



Myson¹

KONSERVASI ENERGI SEBAGAI PILAR MANAJEMEN ENERGI NASIONAL

Abstrak

Harga minyak mentah dunia yang mulai melambung tinggi lagi akhir-akhir ini, hingga mendekati kisaran US\$ 90, mengakibatkan biaya operasi pembangkit listrik yang berbahan bakar solar meningkat drastis. Mengingat porsi biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik adalah antara 60% sampai dengan 80% (tergantung jenis pembangkit listriknya) dari biaya operasi. Untuk itu perlu upaya mengganti sesegera mungkin pembangkit yang berbahan bakar solar dengan pembangkit yang berbahan bakar batu bara. Hal itu mengingat bahwa cadangan energi batubara di Indonesia cukup besar sehingga kontinuitas supply batubara dapat dijamin untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar selama umur pakai PLTU (30 tahun). Harga batubara Internasional jauh lebih murah daripada harga minyak solar Internasional maka PLTU batubara menjadi alternative yang sangat baik untuk pengganti PLTU minyak solar. Meskipun biaya investasi dan operasi PLTU batubara lebih besar daripada PLTU minyak namun mengingat biaya yang dominant adalah bahan bakar maka total biaya PLTU batubar masih jauh lebih murah daripada PLTU minyak.

Kata Kunci: Pembangkit, Bahan Bakar Solar, Batubara

Abstract

The world crude oil price has started to soar again recently, approaching the range of US\$ 90, causing the operating costs of diesel-fueled power plants to increase drastically. Given that the portion of fuel costs for power plants is between 60% and 80% (depending on the type of power plant) of the operating costs. For this reason, efforts are needed to replace diesel-fueled power plants with coal-fueled power plants as soon as possible. This is because coal energy reserves in Indonesia are quite large so that the continuity of coal supply can be guaranteed to meet fuel needs during the service life of the PLTU (30 years). The international price of coal is much cheaper than the international price of diesel oil, so coal-fired power plants are a very good alternative to replace diesel-fueled power plants. Although the investment and operating costs of coal-fired power plants are greater than oil-fired power plants, considering that the dominant cost is fuel, the total cost of coal-fired power plants is still much cheaper than oil-fired power plants.

Keywords: Power Plant, Diesel Fuel, Coal

PENDAHULUAN

Harga minyak mentah dunia yang mulai melambung tinggi lagi akhir-akhir ini, hingga mendekati kisaran US\$ 90, mengakibatkan biaya operasi pembangkit listrik yang berbahan bakar solar meningkat drastis. Mengingat porsi biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik adalah antara 60% sampai dengan 80% (tergantung jenis pembangkit listriknya) dari biaya operasi, kenaikan harga minyak mentah tersebut, yang mengakibatkan kenaikan harga Bahan Bakar Minyak (BBM), telah mengakibatkan membengkaknya biaya produksi pembangkit listrik. Kenaikan biaya operasi tersebut tidak tertutupi lagi oleh tarif listrik yang berlaku saat ini, dengan kata lain biaya produksi listrik lebih tinggi dari pada harga jualnya (Yati et al., 2024) dan (Suratno et al., 2018).

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, tindakan yang dapat dilakukan untuk membantu, jika tidak ingin dikatakan menyelamatkan, kelistrikan nasional adalah: 1) Menaikkan tarif dasar listrik, 2) Menaikkan subsidi kelistrikan oleh Pemerintah, 3) Mencari alternatif energi murah yang lain.

Alternatif a sulit dilaksanakan karena akan mengakibatkan inflasi naik dan daya saing investasi menurun sehingga daya beli masyarakat turun dan investor tidak tertarik untuk menanamkan modalnya, bahkan besar kemungkinan investor yang ada akan memindahkan modalnya ke tempat lain yang lebih kondusif. Kondisi ini akan mengakibatkan usaha di sektor riil menurun dan pengangguran serta penduduk miskin meningkat.

Alternatif b juga akan sangat sulit dilaksanakan, karena pemerintah tidak punya cukup uang untuk memberikan subsidi, mengingat anggaran pemerintah saat ini sebagian besar untuk membayar kewajiban cicilan hutang Indonesia.

Alternatif c inilah yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan, mengingat Indonesia masih punya energi lain selain minyak yang dapat dimanfaatkan, seperti batubara, gas, air, panas bumi, matahari dan lain-lain.

Dalam pembangunan pembangkit listrik, ada beberapa aspek yang harus diperhitungkan seperti kesinambungan penyediaan energi, kecenderungan harga energi internasional (mengingat kebijakan energi nasional mengacu pada harga internasional), teknologi yang telah dikuasai dan kelayakan biaya investasi serta operasi. Mengingat persediaan batubara yang cukup banyak dan penguasaan teknologi yang cukup lama, pembangkit listrik berbahan bakar batubara adalah alternatif yang paling menarik untuk menggantikan pembangkit listrik berbahan bakar minyak. Selanjutnya dalam tulisan ini akan dibuat perbandingan biaya pemakaian bahan bakar batubara dan minyak pada pembangkit listrik.

Pada sistem kelistrikan interkoneksi, biasanya menggunakan mesin pembangkit dengan kapasitas yang cukup besar, karena lebih efisien. Sedangkan untuk beban dasar biasanya digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Turbin uap adalah jenis mesin rotary, yang biasanya lebih handal dibandingkan dengan jenis mesin reciprocating, seperti mesin diesel. Selain itu turbin uap juga lebih efisien dibanding turbin gas. Sehingga dalam pembahasan ini perbandingan yang dilakukan adalah untuk Pembangkit listrik Tenaga Uap dan dibatasi hanya sampai biaya yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik di keluaran generator.

Sedangkan aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan biaya pembangkitan listrik ini adalah sebagai berikut: 1) Ketersediaan sumber energi yang cukup, 2) Biaya pengembalian modal, 3) Biaya operasi dan pemeliharaan, 4) Harga bahan bakar.

Untuk melakukan perbandingan pemakaian energi, seperti diuraikan dalam latar belakang masalah, perlu suatu pemahaman sistem pembangkit yang diperlukan untuk masing-masing jenis bahan bakar, sehingga dapat dilakukan perkiraan biaya-biaya investasi dan operasi yang akan timbul (Budiningtyas & Hutabarat, 2024).

Dengan pemahaman sistem pembangkit dan kecenderungan harga bahan bakar minyak serta batubara diharapkan didapat suatu gambaran yang lengkap dalam menentukan pilihan bahan bakar yang paling ekonomis untuk pembangkit listrik, sehingga dapat mengurangi biaya produksi tenaga listrik.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mencari data dari literatur yang ada baik itu dari perpustakaan maupun juga dari internet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak Bumi

Bangsa Indonesia mengenal, menghasilkan dan memanfaatkan minyak bumi sudah sejak zaman kolonial dulu. Peningkatan pemakaian BBM (Bahan Bakar Minyak) di dalam negeri pun terus meningkat bukan hanya sebagai bahan bakar tetapi juga untuk kebutuhan industri sebagai bahan baku. Kegiatan eksplorasi minyak bumi dan produksi minyak bumi dilakukan besar – besaran sejak 30 tahun lalu. Hasilnya, jumlah cadangan terbukti meningkat dari sekitar dua miliar barel (1970) menjadi lima miliar barel (1980-an). Bahkan sampai dekade 1990 – sekarang pun masih terus terjadi penemuan cadangan baru.

Sebagian besar BBM di Indonesia dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk transportasi, pembangkit tenaga listrik, dan industri. Pemanfaatan kalori yang dihasilkan dalam pembakaran combustion engine dengan teknologi yang tersedia, maksimum hanya mencapai 35%. Lebih dari setengah cadangan minyak bumi Indonesia terletak di Sumatera bagian tengah, yaitu lapangan minyak di Riau (Duri, Minas, Zamrud). Daerah lain yang cukup gemuk dengan cadangan minyak buminya adalah Sumatera bagian selatan khususnya Sumatera Selatan, Jawa Barat bagian utara dan Kalimantan Timur.

Produksi minyak bumi Indonesia pada akhir 1970-an mencapai 600 juta barel per tahun. Tetapi dalam 10 tahun terakhir ini, sekitar 565 juta barel per tahun. Menurun karena terjadinya ketidakstabilan keamanan di beberapa daerah. Melihat perkembangan volume produksi selama 30 tahun terakhir dan juga ketersediaan cadangan yang ada, tampaknya produksi minyak bumi Indonesia sudah mencapai kapasitas maksimumnya. Bahkan cenderung menurun pada tahun – tahun mendatang. Padahal permintaan BBM justru akan terus meningkat. Apabila produksi dapat dipertahankan sebesar 550 juta barel dalam setahun, dan permintaan produk kilang domestik tumbuh 5% per tahun, maka dapat diperkirakan 10 tahun mendatang ini Indonesia akan menjadi net oil importer, yaitu masa ketika minyak bumi tidak bisa lagi diharapkan sebagai income negara. Ada dua cara untuk menunda masa – masa itu pertama, meningkatkan kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan yang kedua mengurangi laju pemakaian BBM domestik.

Sejarah Batubara Sebagai Sumber Energi.

Pada pertengahan abad 20, batubara merupakan sumber energi dunia yang dominan. Namun karena prospek penyediaan energi dari minyak dan nuklir cukup menjanjikan, pergeseran sumber energi dari batubara tak terelakan lagi. Tetapi mulai sekitar tahun 1970 an, terjadi perubahan sikap yang cukup dramatis, karena meningkatnya harga minyak dan penolakan rencana pemanfaatan energi nuklir. Hal ini mengakibatkan perubahan anggapan umum bahwa batubara kembali dapat memberikan kontribusi jangka panjang di sektor energi. Bersamaan dengan hal tersebut, muncul ketertarikan baru dari teknologi batubara, terutama dalam cara penggunaannya dengan efisiensi yang lebih besar, lebih ramah terhadap lingkungan dan kemampuan yang lebih besar dari sebelumnya. Demikian juga dengan cadangan yang besar dari batubara dunia memastikan bahwa pada era berikutnya dimana cadangan energi minyak menipis, sumber energi batubara menjadi krusial.

Pertumbuhan ekonomi di dunia industri selama tiga dekade terakhir adalah dengan dasar minyak dan gas, sehingga infrastruktur dan standar lingkungan sangat dipengaruhi oleh teknologi yang ada untuk bahan bakar ini. Substitusi dengan batubara memerlukan suatu teknologi untuk menyesuakannya dengan infrastruktur yang ada. Perkembangan teknologi untuk menyesuaikan batubara dengan infrastruktur bahan bakar minyak telah berkembang pesat saat ini, bahkan dalam skala komersial. Dengan persediaan yang besar batubara dimasa depan akan lebih berperan lagi, akibatnya ketersediaan batubara di pasar akan lebih terjamin. Walaupun demikian perlu dicermati kemungkinan kenaikan harga batubara, mengingat permintaan pasar yang akan membesar juga.

Teori Terbentuknya Batubara

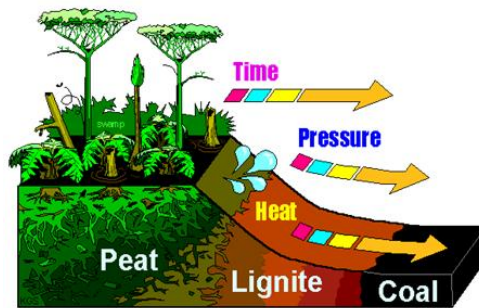
Batubara adalah sisa tumbuhan dari jaman prasejarah yang berubah bentuk yang awalnya berakumulasi di rawa dan lahan gambut. Batu bara adalah bahan bakar fosil dan dapat terbakar. Batubara terbentuk dari endapan, bahan organik yang terutama terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batu bara terbentuk dari tumbuhan yang telah terkonsolidasi antara strata batuan lainnya dan diubah oleh kombinasi pengaruh tekanan dan panas selama jutaan tahun sehingga membentuk lapisan batu bara.

Penimbunan lanau dan sedimen lainnya, bersama dengan pergeseran kerak bumi (dikenal sebagai pergeseran tektonik) mengubur rawa dan gambut yang seringkali sampai ke kedalaman yang sangat dalam. Dengan penimbunan tersebut, material tumbuhan tersebut terkena suhu dan tekanan yang tinggi. Suhu dan tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan tumbuhan tersebut mengalami proses perubahan fisika dan kimiawi dan mengubah tumbuhan tersebut menjadi gambut dan kemudian batu bara.

Pembentukan batubara dimulai sejak Carboni ferrous Period (Periode Pembentukan Karbon atau Batu Bara)– dikenal sebagai zaman batu bara pertama yang berlangsung antara 360

juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batu bara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai ‘maturitas organik’.

Proses pembentukan batubara dapat digambarkan seperti gambar di berikut ini



Gambar 1. Pembentukan Batubara

Proses awalnya gambut berubah menjadi lignite (batu bara muda) atau ‘brown coal (batu bara coklat)’ – Ini adalah batu bara dengan jenis maturitas organik rendah. Dibandingkan dengan batu bara jenis lainnya, batubara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat sampai kecoklat-coklatan. Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batubara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batu bara ‘sub-bitumen’. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batu bara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan membentuk ‘bitumen’ atau ‘antrasit’. Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit. Proses pembatubaraan atau karbonisasi terjadi 2 tahap: 1) Biokimia (diagenetik), 2) Geokimia (Metamorfosis)

Pengolahan Batubara

Batu bara yang langsung diambil dari bawah tanah, disebut batu bara tertambang run-of-mine (ROM), seringkali memiliki kandungan campuran yang tidak diinginkan seperti batu dan lumpur dan berbentuk pecahan dengan berbagai ukuran. Namun demikian pengguna batu bara membutuhkan batu bara dengan mutu yang konsisten. Pengolahan batu bara – juga disebut pencucian batu bara (“coal beneficiation” atau “coal washing”) mengarah pada penanganan batu bara tertambang (ROM Coal) untuk menjamin mutu yang konsisten dan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna akhir tertentu. Pengolahan tersebut tergantung pada kandungan batu bara dan tujuan penggunaannya. Batu bara tersebut mungkin hanya memerlukan pemecahan sederhana atau mungkin memerlukan proses pengolahan yang kompleks untuk mengurangi kandungan campuran.

Untuk menghilangkan kandungan campuran, batu bara tertambang mentah dipecahkan dan kemudian dipisahkan ke dalam pecahan dalam berbagai ukuran. Pecahan-pecahan yang lebih besar biasanya diolah dengan menggunakan metode ‘pemisahan media padatan’. Dalam proses demikian, batu bara dipisahkan dari kandungan campuran lainnya dengan diapungkan dalam suatu tangki berisi cairan dengan gravitasi tertentu, biasanya suatu bahan berbentuk magnetit tanah halus. Setelah batu bara menjadi ringan, batu bara tersebut akan mengapung dan dapat dipisahkan, sementara batuan dan kandungan campuran lainnya yang lebih berat akan tenggelam dan dibuang sebagai limbah. Pecahan yang lebih kecil diolah dengan melakukan sejumlah cara, biasanya berdasarkan perbedaan kepadatannya seperti dalam mesin sentrifugal. Mesin sentrifugal adalah mesin yang memutar suatu wadah dengan sangat cepat, sehingga memisahkan benda padat dan benda cair yang berada di dalam wadah tersebut.

Metode alternatif menggunakan kandungan permukaan yang berbeda dari batu bara dan limbah. Dalam ‘pengapungan berbuih’, partikel-partikel batu bara dipisahkan dalam buih yang dihasilkan oleh udara yang ditiupkan ke dalam rendaman air yang mengandung reagen kimia. Buih-buih tersebut akan menarik batu bara tapi tidak menarik limbah dan kemudian buih-buih tersebut dibuang untuk mendapatkan batu bara halus. Perkembangan teknologi belakangan ini telah membantu meningkatkan perolehan materi batu bara yang sangat baik.

Cara pengangkutan batu bara ke tempat batu bara tersebut akan digunakan tergantung pada jaraknya. Untuk jarak dekat, batu bara umumnya diangkut dengan menggunakan ban berjalan atau truk. Untuk jarak yang lebih jauh di dalam pasar dalam negeri, batu bara diangkut dengan menggunakan kereta api atau tongkang atau dengan alternatif lain dimana batu bara dicampur dengan air untuk membentuk bubur batu dan diangkut melalui jaringan pipa. Kapal laut umumnya digunakan untuk pengangkutan internasional dalam ukuran berkisar dari Handymax (40-60,000 DWT), Panamax (about 60-80,000 DWT)

Pembakaran batubara yang dihaluskan

Kebanyakan pembangkit tenaga listrik tenaga uap di Indonesia menggunakan metode pembakaran batubara yang dihaluskan (pulverized – coal firing). Karena hal ini menggunakan konstruksi yang besar, efisien dan handal. Alur pikir penghalusan batubara didasarkan pada apabila batubara dibuat cukup halus akan terbakar dengan mudah dan efisien seperti gas.

Untuk membakar batubara, yang telah dihaluskan, dalam tungku diperlukan dua persyaratan yaitu, (1) Jumlah partikel batubara yang halus, untuk memastikan pembakaran awal yang bagus, perlu diperhatikan rasio luas permukaan batubara terhadap volume. (2) Adanya sejumlah minimum partikel – partikel yang halus untuk memastikan efisiensi pembakaran yang tinggi, biasanya dengan ukuran 50 mesh, karena terlalu banyak partikel kasar akan menyebabkan timbulnya kerak dan efisiensi pembakaran berkurang. Ukuran tipikal untuk batubara yang dihaluskan, sekitar 80% batubara melewati 200 mesh screen (sekitar 0,074 mm) dan sekitar 99,99% melewati 50 mesh screen (0,297 mm), yaitu hanya 0,1% lebih besar daripada 0,297 mm.

Batubara biasanya dikirim ke pembangkit ukurannya sesuai dengan spesifikasi penghalus. Jika ukuran batubara lebih besar harus dikecilkan dengan crusher, yang merupakan bagian dari sistem pengangkut batubara dan biasanya di tempatkan pada crusher house di suatu titik yang paling baik dari sistem pengangkut.

Komposisi Batubara

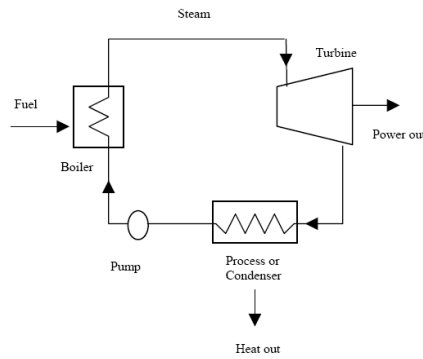
Sebagai bahan tambang batubara mengandung tiga komponen, yaitu kandungan air (moisture), bahan mineral (mineral matter) dan batubara bebas bahan mineral, kering (dry, mineral-matter-free coal). Kandungan air dalam batubara ada yang diistilahkan kandungan air bebas, yang dapat dihilangkan dengan pengeringan di udara. Sisanya adalah kandungan air yang melekat (inherent); yang jumlahnya bervariasi sesuai dengan jenis batubara, tetapi umumnya lebih kecil dari 10%.

Bahan mineral dalam batubara ada dua macam. Mineral dalam bentuk partikel diskret (contohnya, batas lapisan atau intermediate “dirt bands”) dan sebagian besar dapat dihilangkan dengan teknik pencucian biasa. Selain itu, batubara juga mengandung bahan mineral yang melekat (inherent) yang sangat halus (ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 0,1 mm) dan tersebar di seluruh substansi batubara, sehingga pembuangan dengan pencucian hanya mungkin sampai dengan batas tertentu saja. Jenis dan sifat-sifat bahan mineral ini bergantung pada lokasi dan cara penambangan. Kandungan bahan mineral yang melekat biasanya kurang dari 10%, walaupun ada beberapa yang mencapai 30%.

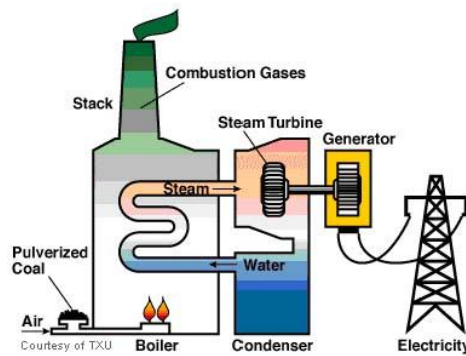
Batubara bebas bahan mineral, kering (dry, mineral-matter-free coal) adalah istilah untuk substansi batubara organik murni. batubara bebas bahan mineral, kering mengandung terutama elemen-elemen carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen dan sulphur.

Proses Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Siklus termodinamika dari turbin uap adalah siklus Rankine. Pada siklus ini air dipompakan sehingga bertekanan tinggi, kemudian dipanaskan pada temperature diatas titik didihnya. Selanjutnya uap bertekanan tinggi ini di “Expand” pada suatu turbin multi tingkat menjadi uap bertekanan rendah dan didinginkan pada suatu kondensor dalam kondisi vakum. Air kondensat dari kondensor kembali ke pompa sehingga terjadi siklus tertutup. Secara umum diagram sistem pembangkit listrik tenaga uap adalah seperti gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Uap



Gambar 3. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Gambar 3 memperlihatkan siklus Rankine ideal pada diagram P - V dan T - S. Garis kurva sebelah kiri titik kritis pada kedua diagram adalah loci dari titik cair jenuh dan garis cair jenuh. Daerah sebelah kirinya adalah daerah cair sub dingin. Garis kurva sebelah kanan dari titik kritis adalah loci dari titik uap jenuh dan garis uap jenuh. Daerah sebelah kanan dari garis ini adalah daerah suer panas. Daerah dibawah kuba menggambarkan daerah campuran dua fasa (Cair - Uap), kadang - kadang disebut juga daerah basah.

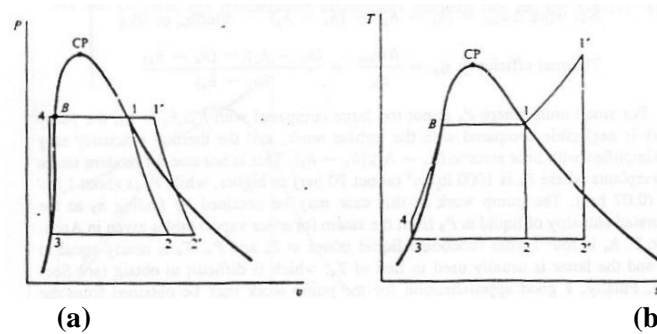
Siklus 1 - 2 - 3 - 4 - B - 1 adalah siklus Rankine jenuh, dimana uap jenuh masuk kedalam turbin. Siklus 1` - 2` - 3 - 4 - B - 1` adalah siklus Rankine super panas, dimana uap super panas masuk kedalam turbin. Siklus ini akan menjadi reversible setelah mengalami proses sebagai berikut :

1 - 2 atau 1` - 2` : Expansi reversible adiabatic melalui turbin. Uap yang keluar pada 2 atau 2` biasanya dalam daerah dua fasa.

2 - 3 atau 2` - 3 : Temperatur konstan dan, menjadi proses campuran dua fasa, pembuangan panas pada temperature konstan didalam kondensor.

3 - 4 : Kompresi reversible adiabatic oleh pompa cairan jenuh pada tekanan kondensor, 3, ke cairan sub dingin pada tekanan pembangkit uap, 4. Garis 3 - 4 adalah vertical baik pada diagram P - V maupun T - S karena cairan ini pada dasarnya incompressible dan pompa adalah reversible adiabatic.

4 - 1 atau 4 - 1` : Penambahan panas pada tekanan konstan dalam pembangkit uap. Garis 4 - B - 1 - 1` adalah garis tekanan konstan pada kedua diagram. Porsi 4 - B dalam pembangkit uap disebut juga economizer. Porsi B - 1 menggambarkan pemanasan cairan jenuh menjadi uap jenuh pada tekanan dan temperature konstan, dan bagian B - 1 dalm pembangkit uap disebut juga boiler atau evaporator. Porsi 1 - 1`, dalam siklus super panas, menggambarkan pemanasan uap jenuh pada 1 - 1`. Bagian 1 - 1` dalam pembangkit uap disebut juga superheater.



Gambar 4: Siklus Rankine ideal (a) P – V dan (b) T – S. 1-2-3-4-B-1 = Siklus Jenuh. 1'-2'-3-4-B-1' = Siklus superpanas. CP = Critical Point (Titik Kritis)

Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbahan Bakar Minyak Solar dengan Batubara

Perbedaan utama pada PLTU berbahan bakar minyak solar dan batubara adalah pada ukuran boiler, sistem umpan bahan bakar, penanganan abu sisa pembakaran dan luas lahan yang diperlukan. Boiler dengan bahan bakar batubara lebih besar dari dengan bahan bakar minyak. Hal ini karena waktu untuk mencapai pembakaran yang sempurna dari batubara memerlukan waktu yang lebih lama, sehingga luas permukaan perpindahan panas pada boiler harus lebih luas.

Batubara tidak bisa langsung dibakar di dalam boiler, sebelumnya harus dihaluskan terlebih dahulu, peralatan penghalus ini biasanya disebut Pulverizer. Setelah itu batubara yang telah dihaluskan disaring, sehingga hanya batubara dengan besar butir tertentu yang dihembuskan kedalam boiler. Selain itu tempat penyimpanan batubara memerlukan lahan yang luas dan memerlukan sistem pengangkutan (coal handling) dari tempat penyimpanan ke Pulverizer, yang biasanya menggunakan belt conveyer.

Abu sisa pembakaran batubara yang terkandung dalam gas buang jumlahnya cukup banyak, untuk menangkap abu batubara tersebut memerlukan peralatan sendiri, dan biasanya menggunakan Precipitator. Selain itu karena jumlahnya cukup banyak, diperlukan lahan dan cara penanganan abu batubara secara tersendiri, sehingga perlu diperhitungkan sebagai tambahan dalam biaya operasi.

Komponen Biaya Pembangkit Tenaga Listrik

Dalam memperkirakan biaya pembangkitan tenaga listrik ada beberapa aspek yang perlu dikaji, yaitu: 1) Biaya pengembalian modal (Capital Recovery Cost), 2) Biaya tetap operasi (Operational Fixed Cost), 3) Biaya tidak tetap operasi (Operational Variable Cost), 4) Biaya pemakian bahan bakar (Fuel Cost)

Untuk memperoleh gambaran lengkap mengenai toal biaya yang diperlukan hal-hal tersebut perlu diperhatikan. Selanjutnya biaya pembangkit listrik biasanya di tulis dalam bentuk Rp / kWh, mengingat penjualan tenaga listrik kepada pelanggan didasarkan pada kWh., sehingga memudahkan perbandingan antara Harga Pokok Produksi dengan Harga Penjualan.

Biaya Investasi (Investment Cost)

Pada dasarnya biaya pengembalian modal ini tergantung pada besarnya investasi yang akan ditanamkan dan perkiraan umur ekonomis PLTU. Seperti diuraikan di atas, bahwa PLTU Batubara memerlukan beberapa peralatan tambahan, boiler yang lebih besar dan kebutuhan lahan yang lebih luas dibandingkan dengan PLTU Minyak. Sehingga dapat dimengerti bila biaya investasi PLTU Batubara akan lebih besar dari pada biaya operasi PLTU Minyak.

Perkiraan biaya investasi untuk PLTU Batubara biasanya sekitar \$US 1.000 / kW, sedangkan untuk PLTU Minyak sekitar \$US 700 / kW. Sedangkan umur ekonomis PLTU Batubara maupun Minyak biasanya diperkirakan sama yaitu selama 30 tahun. Dengan asumsi kurs Rp terhadap \$ US adalah Rp 9000/ \$ US dan suku bunga 8% / tahun biaya pengembalian dan presentasi equitas terhadap hutang sebesar 30% maka investasi PLTU Batubara adalah Rp 224/kWh. Sedangkan untuk PLTU MInyak solar adalah Rp 157/ kWh

Biaya Tetap Operasi.

Biaya tetap operasi adalah biaya pegawai dan overhead. Seperti telah di uraikan bahwa PLTU Batubara memerlukan peralatan pelengkap lain yang lebih banyak seperti coal handling dan limbah abu batubara, sehingga memerlukan biaya pegawai yang lebih besar. Selain itu dengan luas lahan dan jumlah pegawai lebih banyak akan meningkatkan biaya overhead PLTU Batubara. Perkiraan biaya overhead untuk PLTU Batubara dan PLTU Minyak ini, berdasarkan pengalaman di PLN, adalah sekitar Rp. 40 / kWh dan Rp. 30 / kWh.

Biaya Tidak Tetap Operasi

Biaya tidak tetap adalah biaya yang timbul sebanding dengan jumlah produksi energi listrik. Adapun komponen – komponen biaya tidak tetap adalah biaya pemeliharaan dan biaya pelumas. Mengingat sistem PLTU dengan bahan bakar batubara lebih kompleks dan lebih besar dibanding dengan PLTU berbahan bakar minyak maka biaya pemeliharaan PLTU batubara lebih besar. Biaya tidak tetap operasi PLTU batubara diperkirakan sekitar Rp. 8/kWh, sedangkan untuk PLTU Minyak solar diperkirakan Rp. 6 / kWh.

Biaya Pemakaian Bahan Bakar

Heat Rate PLTU umumnya sekitar 30%. Nilai kalor batubara yang dipakai untuk rencana pembangunan PLTU di Indonesia pada masa yang akan datang umumnya nilai kalor batubara yang digunakan sekitar 4500 kkal/kg. Sedangkan nilai kalor minyak solar sekitar 9253 kkal/lit. Untuk membangkitkan energi listrik satu kWh diperlukan 0,505 kg batubara atau minyak solar sebesar 0,309 lt.

Harga batubara dengan nilai kalor 4500 kkal/kg saat ini sekitar Rp. 350/ kg sedangkan harga minyak solar saat ini sekitar Rp. 5450 / lt harga tersebut sudah termasuk ongkos angkut sebesar Rp. 100/ lt. Sehingga biaya bahan bakar per kWh dengan batubara adalah Rp 222,22 / kWh. Biaya per kWh dengan bahan bakar minyak solar adalah sebesar Rp 1.682,85/ kWh.

Perbandingan Biaya PLTU Batubara dengan PLTU Minyak Solar

Seperti yang diuraikan diatas, perbandingan biaya total PLTU batubara dengan PLTU minyak solar adalah sebagai berikut:

Tabel.2 Perbandingan Biaya PLTU Batubara dengan PLTU Minyak Solar

Komponen Biaya	PLTU Batubara (Rp/kWh)	PLTU Minyak Solar (Rp/kWh)
Biaya Investasi	224	157
Biaya Operasi Tetap	40	30
Biaya Operasi Tidak Tetap	8	6
Biaya Bahan Bakar	222,22	1.682,85
Total Biaya	494,22	1.875,85

Dari table diatas terlihat bahwa biaya bahan bakar sangat dominant terhadap total biaya. Untuk PLTU biaya total selain bahan bakar lebih besar daripada PLTU minyak solar. Tetapi karena biaya bahan bakar PLTU minyak jauh lebih besar daripada PLTU batubara sehingga total biaya PLTU Minyak solar menjadi jauh lebih besar dibandingkan PLTU batubara.

SIMPULAN

Penelitian ini disimpulkan bahwa: 1) Cadangan energi batubara di Indonesia cukup besar sehingga kontinuitas supply batubara dapat dijamin untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar selama umur pakai PLTU (30 tahun). 2) Harga batubara Internasional jauh lebih murah daripada harga minyak solar Internasional maka PLTU batubara menjadi alternative yang sangat baik untuk pengganti PLTU minyak solar. 3) Meskipun biaya investasi dan operasi PLTU batubara lebih besar daripada PLTU minyak namun mengingat biaya yang dominant adalah bahan bakar maka total biaya PLTU batubar masih jauh lebih murah daripada PLTU minyak.

DAFTAR PUSTAKA

Merrick, David. 1984. Coal Combustion and Conversion Technology. Macmilan Publisher Ltd. Hongkong.
 El – Wakil, M.M. 1984. Powerplant Technology. McGraw-Hill Book Company. United States.
 Yusgiantoro, Purnomo. 2000. Ekonomi Energi Teori dan Praktik. Pustaka LP3ES.Jakarta.

- Budiningtyas, D. P., & Hutabarat, Z. S. (2024). Model Intellectual Capital Sebagai Variabel Moderating Ditinjau Dari Likuiditas, Leverage, dan Profitabilitas Pengaruhnya Terhadap Nilai Perusahaan. *Owner*, 8(1), 885–892. <https://doi.org/10.33395/owner.v8i1.2104>
- Suratno, M., Saputra Hutabarat, Z., & Sari, N. (2018). The Development of Instructional Medium Based on E-learning in Taxation Subject at Economic Education Department, Jambi University. *147(Icsse 2017)*, 299–304. <https://doi.org/10.2991/icsse-17.2018.67>
- Yati, Siswanto, R., Sumiyati, S., Munir, S., Kadarisma, Sucipto, Jaya, F., Saputra, Z., & Hutabarat. (2024). Dinamika Pencegahan Dan Resolusi Kekerasan Di Ruang Kelas: Menggagas Paradigma Baru Dalam Manajemen Pendidikan. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(1), 1389–1396.