

INTENSIFIKASI PENGGUNAAN ENERGI TERBARUKAN DALAM PEMBANGUNAN EKONOMI BERKELANJUTAN DI INDONESIA

Oleh:

**Muhammad Jalalludin 2008204078
Fadly Syahrul Ramdhani 2008204079**

IAIN Syekh Nurjati Cirebon

ABSTRAK

Energi terbarukan lebih banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik mengingat listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting baik sebagai penerangan dirumah-rumah maupun untuk menggerakkan industri. Hal ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia ketika dihadapkan pada kondisi dimana sebagian besar penyediaannya masih bergantung pada energi fosil dan pengembangan sumber-sumber energi terbarukan masih sangat terbatas. Pada tugas akhir ini akan dirancang Desain Dan Implementasi Thermoelektrik Modul Pada Sistem Hybrid Kendaraan Bermotor. Pada prinsipnya perancangan ini merupakan inspirasi dari pemanfaatan energi terbarukan, knalpot sebagai sumber panas yang ada, merupakan daya yang bisa di manfaatkan sekaligus untuk mengembangkan kebutuhan energi terutama energi terbarukan Energi listrik yang dihasilkan merupakan tegangan searah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai tegangan untuk mengisi ulang aki. Rata- rata daya yang dihasilkan oleh spull motor pada saat motor hidup adalah sebesar 6.770 watt dan Rata- rata daya yang dihasilkan oleh thermoelectric adalah sebesar 2.536 watt. Waktu yang dibutuhkan untuk mencharger aki 12V 3.5Ah dengan sumber tegangan yang berasal dari spull motor dibutuhkan selama 6.20 jam mulai dari kosong hingga penuh, dengan penambahan thermoelectric waktu pengisian aki mulai dari kosong hingga penuh dibutuhkan waktu selama 4.51 jam.

Kata kunci: *Thermo Elektrik, Hybrid*

ABSTRACT

Renewable energy is more used to generate electricity considering electricity is a very important need both as lighting in homes and to move the industry. This is a major challenge for Indonesia when faced with a condition where much of its supply is still dependent on fossil energy and the development of renewable energy sources is still very limited. In this final project will be designed Thermoelectric Design And Implementation Module On Motorized Hybrid System. In principle, this design is the inspiration of the utilization of renewable energy, exhaust as a source of heat that exists, is a power that can be utilized as well as to develop energy needs, especially renewable energy Electric energy generated is a direct voltage so it can be used as a voltage to recharge the battery. The average power generated by the motor spin on motor life is 6,770 watts and the average power generated by the thermoelectric is

2,536 watts. The time required to charge a 12V 3.5Ah battery with a voltage source derived from a spin motor is required for 6.20 hours from empty to full, with the addition of thermoelectric charging time from empty to full takes 4.51 hours.

Keywords: Thermo Electric, Hybrid
PENDAHULUAN

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan manusia (Aziz, et al, 2023). Terlebih, saat ini hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor penggerak, peralatan rumah tangga, dan mesin-mesin industri dapat difungsikan jika ada energi. Namun, seperti yang telah diketahui, terdapat dua kelompok besar energi yang didasarkan pada pembaharuan. Dua kelompok tersebut adalah energi terbarukan dan energi yang tersedia terbatas di alam (Aziz & Nur'aisah, 2021).

Energi terbarukan ini meliputi energi matahari, energi air, energi listrik, energi nuklir, energi minyak bumi dan gas sedangkan energi yang tersedia terbatas di alam meliputi energi yang berasal dari fosil/energi mineral dan batu bara.

Pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan dapat menimbulkan krisis energi (Aziz, 2021). Energi menjadi komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi yang cukup. Dewasa ini dan beberapa tahun ke depan, manusia masih akan tergantung pada sumber energi fosil karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar (Bakhri, et al, 2023).

Sumber energi alternatif /terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional.

Kelangkaan energi tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan juga di negara lain. Pasalnya, populasi manusia yang terus bertambah setiap tahun mengakibatkan permintaan terhadap energi juga meningkat (Bakhri, et al, 2021). Di Indonesia terdapat potensi sumber energi terbarukan yang masih belum di manfaatkan secara optimal.

Melihat kondisi tersebut maka sangat diperlukan pengetahuan tentang apa itu energi terbarukan, sumber-sumber energi terbarukan, sekaligus masalah yang timbul dari pemanfaatan energi terbarukan agar didapatkan solusi atau kebijakan tentang pemanfaatan energi tersebut

PEMBAHASAN

Energi Terbarukan

1) Definisi Energi

Energi merupakan kemampuan melakukan kerja. Disebut demikian karena setiap kerja yang dilakukan sekecil apapun dan seringnya apapun tetap membutuhkan energi (Bakhri, et al, 2021). Menurut KBBI energi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan yang diperlukan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi merupakan bagian dari suatu benda tetapi tidak

terikat pada benda tersebut. Energi bersifat fleksibel artinya dapat berpindah dan berubah. Berikut beberapa pendapat ahli tentang pengertian energi;

1. Energi adalah kemampuan membuat sesuatu terjadi (Robert L. Wolke)
2. Energi adalah kemampuan benda untuk melakukan usaha (Mikrajuddin)
3. Energi adalah suatu bentuk kekuatan yang dihasilkan atau dimiliki oleh suatu benda (Pardiyono)
4. Energi adalah sebuah konsep dasar termodinamika dan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis teknik (Michael J. Moran), dll

Dari berbagai pengertian dan definisi energi di atas dapat disimpulkan bahwa secara umum energi dapat didefinisikan sebagai kekuatan yang dimiliki oleh suatu benda sehingga mampu untuk melakukan kerja.

2) Definisi Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari "proses alam yang berkelanjutan", seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi, dan panas bumi (Dharmayanti & Aziz, 2024).

3) Jenis-jenis Energi

1. Energi yang berasal dari fosil

Energi yang berasal dari fosil merupakan energi yang kesediaan sumbernya di alam terbatas, sumber energi yang berasal dari fosil adalah batu bara, minyak bumi, dan gas alam

2. Energi Terbarukan

Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970an, sebagai upaya mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisinya adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan.

Sumber energi yang terbuat dari fosil

A. Batu Bara

Batu bara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Batu bara juga merupakan batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk (Fatmasari, et al, 2022).

B. Minyak bumi

Minyak Bumi (bahasa Inggris: petroleum dari bahasa Latin petrus – karang dan oleum – minyak), dijuluki juga sebagai emas hitam adalah cairan kental, berwarnacoklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Minyak Bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya. Minyak Bumi diambil dari sumur minyak dipertambangan-pertambangan minyak. Lokasi sumur-sumur minyak ini didapatkan setelah melakukan proses studi geologi, analisis sedimen, karakter dan struktur sumber (Fatmawati, et al, 2022).

C. Gas Alam

Gas alam sering juga disebut sebagai gas Bumi atau gas rawa, adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH_4). Dan dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas Bumi dan juga tambang batu bara. Ketika gas yang mengandung metana diproduksi melalui pembusukan oleh bakteri anaerobik dari bahan-bahan organik selain dari fosil, maka ia disebut biogas (Haerisma, et al, 2023). Sumber biogas dapat ditemukan di rawa-rawa, tempat pembuangan akhir sampah, serta penampungan kotoran manusia dan hewan.

Sumber Energi terbarukan

Sumber Utama

a. Energi panas Bumi

Energi panas bumi berasal dari peluruhan radioaktif di pusat Bumi, yang membuat Bumi panas dari dalam, serta dari panas matahari yang membuat panas permukaan bumi. Panas bumi adalah suatu bentuk energi panas atau energi termal yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi. Energi panas adalah energi yang menentukan temperatur suatu benda. Energi panas bumi berasal dari energi hasil pembentukan planet (20%) dan peluruhan radioaktif dari mineral (80%) Gradien panas bumi, yang didefinisikan dengan perbedaan temperatur antar inti bumi dan permukaannya, mengendalikan konduksi yang terus menerus terjadi dalam bentuk energi panas dari inti ke permukaan bumi (Harjadi, et al, 2021).

Temperatur inti bumi mencapai lebih dari 500°C. Panas mengalir secara konduksi menuju bebatuan sekitar inti bumi. Panas ini menyebabkan bebatuan tersebut meleleh, membentuk magma. Magma mengalirkan panas secara konveksi dan bergerak naik karena magma yang berupa bebatuan cair memiliki massa jenis yang lebih rendah dari bebatuan padat. Magma memanaskan kerak bumi dan air yang mengalir di dalam kerak bumi, memanaskannya hingga mencapai 300°C. Air yang panas ini menimbulkan tekanan tinggi sehingga air keluar dari kerak bumi.

Energi panas bumi dari inti Bumi lebih dekat ke permukaan di beberapa daerah. Uap panas atau air bawah tanah dapat dimanfaatkan, dibawa ke permukaan, dan dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Ada 3 cara pemanfaatan panas bumi :

- ☐ Sebagai tenaga pembangkit listrik dan digunakan dalam bentuk listrik
- ☐ Sebagai sumber panas yang dimanfaatkan secara langsung menggunakan pipa ke perut bumi
- ☐ Sebagai pompa panas yang dipompa langsung dari perut bumi.

b. Energi Surya

Energi surya adalah energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari. Tentu saja matahari tidak memberikan energi yang konstan untuk setiap titik di bumi, sehingga penggunaannya terbatas. Sel surya sering digunakan untuk mengisi daya baterai, di siang hari dan daya dari baterai tersebut digunakan di malam hari ketika cahaya matahari tidak tersedia. Tenaga surya dapat digunakan untuk:

- ☐ Menghasilkan listrik menggunakan sel surya
- ☐ Menghasilkan listrik menggunakan menara surya memanaskan gedung secara langsung
- ☐ Memanaskan gedung melalui pompa panas
- ☐ Memanaskan makanan menggunakan oven surya

c. Tenaga angin

Perbedaan temperatur di dua tempat yang berbeda menghasilkan tekanan udara yang berbeda, sehingga menghasilkan angin. Angin adalah gerakan materi (udara) dan telah diketahui sejak lama mampu menggerakkan turbin. Turbin angin dimanfaatkan untuk menghasilkan energi kinetik maupun energi listrik (Harjadi, et al, 2023). Energi yang tersedia dari angin adalah fungsi dari kecepatan angin; ketika kecepatan angin meningkat, maka energi keluarannya juga meningkat hingga ke batas maksimum energi yang mampu dihasilkan turbin tersebut. Wilayah dengan angin yang lebih kuat dan konstan seperti lepas pantai dan dataran tinggi, biasanya diutamakan untuk dibangun "ladang angin".

d. Tenaga Air

Energi air digunakan karena memiliki massa dan mampu mengalir. Air memiliki massa jenis 800 kali dibandingkan udara. Bahkan gerakan air yang lambat mampu diubah ke dalam bentuk energi lain (Layaman, et al, 2021). Turbin air didesain untuk mendapatkan energi dari berbagai jenis reservoir, yang

diperhitungkan dari jumlah massa air, ketinggian, hingga kecepatan air. Energi air dimanfaatkan dalam bentuk:

- ▣ Bendungan pembangkit listrik. Yang terbesar adalah Three Gorges dam di China.
- ▣ Mikrohidro yang dibangun untuk membangkitkan listrik hingga skala 100kilowatt. Umumnya dipakai di daerah terpencil yang memiliki banyak sumberair.
- ▣ Run-of-the-river yang dibangun dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliranair tanpa membutuhkan reservoir air yang besar.

e. Biomasa

Tumbuhan biasanya menggunakan fotosintesis untuk menyimpantenaga surya, udara, dan CO Bahan bakar bio (biofuel) yaitu bahan bakar yang diperoleh dari biomassa - organisme atau produk dari metabolisme hewan,seperti kotoran dari sapi dan sebagainya. Ini juga merupakan salah satu sumberenergi terbarui. Biasanya biomasa dibakar untuk melepasenergi kimiayangtersimpan di dalamnya, pengecualian ketika biofuel digunakan untuk bahanbakar fuel cell (misaldirect methanol fuel cell dan direct ethanol fuel cell).

Biomassa dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar atau untuk produksi bahan bakar jenis lain seperti biodiesel, bioetanol, atau biogas tergantung sumbernya. Biomassa berbentuk biodiesel, bioetanol, dan biogas dapat dibakar dalam mesin pembakaran dalam atau pendidih secara langsung dengan kondisi tertentu (Jaelani, et al, 2021).

Biomassa menjadi sumber energi terbarukan jika laju pengambilan tidak melebihi laju produksinya, karena pada dasarnya biomassa merupakan bahanyang diproduksi oleh alam dalam waktu relatif singkat melalui berbagai prosesbiologis. Berbagai kasus penggunaan biomassa yang tidak terbarukan sudah terjadi, seperti kasus deforestasi jaman romawi, dan yang sekarang terjadi,deforestasi hutan amazon. Gambut juga sebenarnya biomassa yangpendefinisianya sebagai energi terbarukan cukup bias karena laju ekstraksioleh manusia tidak sebanding dengan laju pertumbuhan lapisan gambut (Nasir, et al , 2022).

Ada 3 bentuk penggunaan biomassa, antara lain:

a) Bahan bakar bio cair

Bahan bakar bio cair biasanya berbentuk bio alkohol seperti metanol, etanol dan biodiesel. Biodiesel dapat digunakan pada kendaraan diesel modern dengan sedikit atau tanpa modifikasi dan dapat diperoleh dari limbah sayur

dan minyak hewani serta lemak. Tergantung potensi setiap daerah, jagung, gula bit, tebu, dan beberapa jenis rumput di budidayakan untuk menghasilkan bioetanol. Sedangkan biodiesel dihasilkan dari tanaman atau hasil tanaman yang mengandung minyak (kelapa sawit, kopra, biji jarak, alga) dan telah melalui berbagai proses seperti esterifikasi (Wadud & Layaman, 2023).

b) Biomassa padat

Penggunaan langsung biasanya dalam bentuk padatan yang mudah terbakar, baik kayu bakar atau tanaman yang mudah terbakar. Tanaman dapat dibudidayakan secara khusus untuk pembakaran atau dapat digunakan untuk keperluan lain, seperti diolah di industri tertentu dan limbah hasil pengolahan yang bisa dibakar dijadikan bahan bakar. Pembuatan briket biomassa juga menggunakan biomassa padat, di mana bahan bakunya bisa berupa potongan atau serpihan biomassa padat mentah yang telah melalui proses tertentu seperti pirolisis untuk meningkatkan persentase karbon dan mengurangi kadar airnya (Wartoyo & Haerisma, 2022).

Biomassa padat juga bisa diolah dengan cara gasifikasi untuk menghasilkan gas.

c) Biogas

Berbagai bahan organik, secara biologis dengan fermentasi maupun secara fitokimia dengan gasifikasi. Biogas dapat dihasilkan dari berbagai limbah industri yang ada saat ini, seperti produksi kertas, produksi gula, kotoran hewan peternakan, dan sebagainya. Berbagai aliran limbah harus diencerkan dengan air dan dibiarkan secara alami berfermentasi, menghasilkan gas metana. Residu dari aktivitas fermentasi dapat menjadi pupuk, yang kaya nitrogen, karbon dan mineral (Wartoyo, et al, 2022).

Energi Air (Hydro Power)

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air. Itu disebabkan kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit. Dialiri oleh banyak sungai dan daerah-daerah tertentu mempunyai danau maupun waduk. Semuanya ini berpotensi sebagai sumber energi air (Yusuf, et al, 2021).

Peran tenaga air dalam bauran energi air primer pembangkit tenaga listrik pada tahun 2013 adalah sekitar 7,7% dimana total kapasitas terpasang mencapai 8.109 MW. Pembangkit tenaga air dapat ditempuh dengan memanfaatkan waduk atau bendungan maupun sekedar memanfaatkan aliran dan terjunan air tanpa waduk. Pemanfaatan waduk yang sudah ada dapat dilihat pada waduk Saguling (100 MW), waduk Cirata (1000 MW) dan waduk Jatiluhur (150 MW). Umumnya

memiliki kapasitas besar (diatas 10 MW) dan dapat memanfaatkan waduk yang telah terbangun.

Pembangkit yang hanya memanfaatkan aliran dan terjunan umumnya berukuran kecil yaitu hingga 10 MW. Pembangkit seperti ini dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Potensi pembangkit seperti ini tersedia di daerah terpencil dan jauh dari lokasi yang sudah dilayani PLN. Potensi PLTMH di Indonesia diduga lebih dari 500 MW (publikasi ESDM 2010). Untuk Sumatera Utara, Napitupulu (2008) memperkirakan setidaknya mencapai 41,88 MW. Himsar Amabarita dari Universitas Sumatera Utara dalam presentasinya tahun 2014 memperkirakan potensi pembangkit tenaga air ukuran kecil di Sumatera Utara mencapai 957,37 MW. Khusus untuk wilayah Sumatera Utara, Rencana Induk Pengembangan Energi Baru Terbarukan (RIPEBAT) 2010-2025 mengidentifikasi ada enam provinsi yang potensi tenaga airnya besar untuk dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yaitu : Papua, meliputi sungai Memberamo, Derewo, Ballem, Tuuga, Wiriagar/Sun, Kamundan dan Kladuk dengan total potensi mencapai 12.725 megawatt (MW). Potensi terbesar lainnya yaitu Kalimantan Timur, meliputi sungai Kerayan, Mentarang, Tugu, Mahakam, Boh, Sembakung dan Kelai dengan total potensi mencapai 6.743 MW. Sedangkan empat provinsi lain yang memiliki potensi adalah Sulawesi Selatan, Kalimantan Barat, Sumatera Utara dan Aceh.

Napitupulu (2008) meyakini PLTM sangatlah potensial sebagai penghasil listrik di Sumatera Utara. Kondisi alam yang berbukit dan terjal dipenuhi sungai-sungai sangat sesuai untuk pemanfaatan sebagai PLTM. Potensi ini dapat dijumpai di daerah-daerah atau kabupaten yang berada di jajaran pegunungan Bukit Barisan seperti Humbang Hasundutan, Dairi, Pakpak Barat, Karo, Tapanuli Utara, dan Tapanuli Tengah. Dari antara daerah tersebut, Kabupaten Humbang Hasundutan merupakan salah satu daerah yang paling berpotensi dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga minihidro dan atau mikrohidro, karena menurut data dari Dinas perindustrian, perdagangan dan koperasi Kabupaten Humbang Hasundutan (2004) di sana terdapat 22 air terjun dengan debit aliran yang berkisar antara 0,8 s.d. 10 m³/s dan ketinggian air terjun antara 5 s.d. 70 m.

Biaya investasi PLTMH lebih kurang 2.000 dollar/kW (Lubis 2007). Harga beli listrik PLTMH sebagaimana dalam PERMEN ESDM no.19 tahun 2015 berkisar antara Rp 1.560 – Rp 2.080 per kWh tergantung lokasi dimana PLTMH berada.

Energi Surya.

Indonesia yang merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintasi garis khatulistiwa, dengan besar radiasi penyinaran 4,80 kWh/ m²/hari. Energi surya dikonversi langsung dan bentuk aplikasinya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *solar thermal* untuk aplikasi pemanasan dan *solar photovoltaic* untuk pembangkitan listrik (Yasin, et al, 2023).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan teknologi pembangkit listrik yang dapat diterapkan di semua wilayah. Instalasi, operasi, dan perawatan PLTS sangat mudah sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat. Hambatan utama pasar PLTS adalah biaya investasi per Watt daya terbangkitkan masih relatif mahal dan beberapa bahan baku komponen PLTS khususnya sel surya masih harus diimpor. Oleh karena itu, penumbuhan industri sel surya lokal menjadi sangat strategis dalam pengembangan PLTS di masa mendatang. Beberapa keunggulan PLTS diantaranya:

- (1) Sumber energi matahari tersedia di seluruh lokasi permukaan bumi dengan jumlah yang berlimpah sehingga tidak pernah menimbulkan konflik sosial terhadap penggunaan sumber energi matahari;
- (2) Teknologi PLTS mudah dipahami dan diterima oleh masyarakat awam, dapat dipasang oleh tenaga lokal, dapat dioperasikan oleh pengguna dengan perawatan yang sangat lokal;
- (3) PLTS sangat bersahabat dengan lingkungan, tidak menghasilkan emisi gas, tidak bising, bekerja pada temperature ruang, dan tidak ada risiko bencana terhadap keselamatan manusia juga lingkungan;
- (4) Perangkat PLTS sudah banyak tersedia di pasar dengan beragam pilihan daya, harga dan kualitas.

Pengembangan pemanfaatan energi surya hingga tahun 2013 telah mencapai 67 MW kapasitas terpasang (Jurnal Energi 2016).

Energi Angin

Secara alamiah potensi energi angin di Indonesia relatif kecil karena terletak di daerah khatulistiwa. Namun demikian, ada daerah-daerah yang secara geografi merupakan daerah angin karena merupakan wilayah *nozzle effect* atau penyempitan antara dua pulau atau daerah lereng gunung antara dua gunung yang berdekatan. Sumber energi bayu berasal dari pergerakan udara akibat perubahan temperatur udara karena pemanasan dari radiasi matahari.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah pembangkit listrik energi terbarukan yang tumbuh pesat di berbagai negara maju. Adapun di Indonesia teknologi turbin angin yang modern belum sepenuhnya dikuasai, sehingga masih dibutuhkan riset yang intensif untuk mengembangkan turbin angin yang cocok dengan kondisi potensi energi angin di Indonesia. Pemerintah membutuhkan upaya untuk melakukan komersialisasi teknologi baru PLTB, disamping mendorong manufaktur lokal untuk mengembangkan kapasitas produksinya.

Pengembangan Tenaga Angin sampai dengan tahun 2013 berkapasitas sebesar 1,3 MW, yang meliputi : 1,2 MW terhubung dalam jaringan PLN (*on-grid*) dan 0,1 MW *off-grid* (Jurnal Energi 2016).

Energi Laut

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang memiliki wilayah laut terbesar. Sekitar dua per tiga wilayah Indonesia adalah laut. Indonesia memiliki pantai kedua terpanjang di dunia setelah Kanada. Hal tersebut menjadi keuntungan bagi Indonesia dari segi besarnya potensi energi laut. Energi laut yang dihasilkan dari gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut (samudera) merupakan sumber energi di perairan laut yang berupa :

- a) energi pasang surut, memanfaatkan beda ketinggian antara laut pasang terbesar dan laut surut terkecil
- b) energi gelombang, memanfaatkan besar gelombang dan panjang gelombang
- c) energi arus laut, memanfaatkan arus laut untuk memutar turbin sebagaimana arus angin memutar turbin angin
- d) energi perbedaan suhu lapisan laut, memanfaatkan beda temperatur di permukaan laut dan temperatur di dasar laut.

Energi pasang surut di wilayah Indonesia terdapat pada banyak pulau. Cukup banyak selat sempit yang membatasinya maupun teluk yang dimiliki masing-masing pulau. Hal ini memungkinkan untuk memanfaatkan energi pasang surut. Saat laut pasang dan saat laut surut aliran airnya dapat menggerakkan turbin untuk membangkitkan listrik. Sampai saat ini belum ada penelitian untuk pemanfaatan energi pasang surut yang memberikan hasil yang cukup signifikan di Indonesia. Di Indonesia beberapa daerah yang mempunyai potensi energi pasang surut adalah Bagan Siapi-api yang pasang surutnya mencapai 7 meter, Teluk Palu yang struktur geologinya merupakan patahan (Palu Graben) sehingga memungkinkan gejala pasang surut, Teluk Bima di Sumbawa (Nusa Tenggara Barat), Kalimantan Barat, Papua, dan pantai selatan Pulau Jawa yang pasang surutnya bisa mencapai lebih dari 5 meter (Jurnal Energi 2016).

Berdasarkan pola arus di perairan Indonesia pada kondisi pasang purnama, saat pasang tertinggi (kecepatan arus laut maksimum) dan pada kondisi pasang perbani, saat surut terendah (kecepatan arus laut minimum), diketahui bahwa secara umum kecepatan arus yang ada tidak terlalu besar, kecuali pada daerah Selat Bali, Selat Lombok dan Selat Makassar.

Saat ini pemanfaatan arus laut untuk pembangkitan tenaga listrik sudah sampai pada tahap implementasi (*pilot project*) dalam skala kecil oleh beberapa institusi dan perguruan tinggi. Untuk lautan di wilayah Indonesia, dengan potensi termal $2,5 \times 1.023$ Joule dan efisiensi konversi energi panas laut sebesar tiga persen dapat dihasilkan daya sekitar 240.000 MW. Potensi energi panas laut yang baik terletak pada daerah antara $6-9^\circ$ Lintang Selatan dan $104-109^\circ$ Bujur Timur. Di daerah tersebut pada jarak kurang dari 20 km dari pantai didapatkan suhu rata-rata permukaan laut di atas 28°C dan didapatkan perbedaan suhu permukaan dan kedalaman laut (1.000 m) sebesar $22,8^\circ\text{C}$. Sedangkan perbedaan suhu rata-rata tahunan permukaan dan kedalaman lautan (650 m) lebih tinggi dari 20°C . Dengan

potensi tersebut, konversi energi panas laut dapat dijadikan alternatif pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia (Jurnal Energi 2016).

Tidak jauh berbeda dengan energi pasang surut, energi panas laut di Indonesia juga baru mencapai tahap penelitian. Gelombang tercipta terutama akibat hembusan angin di permukaan laut. Selama ada perbedaan suhu udara di suatu daerah dengan daerah lainnya akan menimbulkan angin yang membentuk gelombang jika melewati laut. Kekuatan gelombang bervariasi di setiap lokasi.

Daerah samudera Indonesia sepanjang pantai selatan Jawa sampai Nusa Tenggara adalah lokasi yang memiliki potensi energi gelombang cukup besar berkisar antara 10 – 20 kW per meter gelombang. Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa energi gelombang di beberapa titik di Indonesia bisa mencapai 70 kW/m di beberapa lokasi. Pantai barat Pulau Sumatera bagian selatan dan pantai selatan Pulau Jawa bagian barat juga berpotensi memiliki energi gelombang laut sekitar 40 kW/m.

Karakteristik energi gelombang sangat sesuai untuk memenuhi kebutuhan energi kota-kota pelabuhan dan pulau-pulau terpencil di Indonesia. Sayangnya, pengembangan teknologi pemanfaatan energi gelombang di Indonesia saat ini meskipun cukup menjanjikan namun masih belum optimal. Pemanfaatan energi gelombang yang sudah diaplikasikan di Indonesia baik oleh lembaga litbang (BPPT, PLN) maupun institusi pendidikan lainnya baru pada tahap penelitian (Jurnal Energi 2016).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

PLTMH memanfaatkan energi potensial aliran air untuk memutar turbin pembangkit listrik. Secara matematis dirumuskan menjadi :

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H \text{ (W)}$$

dimana:

P	= Daya listrik (kW)	γ	= Berat
			jenis air (N/m^3).
Q	= Debit air (m^3/det)		
H	= Head = Ketinggian jatuhnya air		

(m) Secara diagramatis

Head adalah ketinggian air vertikal ataupun jarak tegak dari muka air di kolam *Forebay* ke poros turbin pembangkit yang berada di dalam *power house* yang diukur dalam satuan m. Pengukuran ini dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur theodolit untuk mengetahui beda tinggi.

Debit air adalah banyaknya air yang mengalir dari forebay ke powerhouse dalam satuan m^3/det . Mengingat PLTMH hanya memanfaatkan aliran air tanpa adanya waduk untuk menampung, maka penentuan besarnya debit yang mengalir memerlukan prosedur statistik probabilitas. Ini dikarenakan air yang mengalir di sungai tidak selalu konstan. Oleh karena itu hasil perhitungan maupun pengukuran debit sungai yang berupa data time series selama sepuluh tahun atau lebih harus disusun dari yang terbesar ke yang terkecil. Data yang terbesar akan memiliki probabilitas terkecil dan seterusnya yang terkecil memiliki probabilitas terbesar dengan rumusan :

$$\text{Probability (p)} = 100 \cdot n / (m+1) \dots\dots\dots$$

Dimana : p =
 probabilitas
 dalam % n =
 urutan data m
 = jumlah data

Data ini selanjutnya di plot ke dalam grafik yang disebut sebagai Flow Duration Curve. Contoh tipikal FDC dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan FDC pada Gambar 2, kita dapat menentukan probabilitas debit yang kita pilih sebagai dasar perencanaan. Probabilitas sebesar 40 % menunjukkan bahwa debit tersebut akan tercapai setidaknya selama $0,4 \times 365$ hari yaitu sama dengan 146 hari. Selebihnya debit yang terjadi akan lebih kecil dari nilai tersebut. Berdasarkan debit ini kita dapat menghitung daya yang dibangkitkan menggunakan rumus.

Selanjutnya , energi listrik yang dihasilkan dihitung dengan mengalikan daya (P) dengan waktu.

Sehingga

$$E = P \times t \dots\dots$$

dimana :

P = daya dalam satuan kilo watt didapat dari rumus (1) , dan

t = waktu dalam satuan jam.

Dalam setahun, daya yang dihasilkan menjadi sebanyak $E = P \times 8760$ (Watt Jam).

Sebagai ilustrasi :

Sungai Aek Silang mengalir ditengah-tenah kecamatan Bakti Raja Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara, bermuara ke Danau Toba yang berada pada ketinggian ± 900 m dpl. Air yang mengalir di sungai Aek Silang bersumber dari DAS seluas kurang lebih 276.898 km^2 yang terletak pada $02^\circ 18' 11'' - 02^\circ 18' 40''$ LU dan $98^\circ 46' 23'' - 98^\circ 48' 00''$ BT . Secara kuantitas nilai

curah hujan rerata maksimum tahunan sesuai yang tercatat pada stasiun penakar cukup besar. Sepanjang periode 17 tahun terakhir, curah hujan rerata maksimum tahunan pada daerah studi sebesar 53.95 mm dengan nilai terkecil sebesar 21.52 mm terjadi pada tahun 1997 dan nilai terbesar 138.26 mm terjadi pada tahun 1999.

Sungai Aek Silang memiliki debit sebesar 10 m³ / det dengan probabilitas 95% (hampir sepanjang tahun). Beda ketinggian (H) yang dapat dicapai sebesar 140 m dari *forebay* ke turbin. Maka, secara teoritis daya PLTMH yang dapat dihasilkan berdasarkan rumus (1) sebesar : $P = 10 \times 10 \times 140 = 14.000 \text{ kW}$

Dalam setahun, energi listrik yang dihasilkan berdasarkan rumus (3) menjadi sebesar :

$$14.000 \text{ kW} \times 8760 \text{ hour} = 122.640.000 \text{ kWh}$$

Harga jual listrik sebanyak ini berdasarkan PERMEN ESDM no 19 thn. 2015 sebesar :

$$\text{Rp } 1.560 \times 122.640.000 \text{ kWh} = \text{Rp } 191.318.400.000.$$

Perkiraan kebutuhan investasi PLTMH berdasarkan kajian Lubis (2007) yaitu sebesar 2000 dollarAS/kW akan memberikan nilai investasi sebesar 2.000 dollar AS x 14.000 = 28.000.000 dollar AS.

Jika menggunakan kurs rupiah awal November 2017 senilai Rp 13.500 / dollar AS maka akan menghasilkan nilai sebesar Rp 378.000.000.000 (tiga ratus tujuh puluh delapan milyar rupiah). Dengan investasi sebesar 378 milyar rupiah dapat dihasilkan penjualan listrik senilai lebih kurang 191 milyar rupiah per tahun. Membandingkan nilai investas ini (378 Milyar rupiah) dengan harga jual listriknya pertahun (191 Milyar rupiah), maka dapat disimpulkan PTMH sangat potensial untuk dikembangkan.

Meskipun potensi secara ekonomis sangat besar dan emisi CO₂ nyaris nihil, pembangunan PLTMH bukanlah tanpa dampak lingkungan. Jika dilihat, posisi PLTMH biasanya di pegunungan. Aliran air alami harus dibendung dan dibelokkan ke saluran pembawa yang dibuat khusus dengan kemiringan lebih landai dibanding sungai alami hingga pada lokasi tertentu dicapai beda ketinggian maksimum antara saluran pembawa dan sungai alami, air sungai diterjunkan kembali ke arah turbin berada di dalam rumah pembangkit yang diletakkan di tepi aliran sungai alami. Turbin berputar dan akan menghasilkan energi listrik yang besar. Setelah melalui turbin, aliran air akan kembali ke sungai alami. Secara diagramatis dapat digambarkan sebagai berikut :

Pengalihan air sungai melalui bendung dapat berakibat terganggunya lalu lintas ikan dari hilir ke hulu sungai. Selain itu pembendungan akan meningkatkan

muka air (*back water*) di hulu bendung. Akan terjadi genangan permanen pada luasan tertentu di bantaran sungai hulu bendung.

Konstruksi saluran pembawa – tergantung panjang dan keadaan topografi tebing – tidak jarang menghasilkan produk sampingan berupa bahan galian yang harus dibuang. Hal ini mengingat saluran pembawa harus dibangun disepanjang tebing dan melibatkan pekerjaan *cut and fill* yang tidak kecil. Sering terjadi material galian terbawa limpasan air hujan ke dalam aliran sungai alami dan menyebabkan siltasi dan sedimentasi. Hal ini dapat berakibat rusaknya tempat hidup fauna dasar sungai maupun ikan-ikan yang secara alami hidup sungai tersebut.

Upaya untuk meminimalkan dampak tersebut antara lain ditempuh melalui cara sebagai berikut :

Terhalangnya lalu lintas ikan ke hulu bendung dapat diminimalkan melalui pembangunan *fish ladder* (tangga ikan) di tepi bendung yang dibangun. Ikan yang dalam hidupnya harus melakukan migrasi melawan arus dapat tetap berpindah ke hulu melalui *fish ladder* ini.

Genangan di hulu bendung akibat *back water* secara umum tidak dapat dihilangkan. Namun demikian, mengingat lokasi bendung sebuah PLTMH yang umumnya berada di daerah pegunungan dan jauh dari pemukiman, dampak yang terjadi hanya akan sedikit menimbulkan gangguan pada masyarakat. Biasanya lokasi genangan akan terbatas di zona banjir sungai yang secara berkala akan tergenang pada saat sungai melimpah.

Sedimentasi dan siltasi akibat material galian dapat diminimalkan dengan mengatu tempat pembuangan / penimbunan tanah yang lebih baik. Selain itu upaya pembangunan saluran pembawa juga bisa dilakukan dengan membuat terowongan didalam bukit sehingga hanya sedikit bahan galian yang timbul.

BABIII

PENUTUP

KESIMPULAN

Peluang pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia terbuka lebar. Hal ini harus dimanfaatkan agar Indonesia dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 29% pada tahun 2030 dan peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan hingga 23% dari konsumsi energi nasional tahun 2025 sebagaimana komitmen Presiden Jokowi dalam pertemuan COP 21 di Paris pada tahun 2015. Beberapa bentuk energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di Indonesia meliputi energi bersumber dari (1) tenaga surya, (2) tenaga air, (3) panas bumi (geothermal), (4) biomasa dan bioenergi, (5) energi angin, dan (6) energi laut.

Khusus di wilayah Sumatera Utara, salah satu bentuk energi terbarukan yang sesuai adalah PLTMH. Dari beberapa wilayah yang ada di Indonesia, Ditjen EBTKE mengidentifikasi Sumatera Utara merupakan provinsi yang memiliki potensi pengembangan energi air yang besar. Keuntungan PLTMH adalah emisi

CO₂ yang hampir tidak ada karena memanfaatkan energi air tanpa ada nya pembakaran sama sekali. Oleh karenanya penggunaan sumber energi terbarukan PLTMH berarti menyelamatkan lingkungan hidup dari berbagai dampak buruk terkait dengan gas rumah kaca, pemanasan global dan perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA :

- Dinas Perindustrian dan Perdagangan dan Koperasi Kabupaten Humbang Hasundutan. (2004). *Profil dan Potensi Daerah Kabupaten Humbang Hasundutan*.
- Direktorat Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2015, Oktober). *PEMAPARAN ENERGI BARU DAN TERBARUKAN*. Materi Presentasi Power Point. 30 Oktober 2017. <http://iesr.or.id>
- Himsar Ambarita. (2014). Present Condition of Small Scale Renewable Energy IPPin Sumatera Utara Province. Materi Presentasi Power Point. Asia LEDS Forum 2014. 30 Oktober 2017. <http://forum2014.asialeds.org/wp-content/uploads/2014/11/Parallel-Session-G-HimsarAmbarita-IPPs-status-and-barriers-in-Sumatera-Utara-Prov.pdf>
- Kementerian ESDM. (2010). *Rencana Induk Pengembangan Energi Baru Terbarukan (RIPEBAT) 2010-2025*.
- Kementerian ESDM. (2016). *Jurnal Energi. Media Komunikasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. 30 Oktober 2017. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf)
- Lubis, A (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 8(2),155-162
- Micro-Hydropower Systems. A Buyer's Guide. (2004). Natural Resources Canada. Government of Canada.
- Mulyani, S. (2015, Juni). *Pidato dan Transkrip. Energi dan Pembangunan Berkelanjutan : Berikutnya Apa?* 30 Oktober 2017 . <http://www.worldbank.org/in/news/speech/2015/06/10/energy-andsustainable-development-whats-next>
- Napitupulu, FH. (2008). *Potensi Air Terjun Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Di Sumatera Utara*. Pidato Pengukuhan Jabatn Guru Besar Tetap dalam bidang Ilmu Mekanika Fluida pada Fakultas Teknik diucapkan dihadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara. Kampus USU 13 September 2008.

National Oceanic And Atmospheric Administration. US Department of Commerce. 30 Oktober 2017.
http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/fish_passage/about_dams_and_fish/fish_ladders.htm

Peraturan Menteri ESDM no 19 tahun 2015 tentang *PEMBELIAN TENAGA LISTRIK DARI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN KAPASITAS SAMPAI 10 MW (SEPULUH MEGAWATT) OLEH PT PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PESERO)*

UU Republik Indonesia nomor 30 tahun 2007 Tentang Energi

World Commision on Environment and Development. (1987). *Our Common Future : Report of The World Commision on Environment and Development.*

- Aziz, A., Syam, R. M. A., Hasbi, M. Z. N., & Prabuwono, A. S. (2023). Hajj Funds Management Based on Maqāṣid Al-Sharī'ah; A Proposal for Indonesian Context. *AL-IHKAM: Jurnal Hukum & Pranata Sosial*, 18(2), 544-567.
- Aziz, A., & Nur'aisyah, I. (2021). Role Of The Financial Services Authority (OJK) To Protect The Community On Illegal Fintech Online Loan Platforms. *Journal of Research in Business and Management*.
- Aziz, A. (2021). Promising business opportunities in the industrial age 4.0 and the society era 5.0 in the new-normal period of the covid-19 pandemic. *Scholarly Journal of Psychology and Behavioral Sciences*.
- Bakhri, S., Nurbaiti, F., & Yusuf, A. A. (2023). The Most Influential Factors On Stock Prices In The JII Index. *Jurnal Manajemen*, 27(3), 612-631.
- Bakhri, S., Layaman, L., & Alfian, M. I. (2021). Peran Otoritas Jasa Keuangan Cirebon Pada Perlindungan Konsumen Financial Technology Lending. *J-ISCAN: Journal of Islamic Accounting Research*, 3(1), 1-22.
- Dharmayanti, D. ., & Aziz, A. . (2024). Transaction Halal Supply Chain Management (HSCMT) in the Digital Economy Era An Opportunity and a Challenge In Indonesia . *Migration Letters*, 21(4), 1410-1419. Retrieved from <https://migrationletters.com/index.php/ml/article/view/8086>
- Fatmasari, D., Harjadi, D., & Hamzah, A. (2022). ERROR CORRECTION MODEL APPROACH AS A DETERMINANT OF STOCK PRICES. *TRIKONOMIKA*, 21(2), 84-91.
- Fatmawati, P. N., Jaelani, A., & Rokhlinasari, S. (2022). Analysis of Factors Affecting Employee Performance. *American Journal of Current Education and Humanities*, 1(01), 44-63.
- Haerisma, A. S., Anwar, S., & Muslim, A. (2023). Development of Halal Tourism Destinations on Lombok Island in Six Features Perspective of Jasser Auda's Maqasid Syari'ah. *Afkaruna: Indonesian Interdisciplinary Journal of Islamic Studies*, 19(2), 298-316.
- Harjadi, D., Arraniri, I., & Fatmasari, D. (2021). The role of atmosphere store and hedonic shopping motivation in impulsive buying behavior. *Jurnal Riset Bisnis dan Manajemen*, 14(2), 46-52.
- Harjadi, D., Fatmasari, D., & Hidayat, A. (2023). Consumer identification in cigarette industry: Brand authenticity, brand identification, brand experience, brand loyalty and brand love. *Uncertain Supply Chain Management*, 11(2), 481-488.

- Jaelani, A., Firdaus, S., Sukardi, D., Bakhri, S., & Muamar, A. (2021). Smart City and Halal Tourism during the Covid-19 Pandemic in Indonesia/Cidade Inteligente e Turismo Halal durante a Pandemia Covid-19 na Indonésia.
- Layaman, L., Harahap, P., Djastuti, I., Jaelani, A., & Djuwita, D. (2021). The mediating effect of proactive knowledge sharing among transformational leadership, cohesion, and learning goal orientation on employee performance. *Business: Theory and Practice*, 22(2), 470-481.
- Nasir, A., Busthomi, A. O., & Rismaya, E. (2022). Shariah Tourism Based on Local Wisdom: Religious, Income, Motivation, Demand and Value of Willingness to Pay (WTP). *International Journal Of Social Science And Human Research*, 5(08), 3811-3816.
- Wadud, A. M. A., & Layaman. (2023). The Impact of Islamic Branding on Customer Loyalty with Customer Satisfaction as an Intervening Variable. In *Islamic Sustainable Finance, Law and Innovation: Opportunities and Challenges* (pp. 95-104). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Wartoyo, W., & Haerisma, A. S. (2022). Cryptocurrency in The Perspective of Maqasid Al-Shariah. *Afkaruna: Indonesian Interdisciplinary Journal of Islamic Studies*, 18(1), 110-139.
- Wartoyo, Kholis, N., Arifin, A., & Syam, N. (2022). The Contribution of Mosque-Based Sharia Cooperatives to Community Well-Being Amidst the COVID-19 Pandemic. *Iqtishadia: Jurnal Kajian Ekonomi dan Bisnis Islam*, 15(1), 21-45.
- Yasin, A. A., Salikin, A. D., Jaelani, A., & Setyawan, E. (2023). Sustainability Of Muslim Family Livelihoods In The Perspective Of Sustainable Development Goals. *International Journal Of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 2(6).
- YUSUF, A. A., SANTI, N., & RISMAYA, E. (2021). The Efficiency of Islamic Banks: Empirical Evidence from Indonesia. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(4), 239-247.