% dalam penjanaan tenaga elektrik pada tahun 2015 dan 2016 iaitu sebanyak 8.9% daripada biojisim konvensional, 4.2% daripada geoterma, biojisim moden, tenaga solar, 3.9% daripada hidroelektrik serta 2.2% daripada angin, ombak. Di negara Iceland dan Norway



penghasilan tenaga elektrik telah pun menggunakan sumber boleh diperbaharui secara keseluruhannya dan kebanyakan negara lain juga menetapkan sasaran penggunaan tenaga boleh diperbaharui di masa hadapan sebanyak 100%. Tenaga boleh diperbaharui juga mempunyai perspektif yang sangat baik bagi pembangunan yang mampan dan teknologi hijau kerana ia adalah daripada sumber yang sentiasa wujud dan tidak akan habis walaupun digunakan dalam kuantiti yang banyak. Satu lagi aspek penting dalam konteks pembangunan yang lestari tenaga ini tidak mencemarkan alam sekitar.

2.0 SOROTAN KAJIAN

Menurut laporan yang dikeluarkan oleh (IEA-OES2005), jangkaan tentang gangguan dan permasalahan pembekalan dan permintaan tenaga sedunia bagi setiap jenis bahan api akan berlaku menjelang tahun 2030. Dalam laporan yang sama, permintaan terhadap tenaga akan meningkat lebih daripada 50% berbanding dengan masa sekarang. Sebanyak 66.7% daripada peningkatan tersebut adalah daripada negara membangun dan permintaan terhadap bahan api fosil akan terus meningkat. Sebagai contoh, permintaan tahunan terhadap minyak akan meningkat sebanyak 1.4%, permintaan tahunan terhadap gas pula akan meningkat sebanyak 2.1% dan permintaan terhadap arang batu juga turut meningkat 1.4% setiap tahun. Pelepasan gas karbon dioksida sedunia akan meningkat 1.6% setiap tahun dari tahun 2003 ke tahun 2030. Lebih kurang 70% peningkatan pengeluaran gas karbon dioksida adalah daripada negara membangun. Sektor penjanaan kuasa elektrik pula akan menyumbang 50% daripada jumlah pengeluaran gas karbon sedunia. Data-data ini menggambarkan kebergantungan masyarakat sedunia terhadap bahan api fosil serta masalah pencemaran alam dan pemanasan sedunia akan menjadi semakin serius sekiranya polisi terhadap penggunaan tenaga sedunia tidak berubah. Kebergantungan terhadap sumber tenaga tersebut adalah tidak terjamin untuk jangka masa panjang. Kos bahan mentah sentiasa meningkat tahun demi tahun berbanding 10 tahun yang lalu. Keadaan politik dan keselamatan di negara-negara pengeluar minyak yang tidak stabil menyebabkan bekalan berkurangan dan seterusnya meningkat kos penjanaan kuasa elektrik. (Khairul Nizam, 2016).

Penggunaan sumber tenaga boleh diperbaharui di Malaysia masih lagi dalam kuantiti yang kecil iaitu sebanyak kurang daripada 20% . Sumber tenaga boleh diperbaharui yang paling banyak di Malaysia adalah hidro yang menyumbang 16.6 % pengeluaran tenaga elektrik . Manakala sumber tenaga boleh diperbaharui yang lain adalah sebanyak 0.7% (*Malaysia Energy Statistics Handbook*, Suruhanjaya Tenaga, 2018). Pembangunan tenaga boleh diperbaharui di Malaysia adalah agak perlahan menyedari hakikat ini , satu plan “*Renewable Energy Transition Roadmap*” (RETR) 2035 sedang dirangka oleh Pihak Berkuasa Pembangunan Lestari Malaysia (*Sustainable Energy Development Authority*), SEDA. Plan tersebut akan dijadikan sebahagian daripada rancangan Malaysia ke -12 (2021 -2025) . Antara intipati pelan tersebut adalah meningkatkan penggunaan tenaga boleh diperbaharui sebanyak 20% daripada penghasilan tenaga negara menjelang 2025 (*Malaysia Energy Statistics Handbook 2018* Suruhanjaya Tenaga, 2019) Kerajaan Malaysia mensasarkan sebanyak 20% tenaga boleh diperbaharui digunakan dalam penjanaan tenaga elektrik menjelang 2025. (Wan Syakirah et al, 2019)

Kerajaan Malaysia telah memperkenalkan satu akta baru yang memperkasakan tenaga boleh baharu yang dikenali sebagai Akta Tenaga Boleh Baharu 2011. Akta ini diperkenalkan untuk tujuan memelihara alam sekitar dan juga dapat bersaing dengan negara-negara maju. Akta ini membolehkan penguatkuasaan Tarif Galakan (FiT), kepada penjanaan tenaga boleh ubah dan sasaran Kerajaan bagi penjanaan tenaga campuran. Melalui akta TBB 2011, wujudnya Kumpulan Wang Tenaga Boleh Baharu (KWTBB). KWTBB

merupakan dana yang diwujudkan melalui caj tambahan yang dikenakan ke atas pengguna elektrik bagi membolehkan pemaju TBB menerima pembayaran tarif premium untuk tenaga yang dijana. Caj ini dikenakan kepada pengguna yang menggunakan tenaga elektrik lebih daripada 300 kilowatt jam (kWj) bagi satu bulan penggunaan (Khairul Nizam, 2016)

3.0 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini adalah untuk melihat sumber tenaga boleh diperbaharui yang terdapat di Malaysia serta potensi sumber tenaga tersebut digunakan untuk penjanaan tenaga elektrik di Malaysia. Secara khususnya kajian ini adalah untuk:

- i) mengenalpasti sumber tenaga boleh diperbaharui yang terdapat di Malaysia
- ii) Mengenalpasti sumber tenaga boleh diperbaharui yang berpotensi digunakan untuk penjanaan tenaga elektrik di Malaysia.

4.0 SUMBER TENAGA BOLEH DIPERBAHARUI

Tenaga boleh baharu merujuk kepada sumber tenaga yang boleh diperolehi secara semula jadi dan berulang kali di dalam satu keadaan persekitaran yang mesra alam dan mempunyai kepentingan kepada manusia sejagat. Tenaga yang boleh diperbaharui memainkan peranan penting di Malaysia. Pada tahun 1993, sumbangan tenaga boleh diperbaharui kepada keperluan tenaga keseluruhannya adalah sekitar 12 peratus. (Aslam et al., 2013). Malaysia merupakan negara yang mempunyai banyak tenaga boleh diperbaharui iaitu hidro, solar, biomas, biogas, angin dan ombak. Jadual 1 di bawah menunjukkan potensi tenaga boleh diperbaharui yang terdapat di Malaysia (Adawati Yusof, 2011).

Jadual 1: Potensi Tenaga Boleh Diperbaharui.

Sumber Tenaga Boleh Diperbaharui	Nilai tenaga dalam RM (tahunan)
Sisa hutan	11984
Biojisim kelapa sawit	6379
Haba Solar (solar thermal)	3023
Hidro	506
Solar PV	378
Sisa perbandaran	190
Hampas padi	77
Gas tapak pelupusan sampah	4

(Sumber: Cardas Research Industri Report 2010)

Malaysia, sebuah negara yang terletak di antara 1 ° dan 7 ° Utara Equator, mempunyai banyak sumber tenaga boleh diperbaharui seperti solar, angin, hidro dan biomas tetapi kebanyakan sumber tenaga boleh diperbaharui tidak dieksploitasi sepenuhnya. Pada masa ini, Malaysia masih sangat bergantung kepada bahan api fosil sebagai sumber utama tenaga. Oleh kerana harga bahan api semasa yang semakin meningkat, terutamanya harga minyak mentah di pasaran dunia, Kerajaan Malaysia terpaksa melihat sumber tenaga



alternatif lain dengan penekanan kepada tenaga boleh diperbaharui. Terdapat banyak usaha yang diambil oleh Kerajaan Malaysia dalam usaha mengeksploitasi tenaga boleh diperbaharui. (Lim Chin Haw et al.,2006).

4.1 Tenaga Hidro

Tenaga hidro atau hidroelektrik merujuk kepada pertukaran tenaga daripada pengaliran air kepada tenaga elektrik. Ia dianggap tenaga boleh diperbaharui kerana kitaran air sentiasa diperbaharui oleh matahari. Hidroelektrik adalah teknologi tenaga boleh diperbaharui yang terawal dibangunkan sebelum teknologi solar dan lain-lain. Hidroelektrik menyumbangkan lebih 90% tenaga elektrik dunia yang dihasilkan daripada tenaga boleh diperbaharui. Hidroelektrik menyumbangkan 2559.9 MW tenaga elektrik di Semenanjung Malaysia dan menjadikan ia penyumbang terbesar daripada tenaga boleh diperbaharui di negara ini. Malaysia mempunyai hampir 20 stesen janakuasa hidroelektrik yang diselenggara oleh TNB, Sarawak Hidro Sdn.Bhd dan Sabah Electricity Sdn. Bhd.

Malaysia memberi tumpuan kepada pembangunan stesen kuasa mini hidro dengan matlamat menambah 490 MW menjelang 2020 untuk meningkatkan penjanaan tenaga boleh diperbaharui di negara ini. Kebanyakan stesen kuasa mini hidro adalah skim aliran sungai, yang tidak memerlukan takungan penyimpanan yang besar. Potensi projek kuasa mini hidro di Malaysia sangat besar,ia menyediakan kapasiti penjanaan keseluruhan kira-kira 500 MW untuk jangka masa panjang .(Samizee et. al ,2016).

Pada tahun 2011 terdapat 50 stesen kuasa mini hidro dengan kapasiti terpasang 200 kW hingga 2.2 MW dengan jumlah keseluruhan sebanyak 38.85 MW. Kebanyakan stesen kuasa ini dibiayai oleh program tenaga elektrik luar bandar di Malaysia. Sebanyak 39 unit stesen kuasa mini hidro di Semenanjung Malaysia , tujuh unit di Sarawak dan lima unit di Sabah (Adawati , 2011). Pada tahun 2013 stesen janakuasa hidroelektrik menyumbangkan 14.73 % daripada penjanaan tenaga elektrik Malaysia dengan 0.17% disumbangkan daripada mini hidroelektrik (Samizee et. al ,2016). Sehingga Mei 2016 ,dii bawah skim pemberian tarif galakan (FiT) , sebanyak 18.3 MW tenaga elektrik berjaya dijana daripada stesen-stesen kuasa mini hidro yang terdapat di Malaysia .

TNB juga membina stesen mini-hidro yang turut menjanakan tenaga elektrik. Kebiasaanya stesen mini hidro ini berada di kawasan pedalaman yang sukar untuk mendapatkan bekalan elektrik daripada grid nasional. Stesen mini-hidro ini menghasilkan kapasiti tenaga elektrik yang kecil iaitu dalam lingkungan 5kW ke 500kW (sinar harian, 2018).

Jadual 2: Stesen –stesen mini hidro, TNB

Stesen Mini Hidro	Kapasiti
Pahang - Rompin dan Bentong	1934 kW
Perak - Tanjung Malim , Tapah , Kuala Kangsar	2232 kW
Kedah – Baling dan Kulim	1387 kW
Kelantan – Kuala Krai dan Jeli	2412 kW
Stesen-stesen mini hidro ,Terengganu	844kW

Begitu juga di Sarawak melalui syarikat Sarawak Energy Sdn Bhd , pada tahun 2014 sebuah stesen kuasa mini hidro telah dibina di Long Banga dan berjaya membekalkan elektrik kepada 138 buah rumah berhampiran .

TNB akan membina dan membangunkan stesen janakuasa mini empat megawatt (4MW) di Sungai Tersat, Kuala Berang, Terengganu. TNB bekerjasama dengan Syarikat Metrosphere Hydro Tersat Sdn Bhd, yang mana TNBES akan memegang 49 peratus kepentingan, manakala Metrosphere menguasai 51 peratus. Stesen janakuasa berkenaan dijangka siap penghujung 2019 dan akan meningkatkan kapasiti kuasa hidro kecil TNB daripada 17.96MW kepada 21.9MW. Ia akan beroperasi di bawah 21 tahun skim pemberian tarif galakan (FiT) pada kadar RM0.25kWh, stesen berkenaan akan mengeluarkan 25gigawatt-jam (GWh) setiap tahun dengan jangkaan hasil RM5 juta setahun (Berita Harian, 2017).

Selain itu juga terdapat pembinaan stesen-stesen janakuasa elektrik yang berkapasiti tinggi seperti Janakuasa Hidroelektrik Hulu Jelai, Cameron highlands berkeupayaan 372 MW , Janakuasa elektrik Hulu Terengganu 250 MW dan janakuasa hidorelektrik di Nenggiri,Lebir dan Telom dan dijangkakan kedua-dua skim ini dapat menjanakan tenaga elektrik tahunan sebanyak 326GWh (Zainal Abidin , 2012) . Manakala di Sarawak pembinaan sebuah lagi stesen janakuasa hidro iaitu Stesen Janakuasa Hidro Elektrik Baleh dengan kapasiti 1,285MW dijangka siap pada tahun 2025 selain stesen janakuasa sedia ada seperti Stesen Janakuasa Hidro, Bakun yang berkapasiti 2400 MW .

4.2 Tenaga Solar

Matahari telah membekalkan tenaga selama berbilion-bilion kepada bumi. Tenaga solar adalah cahaya matahari yang dipancarkan ke bumi. Tenaga ini boleh ditukarkan menjadi tenaga lain seperti tenaga elektrik dan tenaga haba. Tenaga solar telah digunakan dalam teknologi tradisional sejak berabad lamanya dan digunakan dengan meluas ketika ketiadaan bekalan tenaga lain seperti di kawasan terpencil.

Malaysia merupakan sebuah negara yang berada di kedudukan khatulistiwa dan menerima cahaya matahari yang tinggi sepanjang tahun. Iklim di Malaysia dengan suhu antara 27^o C hingga 33^oC menjadikan tenaga suria mempunyai potensi yang besar dalam penjanaan tenaga elektrik. Penggunaan tenaga solar di Malaysia adalah menggunakan kaedah fotovoltaiik atau panel solar. Terdapat sejumlah 640kW sistem tenaga fotovoltaiik dipasang di Malaysia yang terdiri daripada sistem hibrid yang berdiri sendiri dan berpusat. Kebanyakannya, tenaga yang dihasilkan digunakan untuk tenaga elektrik luar bandar,telekomunikasi, lampu jalan dan navigasi. (Aslam et al, 2013).

Sebuah projek solar photovoltaiik berskala besar (LSSPV) yang diusahakan oleh Gading Kencana Sdn.Bhd telah dibina di Ayer Keroh, Melaka pada tahun 2014 mampu menjana 10 juta kilowatt jam tenaga setahun diikuti dengan ladang solar di Bidor ,Perak berkapasiti 30MW . Selain itu juga terdapat sebuah ladang solar berkapasiti 50MW telah dibina di Kuala Ketil , Kedah yang mula beroperasi pada Disember 2018 dibangunkan oleh Edra Solar Sdn.Bhd iaitu antara syarikat pengeluar tenaga bebas di Malaysia (Sinar Harian, 2018). Pihak Berkuasa Pembangunan Tenaga Lestari (SEDA) menyediakan insentif kepada pengguna yang menggunakan panel solar di rumah atau di bangunan pejabat yang mana tenaga elektrik yang terhasil boleh disalurkan ke grid nasional dan akan tenaga tersebut akan dibeli oleh pihak TNB. Inisiatif tersebut dikenali sebagai tarif galakan, FiT dan perlu buat permohonan melalui SEDA. (Segar Raja Manickam, 2016)

4.3 Tenaga Biojisim dan Biogas

Biojisim adalah sumber semulajadi yang terhasil daripada tumbuhan dan haiwan. Sumber-sumber biojisim adalah seperti sisa tumbuhan, sisa haiwan, tanaman serta bahan buangan sampah pepejal. Tumbuhan dan haiwan yang telah mati, najis dan sampah sarap merupakan bahan organik yang boleh ditukarkan kepada tenaga elektrik. Bahan organik ini mudah mereput hasil daripada tindakbalas bakteria. Proses pereputan berlaku pada keadaan tanpa oksigen atau dikenali sebagai anaerobik. Proses ini akan menghasilkan gas metana atau biogas yang boleh menjana tenaga elektrik. Biojisim adalah sumber tenaga keempat terbesar di dunia dan merupakan sumber yang paling banyak di negara ini.

Malaysia adalah pengeluar minyak sawit mentah kedua terbesar di dunia. Hampir 70% daripada jumlah pemprosesan buah sawit dijadikan sisa buangan dalam bentuk tandan buah kosong, kerang kernel kelapa sawit, efluen minyak sawit dan sebagainya. Dengan lebih daripada 423 kilang di Malaysia, industri minyak sawit ini menjana 80 juta ton kering biomas pada tahun 2010. Pada tahun 2002 Biomass Power Generation Demonstration (Biogen) telah dilancarkan bagi mempromosi dan menggalakkan penggunaan biojisim dan biogas dalam penjanaan tenaga elektrik. Ini bertujuan mengurangkan pelepasan gas rumah hijau (greenhouse gas, GHG). Program ini memberikan insentif percukaian kepada syarikat-syarikat yang terlibat, selain itu juga ia membantu dalam menyediakan infrastruktur, kemudahan pinjaman kredit dan sebagainya bagi menjayakan program ini. Hasilnya sebanyak 14 MW tenaga elektrik telah dijanakan di Tawau, Sabah dengan menggunakan sumber biojisim daripada sisa kelapa sawit. Ini telah berjaya mengurangkan kira-kira 40000 hingga 50000 tons pembebasan gas CO₂ ke alam sekitar. Pada April 2009 hampir 46.2 MW tenaga elektrik berjaya dihasilkan menggunakan sumber biojisim dan biogas dan sebanyak 500kW telah disambung ke grid nasional manakala 700 MW lagi digunakan bagi pengoperasian kilang-kilang sawit itu sendiri (Adawati, 2011).

Merujuk jadual 3, di antara tahun 2012 sehingga 2018 jumlah tenaga kumulatif yang dihasilkan daripada biojisim adalah yang kedua tertinggi selepas tenaga solar diikuti sisa pelupusan sampah dan yang terendah adalah biogas.

Jadual 3: Kapasiti tenaga (MW) terpasang di Malaysia di bawah skim SREP

	Biogas	Landfill	Biomass	Hydro	Solar PV	Total
2012	2	3.16	45.8	11.7	31.54	94.2
2013	3.38	3.2	0	0	106.88	113.46
2014	1.1	0	12.5	0	61.87	75.47
2015	0	5.4	20.8	6.6	60.33	93.13
2016	0	15.46	19.5	12	77.83	124.79
2017	0	22.54	0	0	38.47	61.01
2018	0	11.71	5.85	20	2.32	39.79
Cumulative	6.48	61.47	104.45	50.3	379.15	601.85

(Sumber: Suruhanjaya Tenaga).

Selain itu juga terdapat projek biojisim yang sedang dan telah dibangunkan di Jengka, Pahang berkapasiti 12 MW serta stesen biogas di Layang-layang, Johor dan Bagan Datok, Perak dengan kapasiti 1.6 MW.



Selain itu juga pihak TNB dengan kerjasama Worldwide Holdings telah membina dua stesen biogas berkapasiti 3MW Puchong dan Jeram ,Selangor yang mana sumbernya diperolehi dari tapak pelupusan sampah. (Berita Harian ,2017) .

4.4 Tenaga Angin

Angin merupakan udara yang sentiasa bergerak, ia terjadi disebabkan pemanasan permukaan bumi oleh matahari. Pada waktu siang udara di darat adalah lebih panas berbanding udara di permukaan air. Udara panas pada permukaan darat akan mengembang dan bergerak ke atas, udara yang lebih berat akan lebih sejuk dan mengisi ruang yang ditinggalkan. Keadaan yang berlaku secara semulajadi inilah yang dinamakan sebagai angin. Tenaga elektrik juga boleh dihasilkan menggunakan angin. Angin yang bertiup akan memusingkan bilah kipas pada turbin angin. Turbin angin ini disambungkan dengan penjana yang akan menghasilkan tenaga elektrik.

Kuasa angin adalah satu lagi jenis potensi RE di Malaysia. Malaysia boleh dianggap sebagai kawasan yang mempunyai kelajuan angin yang rendah berbanding negara-negara lain. Secara umum, angin kencang di Malaysia ditiup dari Lautan Hindi dan Laut China Selatan. Purata kelajuan angin secara bulanan adalah antara 1.5 dan 4.5 m / s. Kawasan yang mempunyai altitud yang tinggi boleh mendapat kelajuan angin antara 9 hingga 11 m / s. Di Semenanjung Malaysia, Mersing, Johor dan Kuala Terengganu telah dikenal pasti sebagai kawasan yang mempunyai kelajuan angin yang tinggi manakala di Malaysia Timur, Kudat dan Sabah adalah kawasan yang paling berpotensi tinggi untuk menerima kelajuan angin yang lebih tinggi. Kuasa angin di Malaysia boleh mencecah sehingga 1.5 MW . Angin bertiup dari Laut China Selatan biasanya akan berlaku semasa musim tengkujuh pada bulan November hingga Februari . Berdasarkan penemuan dari kajian sebelumnya, Mersing dan Kudat dianggap sebagai tapak yang berpotensi dengan purata 3 m / s pada ketinggian 60 meter . Secara amnya, bahagian selatan Semenanjung Malaysia mempunyai lebih banyak potensi angin dan lebih banyak angin pada bulan Januari disebabkan musim tengkujuh (Wan Syakirah et al. ,2019).

Potensi tenaga angin di Pulau Terumbu Layang-Layang di Sabah adalah yang terbesar dibandingkan dengan tempat-tempat lain di Malaysia. Ini disebabkan terumbu ini sentiasa terdedah kepada tiupan angin sepanjang tahun dengan purata halaju angin melebihi 6 m/s untuk setiap bulan. Corak tiupan angin dan ketumpatan menunjukkan Terumbu LayangLayang mempunyai potensi dalam penggunaan sistem pertukaran tenaga angin (*wind energy conversion system*) dalam membekalkan kuasa elektrik untuk sistem komunikasi. Namun demikian, akibat daripada pendedahan pulau tersebut kepada tiupan angin monson maka akan wujud keadaan ribut yang mempunyai halaju melebihi 17 m/s. Halaju angin ini pasti akan menjejaskan operasi sistem tersebut. Walau bagaimanapun keadaan ini jarang berlaku dan kekerapan berlaku hanya 1 % daripada tiupan angin sepanjang tahun. Oleh itu, sebuah sistem penukaran tenaga angin masih boleh dijalankan tetapi faktor-faktor kos, lokasi, dan alam semula jadi seperti iklim perlu diberi pertimbangan sewajarnya. Selain daripada itu data yang lebih lama (lima hingga sepuluh tahun) juga diperlukan untuk mengenalpasti lagi taburan, arah dan ketumpatan kuasa angin (Kamruzzaman et al, 1995).

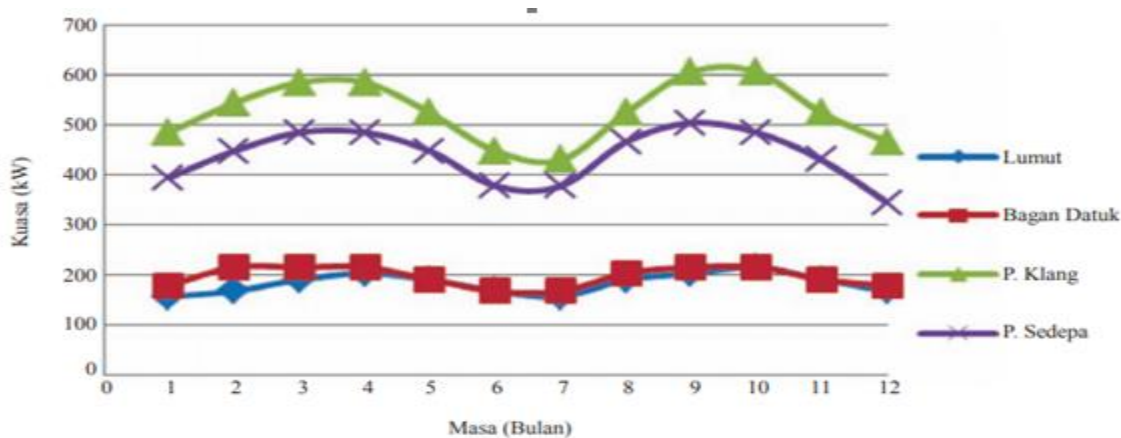
Sebuah kincir angin telah dibina di Pulau Terumbu Layang -Layang, Sabah untuk penjaan tenaga elektrik bagi kegunaan kem Tentera Laut Diraja Sabah dan resort di sana. Manakala di Pulau Perhentian terdapat

sistem janakuasa hibrid yang menggabungkan tenaga daripada angin dan solar pihak TNB dengan peruntukan sebanyak RM12.6 juta dan dirasmikan pada Spetember 2007 (Berita Harian, 2010).

4.5 Tenaga Ombak

Ombak merupakan kejadian fenomena yang biasa dan salah satu daripada daya hidrodinamik yang bertindak ke atas pantai. Ombak terjadi apabila pergerakan berkala air dalam keadaan tertentu sama ada depan ke belakang atau atas ke bawah. Ombak lautan terjadi akibat daripada tiupan angin yang meniup permukaan laut dan seterusnya membentuk ombak. Terdapat juga ombak yang terhasil daripada tarikan astronomi seperti pasang surut, pergerakan dasar laut atau apabila berlaku perubahan pada tekanan atmosfera di permukaan air tenang. Kelajuan dan tempoh masa angin memainkan peranan yang penting di dalam kewujudan ombak lautan. (Saiful Nizam, 2019).

Dengan kedudukan Malaysia yang dikelilingi lautan dan mempunyai garis pantai yang luas iaitu sepanjang 4,809 km (garis pantai Semenanjung Malaysia adalah sepanjang 2031km) adalah amat sesuai dipertimbangkan untuk menerajui tenaga marin yang merupakan salah satu tenaga yang boleh diperbaharui. Sebuah kajian yang menjurus kepada lokasi dan potensi Malaysia telah dilakukan menggunakan data dari tahun 1992 hingga 2007, didapati bahawa perairan Kelantan, Terengganu, Pahang, Sarawak dan Sabah berpotensi untuk penjanaan tenaga ombak. Kedudukannya yang berhampiran Laut China Selatan yang merupakan laut terbuka yang menerima jumlah angin dan arus yang tinggi sepanjang tahun dengan purata tenaga yang boleh dijana adalah sekitar 65kW/m hingga 110kW/m bergantung kepada alat penukar kuasa yang digunakan (Surveyor, 2011).



Rajah 1: Janaan Tenaga Pasang Surut 2007

Rajah 1 di atas menunjukkan kajian yang dijalankan di Lumut, Bagan Datuk, Pelabuhan Kelang dan Permatang Sedepa, didapati potensi penjanaan tenaga pasang surut maksima adalah sekitar bulan Mac, September dan Oktober berdasarkan kepada data tahun 2006 dan 2007. (Khairul Nizam, 2017).

Selain itu beberapa penyelidik di Universiti Malaysia Terengganu (UMT) telah merekacipta sebuah Sistem Pengubah Tenaga Ombak Hidraulik (*Hydraulic Wave Energy Converter System*) yang berperanan menyerap kuasa ombak sebelum diproses menjadi sumber tenaga elektrik dijangka mampu menjana bekalan elektrik sehingga 40kW atau bersamaan penggunaan untuk empat buah rumah selama sebulan. Projek tersebut mendapat geran RM1.4 juta daripada Kementerian Tenaga, Teknologi Hijau dan Air, dan kini dalam fasa rekaan dan penambahbaikan. (Awani, 2019).



5.0 PERBINCANGAN DAN CADANGAN

5.1 Tenaga Hidro

Tenaga hidro telah lama bertapak di Malaysia disebabkan keadaan geografi Malaysia yang berada di kawasan hutan hujan tropika yang kaya dengan sumber semulajadi. Secara umumnya tenaga hidro tidak memerlukan bahan bakar maka tiada sebarang pelepasan gas ke alam sekitar serta pembuangan sisa bahan bakar berbanding dengan sumber api fosil dan tenaga nuklear. Tenaga hidro juga mempunyai faktor beban tambahan yang tinggi jika dibandingkan dengan tenaga angin, ia juga adalah lebih mudah untuk diadaptasikan atau diselarikan dengan permintaan beban yang turun naik. Kos operasi adalah rendah kerana sumber tenaga adalah percuma dan kos selenggaraan yang rendah. Terdapat dua kategori stesen janakuasa hidroelektrik yang dilaksanakan di Malaysia iaitu janakuasa hidro yang berkapasiti tinggi melebihi 10 MW dan mini hidro yang berkapasiti kurang daripada 1MW. Kedua-duanya mempunyai kelebihan dan kelemahannya.

Bagi janakuasa hidro berkapasiti tinggi kos permulaan bagi stesen kuasa ini adalah agak tinggi disebabkan faktor pembinaan kawasan tadahan air dan empangan yang berada di kawasan berbukit atau banjaran yang jauh daripada kawasan penempatan. Selain itu juga ia memerlukan kajian hidrologi yang terperinci dan lama bagi menentukan kesesuaian serta keupayaan stesen janakuasa tersebut memberikan pengeluaran yang sama seperti stesen janakuasa yang menggunakan bahan api fosil. Kajian terhadap aspek ekosistem juga perlu dilakukan bagi memastikan hidupan liar serta penempatan orang asli (jika ada) dapat dipindahkan ke tempat yang bersesuaian (Wan Syakirah et al, 2019).

Manakala bagi stesen mini hidro kos permulaan adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan stesen janakuasa hidro berkapasiti tinggi kerana tidak memerlukan kawasan tadahan air atau empangan yang perlu disediakan kerana ianya bergantung kepada aliran air sungai di kawasan tersebut. Walaubagaimanapun sekiranya berlaku hujan lebat atau limpahan, begitu juga dengan serpihan sampah atau kayu balak yang terdapat di sungai akan mengganggu kelancaran pengaliran air dan akan memberi kesan kepada sistem hidro tersebut. Satu kajian terperinci perlu dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.

5.2 Tenaga Solar

Tenaga solar di Malaysia dijana dengan menggunakan teknologi fotovoltaiik atau solar panel seperti projek ladang solar dan pemasangan solar panel di bangunan komersial dan juga domestik. Projek Teknologi Fotovoltaiik dilancarkan pada Julai 2005 (Sukki et al (2015)). Projek ini telah berjaya mencapai sasaran untuk mengurangkan pengeluaran gas rumah hijau sehingga lebih kurang 1,070 ton gas karbon dioksida. Selain itu, projek ini juga telah berjaya mengurangkan kos pemasangan sistem fotovoltaiik sehingga 40% iaitu melebihi sasaran yang diletakkan semasa projek ini dirancang (Hashim dan Ho, 2011). Di Sarawak tenaga solar ia banyak digunakan di kawasan-kawasan pedalaman dan tidak kompetitif untuk disambung ke grid nasional dan ia sesuai digunakan untuk kawasan pedalaman yang sukar mendapat bekalan elektrik. Kelemahan utama tenaga solar adalah ia bergantung kepada perubahan cuaca, sekiranya tiada matahari maka tiada bekalan elektrik. Untuk memastikan keboleharapan stesen kuasa solar ini bekalan kuasa tambahan seperti bateri perlulah disediakan. Selain itu juga stesen kuasa solar ini boleh dibina secara terapung di stesen janakuasa hidro yang mana ia boleh berkongsi talian penghantaran dan secara tidak

langsung dapat mengurangkan kos pembinaan stesen solar seperti yang telah dilaksanakan di Jepun (Rob Stot, 2019).

5.3 Tenaga Biojisim dan Biogas

Biojisim dan biogas boleh menggantikan bahan api fosil sebagai bahan bakar bagi sistem janakuasa haba dan secara tidak langsung dapat memanfaatkan penggunaan sisa untuk penjanaan elektrik . Ia juga mempunyai pelepasan gas yang jauh lebih rendah daripada bahan api fosil apabila dibakar seterusnya dapat mengurangkan pelepasan gas rumah hijau . Sumber biomassa di Malaysia yang mencecah 168 million tones menunjukkan ia merupakan sumber tenaga yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan api secara tidak langsung kos bahan api adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan api fosil (Wan Syakirah et al., 2019). Walaupun manfaat yang besar dapat ditunjukkan, kesan negatif ke atas kecekapan mesin loji kuasa, disebabkan oleh hakisan pada dandang. Ia juga menghasilkan debu-debu halus hasil pembakaran sumber biojisim tersebut. Penggunaan sebanyak yang mungkin tenaga biojisim (S.Sumathi et al , 2008).

5.4 Tenaga Angin

Tenaga angin adalah percuma , tidak memerlukan bahan bakar maka ia adalah tenaga yang bersih dan tidak menghasilkan pencemaran udara. Kos permulaan adalah agak mahal tetapi kos operasi adalah lebih murah dan ia adalah ekonomik jika ditempatkan di lokasi angin yang sesuai dan berterusan sepanjang tahun. Di Malaysia , terdapat dua sahaja kincir angin yang digunakan untuk menjanakan tenaga elektrik iaitu di Pulau Layang-Layang , Sabah dan Pulau Perhentian, Terengganu . Kelemahan utamanya adalah kos permulaan yang tinggi serta kelajuan angin yang rendah serta tidak sekata di Malaysia menyukarkan ia digunakan dengan meluas di Malaysia. Justeru itu lebih banyak kajian perlu dilakukan untuk mengenalpasti teknologi yang sesuai digunakan mengikut kelajuan angin yang terdapat di Malaysia (Wan Syakirah et al, 2019). Selain daripada itu data yang lebih lama (lima hingga sepuluh tahun) juga diperlukan untuk mengenalpasti lagi taburan, arah dan ketumpatan kuasa angin (Kamaruzzaman et al ,1995)

5.5 Tenaga ombak

Tenaga ombak merupakan satu sumber tenaga boleh diperbaharu yang mesra alam dan bersih , tiada bahan bakar diperlukan justeru itu tiada pelepasan gas yang berlaku sama seperti kebanyakan sumber boleh diperbaharui yang lain. Tenaga ombak mempunyai keboleharapan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tenaga solar dan angin ini kerana ombak sentiasa wujud dengan pergerakan air di lautan yang tidak pernah berhenti (Othman et al 2017) . Walaubagaimanapun terdapat beberapa kelemahan seperti kos permulaan yang lebih mahal dibandingkan dengan tenaga solar , ia juga memerlukan penyelenggaraan yang agak kerap yang mana kos penyelenggaraannya juga agak mahal. Untuk merealisasikan tenaga ombak di Malaysia kajian yang khusus tentang penjana ombak perlu dilakukan dengan lebih mendalam bagi mendapatkan jmlah tenaga semaksimum mungkin. Selain itu juga kajian yang menjurus kepada analisis ekonomi dan analisis persekitaran akan membantu pihak kerajaan dan swasta untuk menerokai bidang tenaga ini (Surveyor ,2011).

6.0 KESIMPULAN



Tenaga biojisim berpotensi untuk dipertingkatkan lagi penggunaannya dalam penghasilan tenaga elektrik ini kerana sumber biojisim banyak terdapat di Malaysia teutamanya dalam sektor pertanian seperti industri minyak sawit . Seterusnya adalah tenaga solar yang merupakan sumber tenaga yang paling banyak diperolehi oleh Malaysia disebabkan kedudukannya di kawasan khatulistiwa. Tenaga solar lebih sesuai digunakan di bangunan serta perumahan yang mempunyai bumbung yang tinggi dan terdedah dengan cahaya matahari yang tinggi. Bagi stesen kuasa solar pula ia sesuai digunakan secara hibrid bersama stesen janakuasa yang lain supaya lebih efisien dan ekonomik. Selain itu juga stesen janakuasa hidro juga boleh dipertingkatkan lagi pengeluarannya dengan kombinasi daripada stesen kuasa mini hidro. Walau bagaimanapun penggunaan tenaga angin dan ombak dalam penjanaan elektrik adalah kurang , lebih banyak kajian perlu dilakukan terutamanya dalam penggunaan teknologi yang sesuai bagi keadaan bentuk muka bumi Malaysia yang terletak di kawasan yang mempunyai aliran angin yang rendah.

Kewujudan pelbagai dasar serta dana dan skim pembiayaan secara tidak langsung menambahkan minat dan penyertaan dari pelbagai pihak dalam pelaksanaan tenaga boleh diperbaharui ini . Dengan adanya usaha dan kesungguhan daripada kerajaan serta penggunaan sepenuhnya semua tenaga boleh diperbaharui yang terdapat di Malaysia sama ada yang sedang dan akan dibangunkan secara tidak langsung dapat mengurangkan kebergantungan kepada penggunaan bahan api fosil. Justeru itu mengurangkan pelepasan gas rumah hijau dan mengurangkan pemanasan global serta memastikan kemampanan dan kelestarian bumi kita . Dengan usaha yang berterusan hasrat kerajaan untuk meningkatkan penggunaan tenaga boleh diperbaharui sebanyak 20% menjelang 2025 akan dapat dicapai .

RUJUKAN

- Rob Stot (2019), *Energy from solar and hydro power* , 9 January ,2019 ,Star Online
- Wan Syakirah ,Miszaina,Mohd Zainal Abidin (2019) , Renuga Veriyah ,*The Potential and Status of Renewable Energy Development in Malaysia* .energies MDPI
- Suruhanjaya Tenaga , *Malaysia Energy Statistics Handbook 2018*. Website : <https://www.st.gov.my>
- Suruhanjaya Tenaga , *Towards a World-Class Energy Sector* ,(Volume 18 2019) Website : [https://www.st.gov.my/contents/files/download/112/Energy_Malaysia_18_\(Online\).pdf](https://www.st.gov.my/contents/files/download/112/Energy_Malaysia_18_(Online).pdf)
- Berita harian , Okt .2017 , *RE, antara Fokus baharu sumber elektrik TNB* , Berita Harian Online , <https://www.bharian.com.my/bisnes/korporat/2017/10/332590/re-antara-fokus-baharu-sumber-elektrik-tnb>
- BERNAMA ,2017 , *Ombak Laut Sumber Tenaga Elektrik Baharu Pada 2019* , astroawani.com , <http://www.astroawani.com/berita-malaysia/ombak-laut-sumber-tenaga-elektrik-baharu-pada-2019-136007>
- Segar Raja Manickam (2016), *Sumber Tenaga Alaf Baru* , Polieteknik Seberang Perai .
- Suruhanjaya Tenaga (2016), *National Energy Balance 2016* ,Suruhanjaya Tenaga Malaysia pg10-12
- Samizee Abdullah, Engku Ahmad Azrulhisham, Mohd Juhari Mat Basri and Jamel Othman (2016)



- Exploring Malaysia's Small Hydro Potential* , Issue 4 and Volume 24 ,HYDRO REVIEW ,
<https://www.hydroreview.com>
- S.Siti Hafshar (2015), *Potential of Solar Energy System in Electricity Generation from Islamic Perspective*,
for Global Journal Al-Thaqafah , GJAT 2015
- Dr.Lian Kok Fei (2014) *Malaysia's Climate Change Policy and Actions*. JURUTERA no.8 vol.2014 p.9-12
- Tan Bee Hong (2014),*Increasing Awareness of The Need to Reduce Carbon Dioxide Emissions*.JURUTERA (August 2014) pg.6-8
- Ir. Dr.Wong Wai Sam (2014) , *Technical Visit To The Three Gorges Dam , China*, JURUTERA (January 2014)
- Independent Statistic & Analysis U.S Energy Information Administration,eia (2018) , *Renewable Energy, Explained* Website : <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>
- Aslam ,M.M,Zulkifli,D.A (2013) , *Renewable Energy In Malaysia : Experience from Perlis* , Journal of Energy Technologies Policy ,Vol.3 ,No.11 ,2013
- I.Daut , A.R.N Razliana ,Y.M. Irwan ,Z.Farhan (2012) *A Study on the Wind as Renewable Energy in Perlis, Northern Malaysia*, Energy Procedia 18(2012) PG 1428 -1433 ,
- Ir.Zainal Abidin Bin Othman (2012) , *Highlights on the Ulu Jelai Hydroelectric Project*, JURUTERA (August 2012)
- SEDA (2012) , *The Renewable Energy Roadmap* , National Energy Security 2012 Conference Closing The Energy Supply – Demand Gap 28th Feb 2012 ,<https://www.st.gov.my>
- Syahrul Hisham Mohamad@ Abd.Rahman & Haziq Izzuan Jaafar (2012) ,*Pembangunan Sumber Tenaga Yang Boleh Diperbaahruai Mengikut Perspektif Islam*.Fakulti Kejuruteraan Elektrik ,UTM .
- Daut, M. Irwanto*, Suwarno, Y.M. Irwan, N. Gomesh, N. S. Ahmad (2011) , *Potential of Wind Speed for Wind Power Generation In Perlis, Northern Malaysia* , TELKOMNIKA, Vol.9, No.3, December 2011, pp. 575~582
- Adawati Binti Yusof (2011) , *Analysis Of Renewable Energy Potential In Malaysia* ,Faculty Of Engineering ,University Malaya <https://core.ac.uk/download/pdf>
- Khairul Nizam Abdul Maulud , Othman A.Karim & Kamaruzzaman Sopian (2011) , *Potensi Penjanaan Tenaga Ombak Malaysia*,The Malaysian Surveyor vol.46 ,No.3 ,2011
- Firdaus Muhammad-Sukki,Roberto Ramirez-Iniguez,Siti Hawa Abu Bakar ,Scott G.McMeekin & Brian G.Stewart (2011), *Feed-In Tariff for solar PV in Malaysia : Financial Analysis and Public Perspective* , 5th International Power Engineering and Optimization Conference 2011.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5970397>



- Firdaus Muhammad-Sukki, Roberto Ramirez-Iniguez, Siti Hawa Abu Bakar, Scott G. McMeekin & Brian G. Stewart (2011), *An Evaluation Of The Installation of Solar Photovoltaic in Residential Houses in Malaysia : Past ,Present and Future*, Energy Policy volume 39 ,Issues 12 ,December 2011 pages 7975-7987
- Haslenda Hashim & Wai Sin Ho(2011) , *Renewable energy policies and initiatives for a sustainable energy future in Malaysia*, Renewable and Sustainable Energy Reviews , Volume 15, Issue 9, December 2011, Pages 4780-4787
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111003182>
- Salsabila Ahmad , Mohd Zainal Abidin Ab.Kadir & Suhaidi Shafie (2011) , *Current Perspective Of The Renewable Energy Development IN Malaysia* , Renewable and sustainable energy reviews volume 15, issues 2 , February 2011, Pages 897-904 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.009>
- Thielemann, T.Schmidt, S, & Peter Garling (2010). J., (2007). *Lignite and hard coal: Energy suppliers for world needs until the year 2100-An outlook*. International journal for coal geology, 72, 1-14.
- Chow Mee Chin, Mohd Basri Wahid & Chan Kook Weng (2008), *Availibility andPotential of Biomass Resources from the Malaysain Palm Oil Industry For Genertaing Renewable Energy*, Oil Palm Buletin 56 p.23-28
- S.Sumathi, S.P.Chai & A.R.Mohamed (2008), Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 12, Issue 9, December 2008, Pages 2404-2421
- Siew Hoong Shuit, Kok Tat Tan , Keat Teong Lee (2008), *Oil Palm Biomass As A Sustainable Energy Source : A Malaysian Case Study* ,International Conference on Environment 2008 (ICENV 2008)
http://eprints.usm.my/13216/1/oil_palm_biomass.pdf
- Dr.Sanjayan Velautham , Ghazali Talib , Prof.Warwick Neville & Asfaazam Kasbani (2007) *Malaysia Generating Renewable Energy From Palm Oil Wastes* , , United Nation Development Programme M'sia , Pg 1-3
- Lim Chin Haw, Elias Salleh & Philips Jones (2006), *Renewable Energy Policy and Initiatives in Malaysia*. ALAM CIPTA, Intl. J. on Sustainable Tropical Design Research & Practice, Vol.1 (Issue 1) December 2006: pp. 33-40
- Ir.Zainal Abidin Bin Othman (2005), *The Future Hydropower in Malaysia*, JURUTERA (May 2005)
- Ir.G.Lalchand (2004), *Renewable Energy as AFifth Fuel Option for Power Generation in Malaysia*, JURUTERA (DECEMBER 2004) pg 10 -17.
- Wikipedia Foundation, (2008). *World Energy Consumption*. Retrieved March 02, 2011, from Wikipedia Foundation Website: http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_consumption



Center for Climate and Energy Solutions, C2ES, *Global Emissions*, Website:
<https://www.c2es.org/content/international-emissions/>