

KAJIAN PENGGUNAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA DI KECAMATAN RANTAU BAYUR KABUPATEN BANYUASIN SUMATERA SELATAN

W. Adipradana¹, S. Zaini¹, Indra Pramana¹ dan Herlina^{1*}

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Sumatera Selatan
Corresponding author: herlinawahab@unsri.ac.id

ABSTRAK: Elektrifikasi merupakan tolak ukur keberhasilan pemerintah dalam hal pemerataan pembangunan dalam bidang kelistrikan. Kesulitan yang dialami oleh pemerintah adalah untuk membangun jaringan listrik yang panjang dengan beban yang sedikit terutama untuk daerah-daerah yang sulit dijangkau (terisolasi). Salah satu solusi yang ditawarkan adalah dengan membangun Pembangkit Listrik tenaga Hibrida (PLTH). PLTH adalah pembangkit listrik yang terdiri dari lebih dari satu jenis pembangkit listrik, dan biasanya merupakan gabungan dari beberapa jenis pembangkit energi terbarukan dan pembangkit listrik konvensional berbahan bakar fosil. Pembangkit listrik energi terbarukan yang lazim digunakan adalah jenis pembangkit listrik tenaga surya, angin, mikro hidro, dan lainnya. Sedangkan jenis konvensional digunakan pembangkit listrik tenaga diesel. Untuk mengatasi masalah elektrifikasi tersebut, maka riset ini dilakukan untuk mengkaji penggunaan PLTH pada daerah yang jauh dari pusat pembangkit listrik dan jaringan listrik. Lokasi yang dipilih adalah Dusun I Desa Sungai Naik Kecamatan Rantau Bayur. Kajian dilakukan dengan perhitungan teknis dan ekonomis untuk investasi peralatan, jalur distribusi tenaga listrik dan tenaga listrik yang dihasilkan. Dari hasil kajian didapatkan bahwa PLTH terpusat dapat diterapkan karena jarak antar rumah penduduk saling berdekatan atau rapat dengan total Kapasitas daya pembangkit yang direncanakan adalah 70,06 kVA. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang menguntungkan tersebut, maka PLTH menjadi solusi kompetitif daripada pembangkit listrik konvensional, terutama di daerah yang tidak terhubung ke jaringan listrik nasional dan memiliki sumber daya energi lokal yang melimpah. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat Pada Dusun I desa Sungai naik kecamatan Rantau Bayur ini, Sistem PLTH yang optimal adalah kombinasi antara PLTS dan PLTD sedangkan untuk PLTB tidak dapat digunakan karena kecepatan angin yang rendah di daerah tersebut.

Kata Kunci: PLTH, PLTS, PLTB, potensi daerah, investasi

ABSTRACT: *Electrification is a benchmark for the accomplishment of the government in terms of equitable improvement in the electricity sector. The inconvenience encountered by the government is to expand the electricity networks with limited load, especially for areas that are challenging to reach (isolated). One solution offered is to build a Hybrid Power Plant (PLTH). PLTH is a power plant dwelling of more than one type of power plant, occasionally a mix of several types of renewable energy generation and conventional fossil power plants. Renewable energy power plants that are generally used are solar, wind, micro hydro and other power plants. While the conventional type is operated by diesel power plants. To mitigate the electrification issue, this research is carried out to investigate the operation of PLTH in areas distant from the power plant and electricity network. The preferred location is Dusun I Desa Sungai Naik District of Rantau Bayur. The investigation was brought out with technical and economic computations for investment in equipment, electricity distribution lines and electricity generated. The ends of the research it was noticed that integrated PLTH can be implemented because the distance between residences is convenient to the overall capacity of the proposed power plant is 70.06 kVA. Taking into account these beneficial things, PLTH is a competitive quick fix willingly than a conventional power plant. Specifically in areas that are not associated to the governmental electricity grid and have sufficient local energy resources. Based on the results of the research obtained in Sungai Rusun I Dusun I Rantau Bayur sub-district, the excellent PLTH system is a sequence of PLTS and PLTD while the PLTB cannot be applied owing to the small wind speed in the neighborhood.*

Key Words: PLTH, PLTS, PLTB, regional potential, investment.

PENDAHULUAN

Kecenderungan pengembangan pembangkit listrik berdasarkan kebutuhan energi listrik yang disesuaikan dengan perkembangan beban listrik suatu daerah. Daerah yang sedang berkembang sudah sepatutnya diberikan prioritas yang tinggi dalam kebutuhan daya listrik, agar sistem pembangkit yang dibangun mempunyai arti penting dan penggunaannya tercapai secara optimal.

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti matahari dengan diesel, angin, dan lainnya. Sistem pembangkit ini lazim disebut sebagai pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH). Sumber energi tersebut dirancang untuk mengoptimasikan sistem pembangkit guna memenuhi kebutuhan beban yang bervariasi sebagai fungsi waktu. Penggunaan diesel di sini diperlukan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan yang disuplai oleh energi terbarukan dan juga pada saat terjadi beban puncak.

Dalam pengoptimasian sistem pembangkit listrik tenaga diesel, perlu dilihat karakterisasi operasi diesel terutama dari kerja diesel agar diesel dapat dikerjakan secara optimum terhadap pemakaian bahan bakar. Untuk daya beban yang mendekati kapasitas daya diesel maka kerja diesel menjadi efisien tapi untuk beban kecil misalnya pada siang hari maka kerja diesel menjadi tidak efisien. Untuk itu perlu dilakukan penggabungan dengan sumber energi terbarukan yang tersedia di lokasi seperti misalnya energi matahari, energi angin agar kerja sistem pembangkit menjadi lebih efisien dan optimum dalam melayani para pelanggan.

Penelitian terdahulu mengenai sistem pembangkit tenaga hibrida telah banyak dilakukan diberbagai daerah dan kombinasi PLTH, antara lain di Pulau Sebesi dengan memperhitungkan efisiensi energi dan optimasi penggunaan pembangkit hibrida kombinasi solar sel, diesel dan angin (Herlina, et al, 2009), di desa Simpang Sender Timur yang mengintegrasikan diesel, mikrohidro, solar sel dan angin kemudian dianalisis biaya pembangkitan energi listriknya dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Homer (Muthia. P.D, et al, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian analisis biaya pembangkitan PLTH pada lokasi yang dipilih yaitu Kecamatan Rantau Bayur Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Kajian akan dilakukan dari segi teknik ketika didisain pembangkit listrik tenaga hibrida dengan konfigurasi surya-angin-diesel. Dari hasil kajian ini dapat diketahui kelayakan pemanfaatan PLTH sebagai pemenuhan kebutuhan listrik dari segi aspek teknik.

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA (PLTH)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) apabila diperlukan. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik dari yang kecil sampai dengan yang besar, baik secara mandiri maupun hibrida

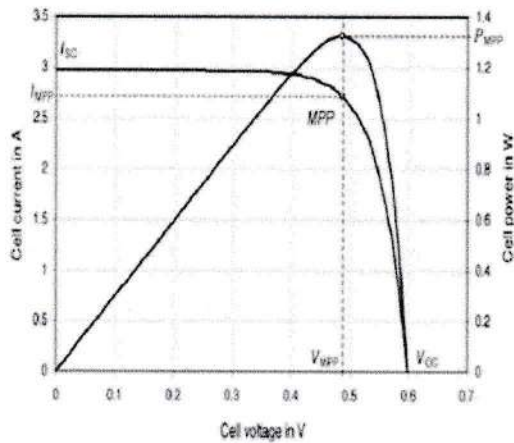
Sel Surya

Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor dengan muatan yang berbeda. Lapisan atas sel surya bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Silikon adalah bahan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk sel surya. Ketika cahaya mengenai permukaan sel surya, beberapa foton dari cahaya diserap oleh atom semikonduktor untuk membebaskan elektron dari ikatan atomnya sehingga menjadi elektron yang bergerak bebas. Adanya perpindahan elektron-elektron inilah yang menyebabkan terjadinya arus listrik.

Karakteristik Sel Surya

Total pengeluaran listrik (Watt) dari sel surya adalah sama dengan tegangan (V) operasi dikalikan dengan arus (I) operasi. Tegangan serta arus keluaran yang dihasilkan ketika sel surya memperoleh penyinaran merupakan karakteristik yang disajikan dalam bentuk kurva I-V pada gambar 2.2. Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (*Maximum Power Point*) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum (PMPP). Tegangan di Maximum Power Point (MPP) VMPP, lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (Voc) dan arus saat MPP IMPP, adalah lebih rendah dari arus *short circuit* (Isc).

- *Short Circuit Current* (Isc) : terjadi pada suatu titik dimana tegangannya adalah nol, sehingga pada saat ini, daya keluaran adalah nol.
- *Open Circuit Voltage* (Voc) : terjadi pada suatu titik dimana arusnya adalah nol, sehingga pada saat ini pun daya keluaran adalah nol.
- *Maximum Power Point* (MPP) : adalah titik daya output maksimum, yang sering dinyatakan sebagai "knee" dari kurva I-V.



Gambar 1. Kurva karakteristik I - V (Quasching, 2005)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi energi angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi selain dipanaskan oleh matahari secara langsung, juga mendapat pemanasan oleh radiasi matahari bumi tidak homogen, maka jumlah energi matahari yang diserap dan dipancarkan kembali oleh bumi berdasarkan tempat dan waktu adalah bervariasi.

Hal ini menyebabkan perbedaan temperatur pada atmosfer, yang menyebabkan perbedaan kerapatan dan tekanan atmosfer. Udara memiliki sifat untuk selalu mencapai kesetimbangan tekanan, karena itu perbedaan kecepatan dan tekanan atmosfer ini menyebabkan udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Pada daerah yang relatif panas, partikel udara mendapat energi sehingga udara memuai. Akibat dari pemuaian ini, tekanan udara di daerah itu naik, namun kerapatan udara menjadi berkurang, sehingga berat jenis udara di tempat itu menjadi relatif kecil, akibatnya udara berekspansi ke atas dan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan di daerah yang ditinggalkannya. Daerah ini lalu diisi oleh udara dari daerah sekelilingnya yang memiliki tekanan udara dan massa jenis lebih tinggi. Udara yang berekspansi ke atas lalu mengalami penurunan suhu, sehingga terjadi penyusutan dan massa jenisnya kembali naik. Udara ini akan turun kembali di tempat lain yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Hal ini berlangsung terus menerus sepanjang waktu, sehingga pergerakan udara terus berlangsung.

Jenis-jenis turbin angin berdasarkan arah / poros perputarannya dibedakan menjadi dua jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar.



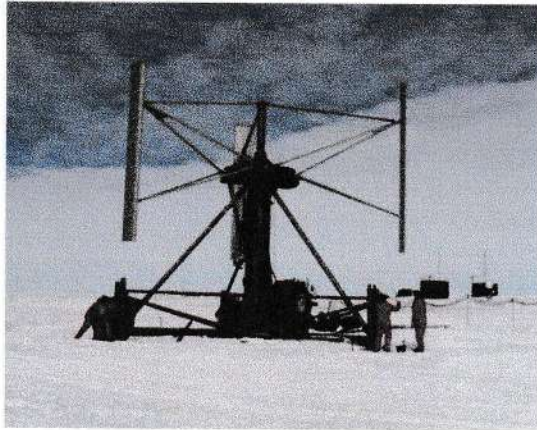
Gambar 2. Turbin Angin Sumbu Horizontal (DoE/NREL, 2009)

Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditebuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. TASV mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini

menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.



Gambar 3. Turbin Angin Sumbu Vertikal (AWI, www.awi-bremerhaven.de, 2009)

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

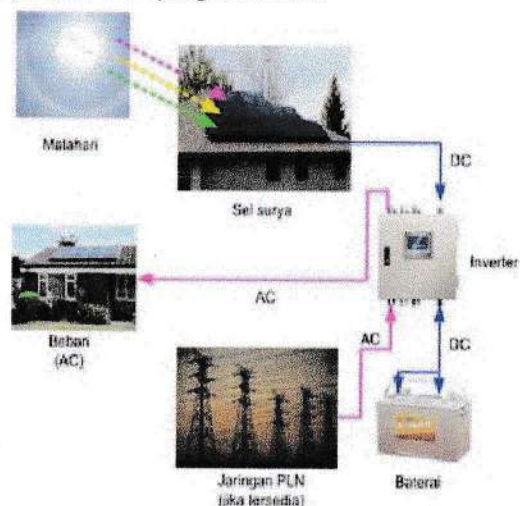
Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sesuai untuk diimplementasikan pada lokasi dimana pengeluaran bahan bakar rendah, persediaan air terbatas, minyak sangat murah dibandingkan dengan batubara dan semua beban dasarnya adalah seperti yang dapat ditangani oleh mesin pembangkit dalam kapasitas kecil, serta dapat berfungsi dalam waktu yang singkat. Kegunaan utama Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah penyedia daya listrik yang dapat berfungsi untuk pusat pembangkit, cadangan (*stand by plant*), beban puncak dan cadangan untuk keadaan darurat (*emergency*).

PLTD sebagai pembangkit tenaga listrik yang instan, saat ini paling banyak digunakan sebagai sumber pembangkitan tenaga listrik. Keunggulan PLTD antara lain adalah : memiliki daya listrik tersedia sesuai dengan

kebutuhan, secara teknis andal, memiliki layanan purna jual relatif mudah diperoleh, dan biaya investasi (Rp/kW) relatif murah. Disamping itu, PLTD juga memiliki kelemahan yaitu : biaya operasi dan pemeliharaan mahal, memerlukan transportasi penyediaan dan penyimpanan BBM, menimbulkan polusi udara, kebisingan, dan bau, memerlukan pemeliharaan rutin, dan sistem operasi tidak efisien (boros) pada kondisi beban rendah.

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Hibrid power system atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida yang disingkat PLTH adalah gabungan atau integrasi antara dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Pada umumnya pembangkit listrik berbasis energi terbarukan dalam pengoperasiannya di *hybrid* dengan pembangkit listrik berbasis energi fosil. PLTH merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN. PLTH juga merupakan solusi untuk mengatasi krisis BBM dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau-pulau kecil. Tujuan PLTH adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu dan dapat dicapai keandalan suplai, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. PLTH ini memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber primer yang dikombinasikan dengan jala-jala PLN yang sudah ada.



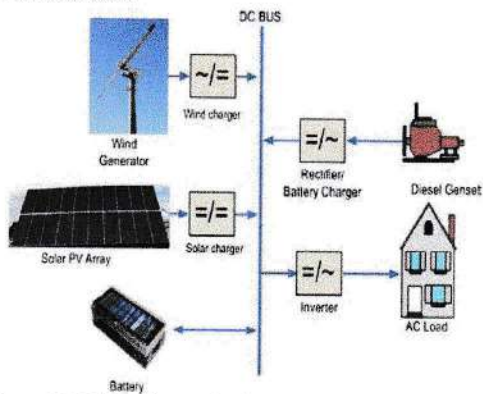
Gambar 2.27. Konfigurasi hibrida PLN dan PLTS (<http://www.azetsurya.com/info.php>)

PLTH yang memanfaatkan energi terbarukan dapat diklasifikasikan kedalam dua konfigurasi dasar, yaitu:

sistem hibrida seri dan sistem hibrida paralel (Setiawan, AA, 2006).

PLTH Sistem Seri

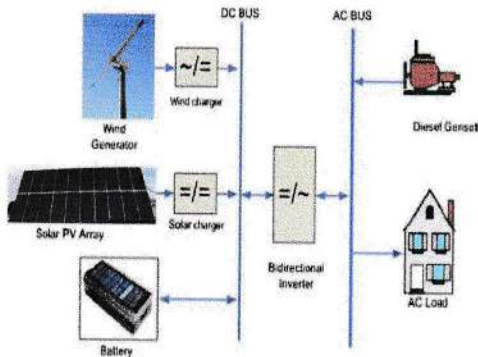
Semua pembangkit daya mensuplai daya DC kedalam baterai, setiap komponen harus dilengkapi dengan *charge controller* sendiri. Pada sistem ini, generator dan inverter harus didesain agar dapat melayani beban puncak. Pada *system* ini sejumlah besar energi yang dibangkitkan dilewatkan melalui baterai, siklus baterai bank menjadi naik dan mengurangi efisiensi sistem, daya listrik dari genset di DC kan dan diubah kembali menjadi AC sebelum disupai ke beban sehingga terjadi rugi-rugi yang signifikan. Berikut ini adalah gambar konfigurasi PLTH sistem seri.



Gambar 2.28. Konfigurasi sistem hibrida seri (Rosyid 2010)

PLTH Sistem Paralel

Pada PLTH yang menggunakan sistem ini, beban disuplai baik dari generator diesel maupun inverter secara paralel. *Bi-directional inverter* (BDI) digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC. BDI dapat mengisi baterai dari generator diesel (*AC-DC converter*) maupun sumber energi terbarukan, juga dapat beraksi sebagai *DC-AC converter*, sumber ET dihubungkan pada sisi DC.



Gambar 2.29. Konfigurasi PLTH sistem paralel (Rosyid, 2010).

Perhitungan Daya Pembangkit

Menghitung daya yang dibangkitkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Angin (PLTB)

Untuk keperluan praktis, sering dipakai rumus pendekatan sebagai berikut (Henryson, M, 2004):

$$P = k \cdot A \cdot v^3 \tag{1}$$

Dimana :

- P = Daya (W)
- K = konstanta ($1,37 \times 10^{-5}$)
- A = Luas Sudu Kipas (m^3)
- v = Kecepatan angin (km/jam)

Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS

Daya (*Wpeak*) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut (Nafeh, 2009) :

a) Menghitung Area Array (PV Area)

Luas area array diperhitungkan dengan mempergunakan rumus 3.2 sebagai berikut :

$$PV_{\text{area}} = \frac{E_t}{G_{\text{av}} \times \eta_{\text{PV}} \times TCF \times \eta_{\text{out}}} \tag{2}$$

Dimana : *E_t* adalah pemakaian energi (kWh/hari), *G_{av}* adalah insolasi harian matahari rata-rata (kWh/m²/hari), *η_{PV}* adalah efisiensi panel surya, *TCF* adalah *temperature correction factor* dan *η_{out}* adalah efisiensi inverter.

b) Menghitung daya yang dibangkitkan

Berdasarkan luas area array maka besar daya PLTS yang akan dibangkitkan, diperhitungkan dengan rumus 3.3 sebagai berikut :

$$P_{\text{Wattpeak}} = \text{area array} \times PSI \times \eta_{\text{PV}} \tag{3}$$

Dimana :

PSI (*Peak Solar Insolation*) adalah 1000 W/m², *η_{PV}* adalah efisiensi panel surya

Menghitung kapasitas komponen PLTS

a) Menghitung jumlah panel surya

Jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}} \tag{4}$$

Dimana : *P_{watt Peak}* adalah daya yang dibangkitkan (*W_p*). *PMPP* adalah daya maksimum keluaran (*output*) panel surya (*W*).

- b) Menghitung kapasitas inverter berdasarkan kapasitas beban yang harus dilayani.
- c) Menghitung jumlah baterai yang dibutuhkan, dengan menggunakan persamaan berikut (Budiman, A. 2011):

Untuk kebutuhan baterai minimum (baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan listrik hal ini untuk menjaga umur baterai lebih tahan lama).

$$\frac{\text{Kebutuhan daya (wh)}}{\text{Tegangan baterai (volt) x kapasitas baterai (Ah)}} \quad (5)$$

Untuk kebutuhan baterai dengan asumsi tidak mendapat sinar matahari selama 3 hari :

$$\frac{\text{Kebutuhan daya (wh) x 2 x 3 hari}}{\text{Tegangan baterai (volt) x kapasitas baterai (Ah)}} \quad (6)$$

Pemasangan panel surya ditentukan berdasarkan orientasi pemasangan, struktur rak penyangga dan sudut kemiringan. Biaya energi PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup. Biaya siklus hidup (LCC) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LCC = C + M_{PW} \quad (7)$$

Dimana LCC adalah Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*). C adalah biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen-komponen PLTS, biaya instalasi dan biaya lainnya misalnya biaya untuk rak penyangga dan MPW adalah biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

METODOLOGI PENELITIAN

Listrik sudah menjadi kebutuhan mendasar bagi sebagian besar masyarakat di Kabupaten Banyuasin, akan tetapi berbagai keterbatasan membuat tidak seluruh wilayah di Kabupaten Banyuasin dapat terjangkau listrik. Data Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Banyuasin tahun 2011 menunjukkan bahwa terdapat 58,27 % desa dari 304 desa/ kelurahan di Kabupaten Banyuasin yang sudah terjangkau listrik, artinya ada sekitar 41,73 % desa/kelurahan yang belum terjangkau listrik. Bahkan Kecamatan seperti: Kecamatan Rantau Bayur, Kecamatan Tungkal Ilir, Kecamatan Pulau Rimau, Kecamatan Makarti Jaya, Kecamatan Muara Telang dan beberapa kecamatan di perairan sebagian besar desa belum terjangkau listrik.

Kecamatan Rantau bayur adalah kecamatan yang memiliki jumlah penduduk sekitar 47.923 jiwa yang luas wilayahnya 593 Km² dengan jumlah 21 desa/kelurahan

yang beribu kota di Pengumbuk dengan jarak sekitar 30 Km dari ibu kota Banyuasin atau kurang lebih sekitar 80 Km dari kota Palembang. Menurut data dari Dinas Pertambangan Dan Energi Kabupaten Banyuasin tahun 2011, Dari 21 desa yang ada, hanya 5 desa di kecamatan Rantau bayur yang dapat dialiri arus listrik atau sekitar 23,81%. Sisanya sama sekali belum dapat dijangkau listrik

Dalam pengoperasian dari sistem pembangkit hibrid ini, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain :

- Karakteristik beban atau fluktuasi pemakaian energi (*load profile*) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. *Load profile* ini sangat mempengaruhi dalam penyediaan energi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara sumber energi terbarukan dan disel generator atau PLN adalah jawabannya.
- Karakteristik pembangkitan daya, khususnya dengan memperhatikan potensi energi alam yang ingin dikembangkan.
- Karakteristik kondisi alam itu sendiri, seperti pergantian siang malam, musim dan lainnya.

Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan sebagai berikut:

- Pada kondisi beban rendah, maka beban di suplai 100% dari baterai dan PV modul, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel/PLN tidak perlu dioperasikan.
- Untuk beban diatas 75% beban inverter (tergantung seting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang disyaratkan, diesel/PLN mulai beroperasi untuk mensuplai beban dan sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70-80% kapasitasnya (tergantung seting parameter). Pada kondisi ini *hybrid controller* bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai.
- Pada kondisi beban puncak baik diesel maupun inverter akan operasi dua-duanya untuk menuju paralel sistem apabila kapasitas terpasang Diesel/PLN tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas Diesel cukup untuk mensuplai beban puncak, maka inverter tidak akan beroperasi paralel dengan genset.

Semua proses kerja tersebut diatas diatur oleh *System Command Unit* yang terdapat pada *hybrid controller*. Proses control ini bukan sekedar mengaktifkan dan menonaktifkan diesel tetapi yang utama adalah pengaturan energi agar pemakaian BBM diesel menjadi efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Daya yang Dibutuhkan

Langkah pertama untuk merancang sistem PLTH adalah mengetahui kapasitas daya yang dibutuhkan dengan mengumpulkan data jumlah bangunan yang terdapat di Dusun I Desa Sungai Naik adalah 145 bangunan termasuk fasilitas umum. Bangunan tersebut terdiri dari:

- 142 unit rumah penduduk, 1 unit rumah membutuhkan daya 220 VA.
- 1 unit masjid membutuhkan daya 440 VA
- 1 unit gedung Sekolah Dasar (SD) membutuhkan daya 440 VA
- 1 unit puskesmas membutuhkan daya 440 VA

dari keseluruhan data diatas dapat dihitung total beban di desa tersebut yaitu sebesar $32.560 \text{ VA} = 32,560 \text{ kVA} = 26,048 \text{ kW} = 26.048 \text{ Watt}$. Sehingga Estimasi daya yang dibangkitkan yaitu sekitar 30.000 Watt atau $37,5 \text{ KVA}$. Dengan pemakaian beban untuk pembangkit PLTS yaitu 11 jam per hari.

Pemilihan Jenis Generator

Berdasarkan besarnya daya yang dibangkitkan untuk daya P adalah sebesar $37,50 \text{ kVA}$ dapat ditentukan parameter – parameter generator sebagai berikut :

Phasa	: 3 phasa
Frekuensi	: 50 Hz
Cos φ	: 0,8
Efisiensi η	: 0,8
Jumlah kutub	: 4 kutub

Tegangan pembangkitan IS : 380 – 440 Volt, mesin terhubung Y, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Arus } (I_G) &= \frac{\text{KVA}}{\text{KV}\sqrt{3}} \\ &= \frac{37,5}{0,38 \text{ KV} \times 1,732} = 57 \text{ A} \end{aligned}$$

Panjang Penghantar ⁽¹⁵⁾

Panjang penghantar yang dibutuhkan untuk tiap – tiap jurusan, ditentukan faktor toleransi sebagai lendutan adalah sebesar $\pm 5\%$.

Untuk Jurusan Dusun I

$$\begin{aligned} \text{Panjang lendutan} &= \text{Panjang Penghantar} \times 5 \% \\ &= 1500 \text{ m} \times 5 \% = 75 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, panjang penghantar tiap jurusan

$$= \text{Panjang penghantar} + \text{Panjang lendutan}$$

$$= 1500 \text{ m} + 75 \text{ m} = 1575 \text{ m}$$

Perhitungan Jumlah Tiang TR

Setelah mengetahui jarak tiap – tiap jurusan maka dapat dihitung jumlah tiang untuk jurusan pada daerah perencanaan. Dimana standar jarak tiang TR dari PLN adalah ± 50 meter. Akan tetapi, jauh lebih handal jika jarak antara tiang ± 35 meter.

Data Daerah Perencanaan

Data daerah perencanaan adalah meliputi data jumlah pelanggan atau konsumen, total daya tersambung dan peta daerah perencanaan.

Jumlah Pelanggan

Adapun jumlah penduduk di Dusun I Desa Sungai Naik adalah 1607 jiwa yang terdiri dari 508 Kepala Keluarga (KK). Dusun I Desa Sungai Naik terdiri dari pemukiman, pertanian, perkebunan, perdagangan, dan berbagai infrastruktur yang menunjang demi kemajuan Desa tersebut diantaranya sudah adanya fasilitas pendidikan yang berupa bangunan SD, fasilitas tempat ibadah dan gedung perangkat Desa yang semua ini memerlukan listrik sebagai fasilitas penerangan maupun sebagai fasilitas pendukung lainnya.

Maka dari hasil survei yang telah dilaksanakan akan dilakukan perencanaan sistem distribusi tenaga listrik pada Dusun I Desa sungai naik dimana jumlah rumah calon pelanggan berjumlah 142 rumah ditambah 3 fasilitas umum, dengan perkiraan pengelompokan beban sebagai berikut :

1. Beban rumah penduduk diasumsikan menggunakan Daya 220 VA.
2. Beban untuk fasilitas umum seperti: masjid, Puskesmas, dan Sekolah Dasar diasumsikan menggunakan Daya 440 Watt.

Menghitung daya yang dibangkitkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Angin (PLTB)

Dari hasil pengamatan, didapatkan rata-rata kecepatan angin dari bulan September - April 2018 adalah sebesar $4,5635 \text{ m/s}$. Maka dapat dihitung daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTB dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} P &= k \cdot A \cdot v^3 \\ &= 1,37 \times 10^{-5} \cdot 254 \text{ m}^2 \times (4,5635)^3 \text{ m/s} \\ &= 33.071 \times 10^{-5} \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil daya yang dibangkitkan tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin di dusun I desa sungai naik sangat kecil maka pembangkit listrik tenaga angin diabaikan.

Perhitungan Energi Listrik yang akan Disuplai dari PLTS

PLTS yang akan dikembangkan di Dusun I Desa Sungai Naik kecamatan Rantau Bayur Kabupaten Banyuasin Sumsel direncanakan untuk mensuplai energi listrik sebesar 50% dari pemakaian energi listrik rata-rata dalam rentang waktu 11 jam per hari. Dari total daya yang dibutuhkan dan dikalikan dengan 11 jam pemakaian beban per hari maka didapatkan estimasi pemakaian energi listrik di desa sungai naik yaitu 330 kwh.

Sehingga besar pemakaian energi listrik Dusun I Desa Sungai Naik kecamatan Rantau Bayur Kabupaten Banyuasin Sumsel dalam rentang waktu 11 jam per hari yang akan disuplai oleh PLTS adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} EL &= 50\% \times \text{Pemakaian energi listrik desa sungai naik} \\ &= 50\% \times 330 \text{ kWh} = 165 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya yang Dibangkitkan PLTS (Watt peak)

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Watt peak) dapat dihitung dengan persamaan $P \text{ Watt peak} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \text{npv}$, dengan area array adalah 367,14 m², Peak Sun Insolation (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya adalah 12% maka :

$$\begin{aligned} P \text{ (Watt peak)} &= 367,14 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,12 \\ &= 44.056 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS

Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang akan digunakan memiliki spesifikasi PMPP sebesar 100 W per panel. Sehingga berdasarkan spesifikasi tersebut maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel Surya} &= \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}} \\ &= \frac{44.056}{100W} \\ &= 440 \text{ panel surya} \end{aligned}$$

PWatt peak PLTS yang akan dikembangkan dengan jumlah panel surya sebanyak 440 panel adalah sebesar :

$$\begin{aligned} P \text{ watt peak} &= \text{PMPP} \times \text{Jumlah Panel Surya} \\ &= 100 \text{ W} \times 440 \\ &= 44.000 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

Dari nilai PWatt peak sebesar 44.000 W maka luas area array dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Area PLTS} &= \frac{P_{\text{wattpeak}}}{\text{PSI} \times \eta_{\text{PV}}} \\ &= \frac{44.000W}{1000w/m^2 \times 0,12} \\ &= 366 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Baterai

Untuk kebutuhan baterai minimum atau penggunaan sebesar 50% untuk pemenuhan listrik, hal ini untuk menjaga umur baterai lebih tahan lama. Untuk menghitung jumlah baterai yang dibutuhkan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum \text{baterai} &= \frac{\text{Kebutuhan daya (Wh)}}{\text{Tegangan baterai (V)} \times \text{kapasitas baterai (Ah)}} \\ &= \frac{30.000 \text{ watt} \times 11 \text{ jam}}{12 \text{ V} \times 150 \text{ Ah}} \\ &= \frac{330.000}{1800 \text{ Ah}} \\ &= 183 \text{ baterai } 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk kondisi selama 3 hari tidak mendapatkan sinar matahari, maka jumlah baterai yang diperlukan adalah sebanyak 550 baterai 150 Ah.

Perhitungan Kapasitas Inverter

Pada pemilihan inverter, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal. PLTS yang akan dikembangkan di Dusun I Desa sungai naik dibagi menjadi 3 sistem satu fasa dengan PMPP adalah sebesar 7.200 W. Inverter Sunny Mini Central (SMC) dipergunakan sebagai acuan pada pemilihan inverter untuk penelitian ini. Inverter SMC adalah salah satu jenis inverter true sine wave yang umumnya dipergunakan untuk PLTS yang hybrid dengan grid (jaringan listrik). Berdasarkan besar kapasitas daya yang harus dilayani maka dalam penelitian ini akan dipilih inverter SMC 8000 TL yang data tekniknya dapat dilihat pada tabel 4.3. Inverter SMC 8000 TL adalah inverter yang dapat dipergunakan untuk PLTS mulai dari kapasitas menengah (18 kWp) sampai kapasitas besar (Megawatt).

Pemilihan Jenis Generator

Tegangan pembangkitan IS : 380 – 440 Volt, mesin terhubung Y, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Arus (I}_G) &= \frac{\text{KVA}}{\text{KV}\sqrt{3}} \\ &= \frac{37,5}{0,38\text{KV} (1,732)} \\ &= 57 \text{ A} \end{aligned}$$

Tabel 1. Tiga Jenis Pembangkit Beserta Kapasitasnya.

Jenis Pembangkit	Kapasitas masing-masing Pembangkit	Yang Direncanakan
PLTS	P(Watt peak) = 367,14 m ² x 1000 W/m ² x 0,12 = 44.000 Wp	44.056 Wp
PLTB	P = KxAx V ³ = 1,37 x 10 ⁻⁵ x 254 x 5,95 x (4,5635) = 33.071 x 10 ⁻⁵ W	Kecepatan Angin sangat rendah
PLTD	26.048 W / 32,560 kVA	37,5 kVA

Keterangan : Untuk penggunaan PLTB di dusun I desa sungai naik tidak optimal karena kecepatan angin yang rendah berdasarkan data yang didapat dari kecepatan angin BMKG Kenten Palembang.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis didapatkan kesimpulan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) yang optimal untuk dusun I Desa Sungai Naik Kecamatan Rantau Bayur adalah terdiri dari kombinasi antara PLTS - PLTD. Di Dusun I desa sungai naik Kecamatan Rantau Bayur bisa diterapkan pembangkit listrik tenaga hibrida terpusat karena jarak antar rumah penduduk saling berdekatan atau rapat dengan total Kapasitas daya pembangkit yang direncanakan adalah 70,06 kVA.

DAFTAR PUSTAKA

- Herlina, et al (2009). Energy efficiency and optimization of hybrid power system configuration in Sebesi Island (Krakatau Conservation Area). Proc. of National Seminar on Applied Technology, Science, and Art (APTECS). Institut Teknologi Surabaya.
- Muthia. P.Z, et al (2013). Analisis Biaya Pembangkitan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Untuk Daerah Terisolasi. Prosiding Seminar Nasional Added Value on Energy Resources(AVoER). Universitas Sriwijaya. Palembang.

- Ouaschning, V. 2005. Understanding Renewable Energy Systems. Earthscan London
- Setiawan, A.A., Nayar, C.H. (2006). Design of Hybrid Power System for a Remote Island in Maldives. Department of Electrical and Computer Engineering Curtin University of Technology. Australia.
- Rosyid, O.A. 2010. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hibrida Untuk Listrik Pedesaan di Indonesia. Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 1. No.1: 31
- Henryson, M., Svensson, M. (2004). Renewable Power for the Swedish Antarctic Station Wasa. SWEDARP, Swedish Polar Research. Department of Energy Technology Stockholm, Sweden.
- Nafeh, A.E.A. 2009. Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt. The Open Renewable Energy Journal 2 : 33-37
- Budiman, Arief. Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk memenuhi kebutuhan Listrik di dusun I kemang Desa Muara Kuis Kecamatan ulu Rawas Kabupaten Musi Rawas Sumsel. Inderalaya. Universitas Sriwijaya.2011