



WIDJONARKO

Lahir di Surabaya, pada tahun 1971. Selama studinya, beliau meraih gelar D3 dibidang Elektronika di Politeknik Universitas Brawijaya, kemudian S1 dibidang Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Jember pada tahun 2003 dengan konsentrasi Sistem Tenaga dan melanjutkan studinya untuk mendapatkan gelar magister dibidang Teknik Sistem Pengaturan pada tahun 2008 di Institut Teknologi Sepuluh November. Terakhir, beliau mendapatkan gelar Doktor dibidang Konversi Energi pada jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya pada tahun 2019.

Beliau kini menjadi tenaga pengajar dan Kepala Program Studi S1 – Teknik Elektro di Universitas Jember. Beliau mengampu beberapa matakuliah seperti Elektronika Industri dan Otomatisasi, Pembangkitan Tenaga Listrik, Energi Baru dan Terbarukan dan Teknologi Penyimpanan Energi Listrik.

Selain aktif menjadi assesor dibidang pembangkitan energi listrik, beliau juga aktif dalam penelitian dibidang Energi dan penerapan Kecerdasaan Buatan dalam bidang Teknik Elektro dengan menulis beberapa artikel ilmiah internasional. Di samping itu beliau juga menjadi *reviewer* di jurnal ilmiah internasional terindeks Scopus.

TENTANG BUKU INI

Dengan semakin bertambahnya populasi manusia, tentu membuat kebutuhan akan sumber energi semakin meningkat. Hal ini penting untuk diperhatikan karena tanpa adanya sumber energi, aktivitas produktif manusia akan terhambat. Bahkan energi kini menjadi topik pembahasan sendiri yang sangat berpengaruh pada kelangsung bernegara. Salah satu energi yang dibutuhkan manusia adalah listrik. Hal ini disebabkan hampir semua perangkat yang dimiliki manusia bersumber pada energi listrik. Oleh karena pembahasan konservasi energi listrik penting untuk digalakkan mengingat kebutuhan akan energi ini terus meningkat.

Buku ini memberikan sekilas gambaran tentang pengembangan pemanfaatan energi yang digunakan untuk membangkit energi listrik. Pembahasan dimulai dari pengantar tentang pentingnya sumber energi bagi kehidupan manusia, kemudian dilanjutkan dengan konsep pembangkitan energi listrik, mesin – mesin konversi energi, pembangkit listrik energi konvensional seperti Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Batubara) dst, dan pembangkit listrik energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Angin dst. Disamping itu buku ini juga memuat bagaimana sebuah listrik disalurkan, diawasi dan dikendalikan agar dapat maksimal sampai ke pengguna serta teknologi pendampingnya yaitu teknologi penyimpanan energi. Pada buku ini konsep dibahas dengan menampilkan banyak ilustrasi untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud penulis. Disamping itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya pada subtopik yang terdapat pada buku ini.

Widjonarko

MENGENAL PENGEMBANGAN KONVERSI ENERGI



Mengenal

PENGEMBANGAN KONVERSI ENERGI

Energi Konvensional | Energi Terbarukan | Sistem Monitoring dan Controlling Tenaga Listrik | Teknologi Penyimpanan Energi

WIDJONARKO

STRADA PRESS

Jl. Manila No. 37 Sumberece Kelurahan
Singonegaran, Kota Kediri

E-mail : stradapress@iik-strada.ac.id

Telpon : 085 790 524 257

ISBN 978-602-5842-66-5



9 786025 842665



MENGENAL PENGEMBANGAN KONVERSI ENERGI



Widjonarko

Edisi Pertama, 2019

MENGENAL PERKEMBANGAN KONVERSI ENERGI

Penyusun : Widjonarko
Desain Cover : Zaid Avian
Editor : TIM STRADA PRESS
Penerbit : STRADA PRESS
Pemasaran : STRADA PRESS
Jl. Manila No. 37 Sumberece Kelurahan
Singonegaran, Kota Kediri
E-mail : stradapress@iik-strada.ac.id
Telpon : 085 790 524 257
ISBN : 978-602-5842-66-5
Korektor : Nanda Ariba Althaf



© 2019 STRADA Press

©Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari Penerbit

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah robil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, berkah dan hidayahnya sehingga buku ini dapat diselesaikan.

Penyusunan buku pertama kali ini yang berjudul "MENGENAL PERKEMBANGAN KONVERSI ENERGI" tidak lepas dari peran, bantuan dan dukungan berbagai pihak, untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada banyak pihak.

1. Istriku Azizatul Afifah, S.T., dan kedua anakku Nisa Aqilah Aushaf, Nanda Ariba Althaf terimakasih atas semua doa dan segala pengorbanan, kasih sayang serta keceriaannya.
2. Semua Guru dan Dosen yang telah banyak membuka cakrawala ilmu dan pengetahuan untuk penyusunan buku ini.
3. Saudaraku Zaid Avian yang memberiku inspirasi dan tim asisten Laboratorium Konversi Energi Listrik jurusan Teknik Elektro Universitas Jember
4. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah banyak membantu dalam penyusunan buku ini.

KUPERSEMBAHKAN UNTUK
Spesial untuk anakku Nanda Ariba Althaf
yang memberikan motivasi di hari Ulang Tahunnya #Semangat 2019.

KATA PENGANTAR

Dengan semakin bertambahnya populasi manusia, tentu membuat kebutuhan akan sumber energi semakin meningkat. Hal ini penting untuk diperhatikan karena tanpa adanya sumber energi, aktivitas produktif manusia akan terhambat. Bahkan energi kini menjadi topik pembahasan sendiri yang sangat berpengaruh pada kelangsungan bernegara. Bahkan negara – negara maju dan kaya, salah satu barang yang dijadikan unggulan dalam aktivitas ekonominya adalah memanfaatkan penjualan sumber energinya. Hal ini sudah menjadi hukum alam karena manusia di negara manapun pasti membutuhkan energi, namun kebutuhan tersebut tidak pasti ada di negaranya.

Di era 4.0 ini tentu kebutuhan energi seakan telah menjadi bahan pokok yang wajib dimiliki oleh manusia dalam lingkup negara. Salah satunya sumber energi yang dibutuhkan manusia adalah energi listrik. Alasan kenapa sumber energi listrik dibutuhkan oleh setiap manusia disebabkan karena hampir semua perangkat yang dimiliki manusia bersumber pada energi listrik. Terlebih lagi rasio elektrivitas secara statistik berpengaruh terhadap GDP (*Gross Domestic Product*) suatu negara. Semakin kecil rasionya maka semakin rendah GDPnya. Oleh karena pembahasan konservasi energi listrik penting untuk digalakkan mengingat kebutuhan akan energi ini terus meningkat dan sangat berpengaruh terhadap ketahanan suatu negara.

Perkembangan konversi energi untuk menghasilkan sumber energi listrik dalam era keterbaruan ini tidak lagi dibangkitkan dengan sumber energi konvensional saja, tetapi juga sumber energi yang bersifat keterbaruan. Sehingga dengan kemajuan tersebut, muncullah beberapa sumber energi yang bersifat keterbaruan yang dapat menghasilkan energi listrik. Disamping itu teknologi pengendalian dan pengawasan penyaluran energi listrikpun juga mengalami kemajuan. Oleh karena itu, agar kita tidak tertinggal jauh dengan perkembangan teknologi ini, tentu kita harus banyak menyerap kemajuan yang ada. Oleh karena itu, buku ini hadir untuk menyampaikan pengenalan dari pengembangan teknologi konversi energi.

Buku ini memberikan sekilas gambaran tentang pengembangan pemanfaatan energi yang digunakan untuk membangkit energi listrik. Pembahasan dimulai dari pengantar tentang pentingnya sumber energi

bagi kehidupan manusia, kemudian dilanjutkan dengan konsep pembangkitan energi listrik, mesin–mesin konversi energi, pembangkit listrik energi konvensional seperti Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Batubara) dan pembangkit listrik energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Disamping itu buku ini juga memuat bagaimana sebuah listrik disalurkan, diawasi dan dikendalikan agar dapat maksimal sampai ke pengguna serta teknologi pendampingnya yaitu teknologi penyimpanan energi. Pada buku ini konsep dibahas dengan menampilkan banyak ilustrasi untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud penulis. Disamping itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya terutama dalam pengembangan konversi energi.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar–besarnya kepada seluruh pihak yang membantu penulisan buku ini, terkhusus kolegaku Dr. Ir. Rini Nur Hasanah UB dan Dr. Ir. Bayu Rudianto POLIJE serta teman-teman atas koreksi, kritik, komentar dan saran dalam menyempurnakan buku ini, dengan keterbatasan penulis berharap masukan dari pembaca buku ini dapat disampaikan melalui email widjonarko.teknik@unej.ac.id. Semoga anda mendapatkan manfaat dari buku ini.

Jember, September 2019

Widjonarko

KOMENTAR DAN PESAN PENGANTAR



Dr. Ir. Rini Nur Hasanah,

*Dosen Jurusan Teknik Elektro
Universitas Brawijaya*

Saya ucapkan selamat kepada Dr. Widjonarko atas terbitnya buku berjudul **“MENGENAL PERKEMBANGAN KONVERSI ENERGI”**. Buku ini memuat banyak informasi untuk pengenalan terhadap proses pembangkitan energi listrik dari berbagai sumber energi primer, baik dari sumber energi fosil maupun energi terbarukan. Buku ini juga membahas mengenai bagaimana menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan ke pusat-pusat beban, serta teknologi-teknologi penyimpanan energi listrik yang sangat bermanfaat untuk menjaga kontinuitas pasokan energi listrik.

Selain akan sangat bermanfaat bagi mahasiswa maupun praktisi teknik bidang energi, buku ini juga dapat menjadi bacaan dan sumber pengetahuan bagi masyarakat umum yang ingin mengenal perkembangan ilmu dan bidang konversi energi. Buku ini dapat membantu meningkatkan kesadaran akan pentingnya peran energi listrik serta perlunya menggunakan dengan sebaik-baiknya untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat yang berkelanjutan.



Dr. Ir. Bayu Rudiyanto

Dosen Konversi Energi, Jurusan Teknik
Politeknik Negeri Jember

Buku Mengenal Perkembangan Konversi Energi ini sangat cocok di era revolusi industri 4.0 disaat kebutuhan atas energi semakin diperlukan sehingga beberapa ide-ide yang bersifat keterbaruan semakin banyak yang muncul. Buku ini juga memberikan gambaran yang utuh dan menampilkan banyak ilustrasi sehingga memudahkan pembaca mengetahui tentang pengembangan pemanfaatan energi yang digunakan untuk membangkit energi listrik. Selain itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya terutama dalam pengembangan konversi energi.

Selamat untuk Dr. Ir. Widjonarko semoga buku ini dapat menginspirasi semangat temen-temen dosen lain untuk membuat buku.

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMAKASIH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	viii
BAB 1. PENGANTAR KONVERSI PEMBANGKITAN LISTRIK	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Evolusi Pembangkitan Energi Listrik.....	5
1.3. Konversi Energi	9
BAB 2. MESIN – MESIN PEMBANGKIT LISTRIK	14
2.1. Konsep Dasar Pembangkitan Energi Listrik.....	14
2.2. Generator	16
2.3. Bagian Generator	18
2.4. Perbedaan Generator AC dan DC	19
2.5. Generator Sinkron	21
2.6. Generator Salient Pole Rotor.....	26
2.7. Generator Non - Salient Pole Rotor	27
2.8. Sistem Eksitasi Generator Sinkron	28
2.9. Paralel Generator Sinkron	31
2.10. Transformator.....	33
2.11. Prinsip Kerja Transformator.....	34
BAB 3. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA – DIESEL	46
3.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Kinetik Fosil (Diesel).....	46
3.2 Prinsip Kerja PLT-Diesel	48
3.3 Performansi PLT-D.....	50
BAB 4. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR	54
4.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	54
4.2. Kelebihan dan Kekurangan PLTA.....	56
4.3. Prinsip Pengonversian PLTA.....	56
4.4. Teori Pendukung PLTA	57

4.5. Macam Arsitektur Fisik PLTA	59
4.6. Model Turbin	60
BAB 5. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP	66
5.1. Pengantar.....	66
5.2. Prinsip Kerja Umum.....	66
5.3. Komponen Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap	69
5.4. Komponen Penunjang Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	73
5.6. PLT-U dengan Gas	77
5.7. PLT-Uap Geothermal	80
5.8. PLT-Uap Sampah.....	82
5.9. PLT-Uap Nuklir.....	84
BAB 6. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MATAHARI.....	91
6.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Matahari	91
6.2. Pembangkit Listrik Tenaga Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	92
6.3. Faktor – Faktor yang Memengaruhi Pembangkitan Listrik Tenaga Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	94
6.4. Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	97
6.5. Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Terkonsentrasi (<i>Concentrated Solar Power</i>)	99
6.6. Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Matahari Terkonsentrasi (<i>Concentrated Solar Power</i>)	100
6.7. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Matahari (Umum)	103
BAB 7. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	105
7.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.....	105
7.2. Jenis – Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.....	105
7.3. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu	109
BAB 8. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LAUT	117
8.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Laut.....	117
8.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Laut.....	117

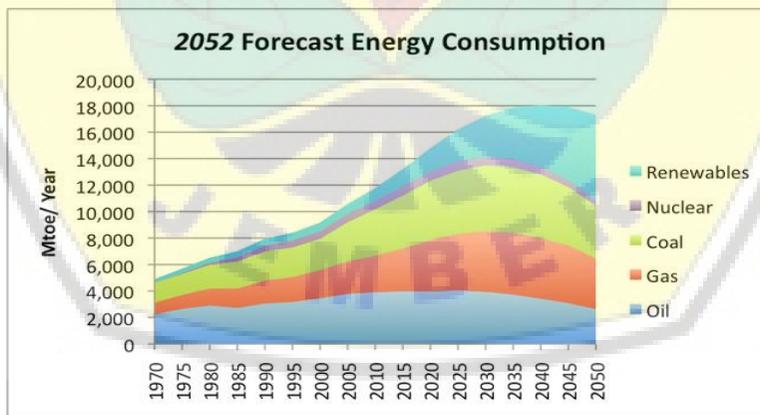
8.3. <i>Oyster Wave Converter</i>	118
8.4. <i>Wave Energy</i>	119
8.5. <i>Oscillating Water Columns</i>	122
8.6. <i>Tidal Energy</i>	125
BAB 9. TRANSMISI TENAGA LISTRIK	129
9.1. Pengantar Penyaluran Tenaga Listrik.....	129
9.2. Transmisi dan Distribusi Dasar Energi Listrik	131
9.3. Pengendalian dan Monitoring Distribusi Energi Listrik	134
9.4. Pengendalian dan Monitoring Sumber Energi Listrik	140
9.5. Optimasi Pembangunan Energi Listrik	145
BAB 10. TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK.....	156
10.1. Teknologi Penyimpanan Energi Listrik.....	156
10.2. <i>Pumped Storage Hydropowers (PSH)</i>	157
10.3. <i>Compressed Air Energy Storage (CAES)</i>	160
10.4. <i>Gravity Energy Storage</i>	163
10.5. <i>Thermal Energy Storage (TES)</i>	167
10.6. <i>Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)</i>	171
10.7. <i>Supercapacitor</i>	172
DAFTAR PUSTAKA.....	177

BAB I

PENGANTAR KONVERSI ENERGI UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK

1.1. Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk di dunia, maka juga akan berdampak pada semakin meningkatnya kebutuhan akan sumber daya alam yang digunakan manusia dalam aktivitas produktifnya. Di antara sumber daya alam (SDA) yang dibutuhkan selain dalam topik pangan, juga ada SDA yang sangat dibutuhkan agar manusia dapat beraktivitas dengan normal. Bahkan dengan ketidakterersediaan SDA tersebut akan membuat masyarakat atau bahkan dunia menjadi lumpuh baik dari segi ekonomi ataupun politiknya. Sumber daya alam yang dimaksud adalah sumber daya alam yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Beberapa SDA yang dimaksud diantaranya adalah *oil* (minyak), batu bara, air, sinar matahari, angin, dan lain sebagainya. Untuk lebih detail terkait konsumsi energi pada dunia dan mengetahui seberapa banyak sumber energi yang dikonsumsi manusia dari jenis energi yang mana saja, maka dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Prediksi Konsumsi Energi sampai pada Tahun 2050

(Sumber: <https://peakoil.com/consumption/gail-tverberg-why-i-dont-believe-randers-limits-to-growth-forecast-to-2052>)

BAB II

MESIN – MESIN PEMBANGKIT LISTIK

2.1. Konsep Dasar Pembangkitan Energi Listrik

Perlu diketahui bahwa sebuah energi tidak serta-merta dapat langsung kita manfaatkan begitu saja pada perangkat elektronik yang kita punyai kecuali harus melalui tahap konversi energi. Konsep konversi tersebut telah dijelaskan pada bab sebelumnya, yaitu terkait bagaimana sebuah energi dapat ditransformasikan ke dalam energi lain, salah satunya energi listrik.

Jika kita menyelidik dan mengulas kembali materi bagaimana listrik dapat dibangkitkan, kita akan mendapatkan dua tipe. Pertama adalah tipe pembangkitan model 1 yang di mana sumber energi langsung dikonversi oleh generator dan kemudian dapat langsung menghasilkan listrik. Kedua adalah tipe pembangkitan model 2 yang di mana sumber energi perlu dikonversi agar energi dapat digunakan untuk memutar generator yang secara mekanis memanfaatkan gerakan memutar atau rotasi agar dapat memanfaatkan energi listrik. Oleh karena itu, untuk dapat memperjelas dan memperdetail pembahasan pada bab sebelumnya berikut adalah beberapa contoh dari kedua model tersebut.

Pertama untuk model 1. Model pertama adalah model dimana sumber energi akan langsung dikonversi oleh generator secara langsung tanpa perlu melakukan konversi energi lain ke energi listrik. Salah satu contoh yang mudah kita jamah adalah konsep pembangkitan energi listrik pada sel surya. Sel surya adalah sebuah perangkat yang memanfaatkan cahaya matahari (bukan panas matahari) untuk dapat menghasilkan energi listrik. Secara perangkat keras, sel surya memanfaatkan prinsip *p-n junction*, yaitu semikonduktor tipe p dan tipe n. Dengan memanfaatkan ikatan atom yang terdapat pada kedua semikonduktor tersebut, maka aliran energi listrik akan tercipta pada saat photon yang berasal dari cahaya matahari mengenai lapisan tersebut. Sehingga tanpa perlu alat konverter lain, secara perangkat sel surya dapat menghasilkan energi listrik dan dapat langsung dimanfaatkan.

BAB III

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA – DIESEL

3.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Kinetik Fosil (Diesel)

Pembangkit listrik tenaga kinetik fosil yang dimaksud pada bab ini adalah sebuah pembangkit yang memanfaatkan bahan bakar fosil untuk dapat memutar generator. Salah satu jenis pembangkit jenis ini adalah pembangkit listrik tenaga diesel. Jenis pembangkit model ini sering digunakan terutama di daerah terpencil atau di daerah yang sulit dijangkau oleh tenaga listrik skala besar seperti daerah kepulauan yang jauh dari pulau utama / besar, tetapi pulau tersebut padat penduduk. Alasan yang sangat logis kenapa PLT-D jenis ini masih digunakan adalah selain karena memang ditujukan untuk pulau terpencil, investasi untuk PLT-D ini dengan jumlah penduduk yang ada sangatlah berimbang. Hal ini dikarenakan biaya transmisi tenaga listrik antar pulau apabila melalui jalur dasar laut akan memberikan beban biaya investasi lebih dibandingkan dengan keuntungan yang bakal didapatkan oleh investor. Terlebih lagi biaya perawatan kabel bawah laut juga tidak semurah biaya investasi PLT-D ini.



Gambar 3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

(Sumber: <http://bmj.co.id/tentang-genset/pembangkit-listrik-tenaga-diesel/>)

Oleh karena itu, biasanya investor dalam pembangunan PLT-D akan mempertimbangkan beberapa faktor. Di antara faktor tersebut adalah :

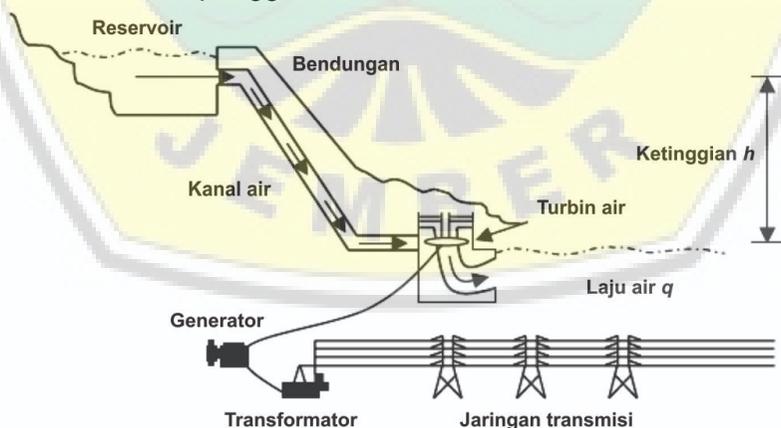
1. Jarak dari beban terdekat.
2. Persediaan lahan untuk site pembangkit.

BAB IV

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

4.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Air

PLTA adalah kepanjangan dari pembangkit listrik tenaga air atau dalam bahasa Inggrisnya dikenal dengan istilah *hydropower*. Sesuai dengan namanya, PLT-Air ini memanfaatkan energi air kinetik dari air yang melewati turbin. Pada dasarnya, konsep pengolahan tenaga air adalah sesederhana tersebut. Namun, yang perlu diketahui bahwa tidak semua energi air dapat dimanfaatkan untuk menjadi pembangkit energi listrik. Hal ini disebabkan karena yang menjadi bagian vital dari pembangkit listrik tenaga air adalah ketercukupan laju air sehingga mampu menggerakkan turbin dan generator. Oleh karena itu, biasanya dalam pengelolaan PLTA ini, energi yang diubah memiliki urutan energi potensial air dan kemudian menjadi energi kinetik. Contohnya adalah pada bendungan. Pada bendungan kita ketahui bahwa air yang berasal dari sungai yang mengalir besar, terlebih dahulu dialirkan ke dalam sebuah waduk untuk kemudian ditampung. Setelah air mencukupi, maka terciptalah energi potensial. Energi potensial tersebutlah yang kemudian dialirkan kecorong turbin dan terjadilah perubahan dari energi potensial ke energi kinetik. Energi kinetik tersebutlah yang kemudian dikonversi dan jadilah energi listrik yang dapat disalurkan ke pengguna.



Gambar 4.1 Skema Pembangkitan Listrik Tenaga Air

(Sumber: <https://m.kaskus.co.id/thread/000000000000000007559861/pembangkit-listrik-tenaga-air-plta-di-indonesia/>)

BAB V

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

5.1. Pengantar

Salah satu pembangkit yang paling banyak digunakan hampir diseluruh dunia, selain pembangkit listrik tenaga energi terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga uap atau PLT-U. Pembangkit ini secara prinsip mengandalkan energi kinetik yang berasal dari uap. Uap yang digunakan oleh pembangkit jenis ini adalah uap yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar atau hasil pemanasan air oleh suatu sumber energi panas. Sumber energi panas bisa didapatkan dari gas, pembakaran baturabara, geotermal atau panas bumi, nuklir dan pembakaran sampah. Oleh karena itu, jenis pembangkit yang termasuk golongan PLT-U diantaranya adalah PLT-GU (Gas Uap), PLT-Gas, PLT-Panas Bumi, PLT-Nuklir, dan PLT-Sampah.

5.2. Prinsip Kerja Umum

Prinsip kerja dari PLT-U menggunakan fungsi kerja fluida yang bersirkulasi secara tertutup. Artinya, siklus perputaran fluida akan terus berulang – ulang dalam satu rangkaian penuh siklus dan masuk ke siklus yang baru. Siklus ini biasa dikenal dengan sebutan siklus Rankine atau siklus daya uap.

Siklus rankine secara ideal memiliki 4 tahap. Tahap – tahap tersebut dapat digambarkan ke dalam blok diagram kerja standar dari siklus Rankine. Siklus tersebut diantaranya adalah:

1. Siklus pemanasan yang terjadi pada boiler. Fungsinya adalah untuk membangkitkan uap.
2. Turbin mengubah gaya yang ditimbulkan oleh uap menjadi gaya gerak yang digunakan untuk memutar turbin.
3. Uap air akan dikondensasikan ke kondensor.
4. Air yang berada di kondensor dipompakan kembali ke boiler untuk diuapkan kembali.

Jika kemudian siklus Rankine ini digambarkan ke dalam sebuah bentuk siklus, maka dapat digambarkan seperti yang terdapat pada Gambar 5.1. Pada gambar tersebut maka setidaknya terdapat 4 tahapan proses yang dilalui.

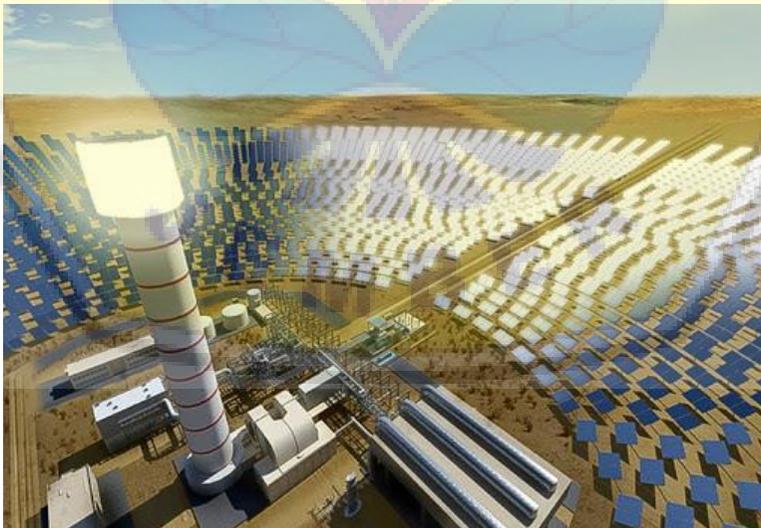
BAB VI

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MATAHARI

6.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Matahari

Matahari merupakan sumber energi yang memiliki potensi pemanfaatan yang sangat melimpah dan gratis. Terlebih lagi, dengan adanya kebutuhan energi listrik yang sangat besar oleh manusia, juga perlu ditopang dengan sumber energi yang besar pula. Oleh karena itu, salah satu sumber energi yang paling populer dan paling banyak diminati oleh dunia adalah pemanfaatan pembangkit listrik dengan menggunakan energi surya atau matahari.

Secara teoritis, energi surya dapat dimanfaatkan dengan dua cara. Pertama adalah dengan memanfaatkan cahaya matahari secara langsung dengan menggunakan *photovoltaic* untuk menghasilkan listrik, dan yang kedua adalah dengan cara memanfaatkan cahaya matahari secara tidak langsung dengan memusatkan cahaya matahari pada titik tertentu untuk dimanfaatkan panasnya. Sehingga, dalam aplikasinya kita akan menemukan dua tipe pembangkit yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya. Pertama adalah *concentrated solar power* (CSP) dan yang kedua adalah *photovoltaic* (PV).



Gambar 6.1. *Concentrated Solar Power* di Dubai
(Sumber: <http://helioscsp.com/worlds-largest-concentrated-solar-power-plant/>)

BAB VII

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (ANGIN)

7.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Energi angin adalah salah satu energi yang paling potensial untuk dimanfaatkan secara masal selain energi matahari. Hal ini disebabkan hampir disetiap wilayah di dunia mendapatkan angin, walaupun memiliki kecepatan yang berbeda – beda tergantung geografisnya. Energi angin juga merupakan sub energi terbarukan, dimana sumber energi ini terus – menerus ada. Hal ini juga menjadi indikasi bahwa energi angin merupakan energi yang tak pernah habis dan mudah didapatkan tanpa perlu mengeksploitasi alam secara berlebihan.

Dalam sejarahnya angin banyak digunakan dalam kehidupan manusia sejak lama bahkan sejak dua ribu tahun yang lalu, seperti pada jaman Mesir Kuno yang memanfaatkan angin untuk menggiling gandum dan biji – bijian lainnya. Namun, pada abad ke 18 dan 19 angin mulai dimanfaatkan sebagai penggerak untuk generator (pembangkit listrik).

7.2. Jenis – Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Perlu diketahui bahwa PLT-Bayu atau angin ini memiliki beberapa jenis model turbin. Jadi, tidak semua turbin seperti yang kita bayangkan saat ini. Pembagian turbin tersebut diantaranya adalah :

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin jenis ini adalah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan di berbagai pembangkit listrik yang ada di dunia. *Horizontal Axis Wind Turbin* (HAWT) merupakan istilah lain untuk menyebutkan pembangkit listrik jenis ini. Pada turbin jenis ini, turbin didirikan dengan sebuah menara yang menjulang tinggi ke atas. Di bagian atas terdapat rotor utama dan generator listrik yang telah tersambung menjadi satu bagian. Sehingga untuk dapat menyalurkan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin ini, maka kabel transmisi harus disambungkan ke atas.

BAB VIII

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LAUT

8.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Laut

Salah satu sumber energi yang juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah gelombang laut. Perlu kita sadari bahwasannya laut juga sangat berpotensi untuk dijadikan pembangkit listrik. Pembangkitan listrik tersebut didasarkan pada energi gerak yang ditimbulkan oleh laut, baik dalam hal arus laut, angin laut, ataupun pasang surutnya air laut. Semua energi yang dapat menimbulkan gerak yang disebabkan oleh aktivitas laut, maka sejatinya bisa dimanfaatkan.

Hal ini juga didukung dengan fakta bahwa bumi kita memiliki luas lautan yang lebih besar dibandingkan dengan daratan. Oleh karena itu, potensi ini sangat besar dan sangat menarik untuk dimanfaatkan. Terlebih lagi apabila sebuah negara banyak dikelilingi oleh laut. Namun, apabila ditarik ke dalam beberapa teknologi pembangkit energi listrik yang memanfaatkan potensi laut, maka akan menemui banyak sekali jenisnya. Jenis – jenis pembangkit ini didasarkan pada cara mengonversi sumber energi laut yang akan dijadikan oleh pembangkit.

8.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Laut

Seperti yang terdapat pada penjelasan sebelumnya bahwa pembangkit listrik tenaga laut ini memiliki banyak sekali jenisnya. Penggolongan jenis tersebut didasarkan pada bagaimana sebuah perangkat tersebut dapat memanen energi atau *harvesting energy* dari sumbernya. Namun, secara umum jenis – jenis dari pembangkit tersebut dapat diklasifikasi menjadi dua bagian. Klasifikasi tersebut adalah:

1. Pembangkit tepi pantai (*on shore*) adalah jenis pembangkit yang berada dekat dengan tepian pantai. Pada umumnya untuk pembangkit tipe ini, memanfaatkan energi laut yang berasal dari ombak tepian pantai, arus muara, arus selat, dan juga angin.
2. Pembangkit lepas pantai (*off shore*) adalah jenis pembangkit yang berada jauh dari tepian pantai. Pada umumnya untuk pembangkit jenis ini adalah memanfaatkan energi laut yang berasal dari arus laut dan juga angin laut .

BAB IX

TRANSMISI TENAGA LISTRIK

9.1. Pengantar Penyaluran Tenaga Listrik

Energi listrik tidak dapat serta merta tersalurkan begitu saja dari suatu sumber pembangkit ke pengguna. Hal ini dikarenakan, dalam skala negara sebuah masyarakat tidak selalu terkumpul dalam suatu wilayah, akan tetapi ke dalam beberapa wilayah yang terkadang berjauhan dan acak. Oleh karena pembangkit listrik memiliki daya yang besar, tentu saja sangat tidak efisien apabila hanya disalurkan ke penduduk yang hanya dekat dengan pembangkit atau menggunakan strategi dengan cara memindahkan penduduk yang terkumpul di suatu wilayah yang jauh, kemudian dilokalisir agar mendekati ke dalam suatu wilayah. Tentu hal ini akan memakan biaya yang sangat besar. Oleh karena itu, disusunlah sebuah sistem pentransmision energi listrik dari satu sumber pembangkit ke pengguna.

Di dalam alur penyaluran tenaga listrik terdapat tiga bagian penting di dalamnya, diantaranya yaitu : pusat atau sumber pembangkit energi listrik, sistem transmisi, dan sistem distribusi.



Gambar 9.1. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

(Sumber: <http://electrodipo.blogspot.com/2015/08/sistem-tenaga-listrik.html>)

BAB X

TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK

10.1. Teknologi Penyimpanan Energi Listrik

Seperti definisi dari *energy storage* yang artinya adalah penyimpanan energi, maka teknologi ini tidak menghasilkan energi melainkan hanya menyimpan energi yang berasal dari sumber energi. Oleh karena itu, teknologi ini sering disandingkan dengan sumber energi. Salah satu sumber energi yang sering disandingkan dengan teknologi ini adalah sumber energi terbarukan. Hal ini disebabkan karena pada sumber energi terbarukan, energi yang dihasilkan tidaklah dapat diproduksi secara maksimal karena permasalahan ketergantungan terhadap kondisi alam. Hal ini dinilai sangat efektif karena beban terkadang tidak selalu memiliki siklus yang sama dengan kondisi produksi energi listrik yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan. Contohnya adalah panel surya yang hanya optimal ketika terdapat sinar matahari, sedangkan beban maksimal akan terjadi apabila malam hari. Begitu juga dengan pembangkit listrik tenaga angin yang hanya akan maksimal ketika angin maksimal dan angin tersebut hanya berlangsung selama beberapa waktu saja. Oleh karena itu, energi yang tidak digunakan tadi kemudian disimpan dan dipakai pada saat yang tepat.

Energi yang disimpan oleh *energy storage* adalah energi potensial, sehingga tidak selalu disimpan dalam bentuk energi listrik. Energi potensial tersebut dapat berupa energi mekanik, energi potensial, dan energi listrik itu sendiri. Dengan bervariasinya sumber energi yang dapat disimpan, maka jenis *energy storage* bermacam – macam. Dengan bermacam – macamnya jenis teknologi penyimpanan energi tersebut, maka didapatkan sebuah perbandingan efisiensi penyimpanan energi yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis *energy storage* apa yang cocok untuk suatu kasus. Efisiensi tersebut didasarkan pada beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a. Parameter Teknologi :
 1. *Energy Density* (Wh/kg)
 2. *Specific Power* (W/kg)
 3. *Cycle Lifetime* (cycles)

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Buku dan Artikel Ilmiah

- Bizon, N., Shayeghi, H., Tabatabaei, N.M. 2013. *Analysis, Control and Optimal Operations in Hybrid Power Systems, Advances Tehniques and Applications for Linear and Non Linear Systems*. Springer: London.
- Bradbury, K. 2010. Energy Storage Technology Review. Researchgate: Duke University.
- El-Harawy, M.E. 2017. *Advances in Electrical Power and Energy Systems, Load and Price Forecasting*. Wiley: Amerika Serikat
- El-Sharkawi, M.A. 2013. *Electric Energy, An Introduction Third Edition*. CRC Press : Boca Raton.
- Gasch, R. Twele, J., 2012. *Wind Power Plants: Fundamental, Design, Construction and Operation*. Springer-Verlag: Berlin.
- Lund, P.D., Byrne, J.A., Hass, R., Flynn, D. 2019. *Advances In Energy Systems, The Large-Scale Renewable Energy Integration Challenge*. Wiley : Amerika Serikat.
- PNPM Mandiri. 2010. *Buku Panduan ENERGI yang Terbarukan*. Kementerian Dalam Negeri dalam kerangka Program PNPM-MP/LMP.
- Precup, R-E., Kamal, T. 2019. *Solar Photovoltaic Power Plants: Advanced Control and Optimization Techniques*. Springer: London.
- Yahyaoui, I. 2018. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies: Volume 1: Solar and Wind Energies*. Elsevier Science: Madrid.

Yuniarti, N., Prianto, E. -. *Pengantar Pembangkit Tenaga Listrik*.
Universitas Negeri Yogyakarta : Yogyakarta.

Referensi Gambar

<https://peakoil.com/consumption/gail-tverberg-why-i-dont-believe-randers-limits-to-growth-forecast-to-2052>
<http://euanmearns.com/electricity-and-the-wealth-of-nations/>
<http://mybalangan.com/news/detail/20/perbedaan-revolusi-industri-1.0---4.0.html>
<http://www.engineeringexpert.net/Engineering-Expert-Witness-Blog/tag/steam-turbine>
<https://www.pumpfundamentals.com/micro-hydro-banki.htm>
<http://krisnaenergi.com/komponen-pembangkit-listrik-tenaga-surya/>
<https://www.pinterest.com/pin/378724649900315363/>
<https://www.plengdut.com/2015/06/pengertian-generator-listrik.html>
https://en.wikipedia.org/wiki/Gramme_machine
<https://edisontechcenter.org/AC-PowerHistory.html>
<https://zulkarnain.wordpress.com/2016/07/09/kamus-sederhana-pembangkit-listrik-tenaga-angin-wind-generator-untuk-pemula/>
<https://www.autoexpose.org/2018/02/prinsip-kerja-generator-listrik.html>
<https://slideplayer.info/slide/13401728/>
<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/10/prinsip-kerja-generator-sinkron.html>
<https://panduanteknisi.com/prinsip-kerja-generator.html>
<https://fr.slideshare.net/mebees36/salient-pole-vs-nonsalientpole>
<https://irispower.com/learning-centre/using-magnetic-flux-monitoring-detect-synchronous-machine-rotor-winding-shorts/>
<https://electricalbaba.com/how-harmonics-eliminated-from-alternator-generated-voltage/>
<https://rakhman.net/electrical-id/prinsip-kerja-sistem-eksitasi-generator/>
<https://faizalnizbah.blogspot.com/2013/08/kerja-paralel-alternator-generator.html>
<https://lumbanrajateddy.wordpress.com/2012/03/07/transformator/>
<https://panduanteknisi.com/pengertian-transformator-dan-cara-kerjanya.html>
<https://idschool.net/smp/kaidah-tangan-kanan/>

<http://insyaansori.blogspot.com/2013/08/prinsip-induksi-transformator.html>)
<https://djukarna.wordpress.com/tag/step-up/>
<https://omegadelta-electric.blogspot.com/2015/12/transformator-step-up.html>
<https://www.kompasiana.com/dennysimply/54f9659da3331176038b4de0/perjalanan-listrik-hingga-bisa-kita-nikmati>
<http://belatik23.blogspot.com/2017/01/transformator-stepup-transformator-step.html>)
<https://skemaku.com/fungsi-trafo-pada-rangkaian-elektronika/>)
<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/07/autotransformator-dan-Autotransformator-Variabel.html>
<http://all-elektro.blogspot.com/2012/01/transformator-trafo.html>)
<http://indonesian.electric-energymeter.com/sale-10609245-tdgc2j-2k-single-phase-powerstat-variable-autotransformer-voltage-regulator.html>
<https://www.warriornux.com/pembagian-sistem-penyaluran-tenaga-listrik/>
<http://bmj.co.id/tentang-genset/pembangkit-listrik-tenaga-diesel/>)
<http://bmj.co.id/tentang-genset/pembangkit-listrik-tenaga-diesel/>)
<https://m.kaskus.co.id/thread/0000000000000000007559861/pembangkit-listrik-tenaga-air-plta-di-indonesia/>)
<http://bmj.co.id/tentang-genset/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro/>
<https://mohamadhadiwijaya.wordpress.com/2019/04/09/turbin-air>
<https://www.slideshare.net/benuuuu/pembangkit-listrik-tenaga-air>
<http://tulisanazat.blogspot.com/2017/04/jenis-jenis-turbin-air.html>
<http://ilmuteknologyindustri.blogspot.com/2017/01/cara-kerja-turbin-plta-renun.html>)
<https://www.cink-hydro-energy.com/en/2-cell-crossflow-turbine/>
https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Propeller_Turbine_2.svg)
<https://www.youtube.com/watch?v=21XFZaxity8>
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/power-cycle>
[https://en.wikipedia.org/wiki/Boiler_\(power_generation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Boiler_(power_generation))
<https://www.gogulfjobs.com/2020/04/steam-turbine-working-principle-and.html>)
<https://www.powerzone.com/resources/glossary/steampoweredgenerators>
<https://www.youtube.com/watch?v=XSlyrpqfUOs>

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191931339X\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191931339X)

<https://www.apsense.com/article/how-to-reduce-emissions-so2-nox-particulate-matter-in-coalfired-power-plants.html>

<https://www.ekapija.com/en/news/1494766/ekapija-visits-rdk8-the-worlds-most-efficient-fossil-fuel-power-plant>

<https://artikel-teknologi.com/siklus-brayton/>

[https://favpng.com/png_view/fuel-gas-turbine-fossil-fuel-power-station-natural-gas-png/c87PXx39\)](https://favpng.com/png_view/fuel-gas-turbine-fossil-fuel-power-station-natural-gas-png/c87PXx39)

[https://www.belluckfox.com/asbestos/company-types/power-plants/\)](https://www.belluckfox.com/asbestos/company-types/power-plants/)

<https://www.cnzahid.com/2017/01/sistem-kerja-pltg-vs-sistem-kerja-pltgu.html>

<https://www.mechanicalbooster.com/2020/03/different-applications-of-geothermal-energy.html/geothermal-power-plant-diagram>

[https://www.cnzahid.com/2016/12/sistem-kerja-pembangkit-listrik-tenaga.html\)](https://www.cnzahid.com/2016/12/sistem-kerja-pembangkit-listrik-tenaga.html)

[https://deltawayenergy.com/2018/08/waste-to-energy-how-it-works/\)](https://deltawayenergy.com/2018/08/waste-to-energy-how-it-works/)

<http://www.gjnaturecare.com/projects/brahmapuram-waste-to-energy-project>

<https://in.pinterest.com/pin/552324341786861372/>

https://www.clpgroup.com/NuclearEnergy/Eng/power/power4_1_2.aspx

https://www.clpgroup.com/NuclearEnergy/Eng/power/power4_1_2.aspx

https://www.clpgroup.com/NuclearEnergy/Eng/power/power4_2_1.aspx

<http://helioscsp.com/worlds-largest-concentrated-solar-power-plant/>

<https://sunraysiasolarfarm.com.au/>

[https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/\)](https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/)

https://www.researchgate.net/publication/275209622_Improvement_in_Perturb_and_Observe_Method_for_Maximum_Power_Point_Tracking_of_PV_Panel

[https://www.researchgate.net/publication/271199585_Design_and_Implementation_of_different_MPPT_Algorithms_for_PV_System\)](https://www.researchgate.net/publication/271199585_Design_and_Implementation_of_different_MPPT_Algorithms_for_PV_System)

[https://mobnasesemka.com/cara-kerja-plts-untuk-menghasilkan-listrik/\)](https://mobnasesemka.com/cara-kerja-plts-untuk-menghasilkan-listrik/)

<https://kumparan.com/mia-padma/matahari-yang-menghidupi-pemanfaatan-tenaga-surya-sebagai-sumber-listrik>

[https://www.reddit.com/r/InfrastructurePorn/comments/a7b55j/ivanpah_solar_power_facility_in_the_mojave_desert/\)](https://www.reddit.com/r/InfrastructurePorn/comments/a7b55j/ivanpah_solar_power_facility_in_the_mojave_desert/)

<http://julussecret.blogspot.com/2013/12/prinsip-kerja-mesin-stirling.html>

- <https://www.4muda.com/bagaimana-cara-kerja-pembangkit-listrik-tenaga-surya/diagram-solar-system/>
- <https://www.pngegg.com/id/png-duqee>
- <http://termodinamikarini.blogspot.com/2015/05/jenis-jenis-turbin-angin.html>
- <https://adoc.pub/2-tinjauan-pustaka-konversi-dari-energi-kinetik-angin-turbin.html>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/PERFORMANCE-PREDICTION-OF-HORIZONTAL-AXIS-WIND-HardikPatel-SanatDamania/ae1f700feccc9a825d95284c9e6b9a246761a702>
- https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin
- https://www.researchgate.net/publication/323663335_DISTRIBUSI_WEI_BULL_KECEPATAN_ANGIN_WILAYAH_PESISIR_TEGAL_DAN_CILACAP_167A/figures?lo=1
- https://www.researchgate.net/publication/323663335_DISTRIBUSI_WEI_BULL_KECEPATAN_ANGIN_WILAYAH_PESISIR_TEGAL_DAN_CILACAP_167A/figures?lo=1
- https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin
- <https://achmadjaelani89.wordpress.com/2016/10/09/432/>
- <https://konversi.wordpress.com/2009/01/24/optimalisasi-ekstraksi-energi-angin-kecepatan-rendah-di-indonesia-dengan-aplikasi-konverter-boost/>
- <https://www.pembangkitlistrik.com/daya-pada-pembangkit-listrik-tenaga-bayu/>
- http://repository.poliupg.ac.id/207/1/Pemodelan%20Komponen%20Power%20Hybrid%20System_Asriyadi.pdf
- <https://rendyafriansyah132.wordpress.com/divisi-elektron/pembangkit-listrik-tenaga-gelombang-laut-pltgl/>
- https://www.researchgate.net/publication/279840500_Underwater_Noise_from_a_Wave_Energy_Converter_Is_Unlikely_to_Affect_Marine_Mammals
- <https://www.pinterest.com/pin/90283167518266449/>
- <https://www.zdnet.com/article/great-lakes-waves-could-power-your-tv/>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/Dissipation-in-oscillating-water-columns-Hasan-Manasseh/f31363daa14ba8b8674c7b096d5c8ea90019ed5c>
- https://www.researchgate.net/publication/259744972_Challenges_of_Marine_Power_in_the_Balkan_Region

<https://www.pinterest.com/pin/334673816054085973/>
<https://www.semanticscholar.org/paper/Dissipation-in-oscillating-water-columns-Hasan-Manasseh/f31363daa14ba8b8674c7b096d5c8ea90019ed5c>
<https://energycentral.com/c/cp/problem-tidal-energy>
<https://www.greeners.co/ide-inovasi/turbin-angin-mengapung-laut/>
<https://www.green-mechanic.com/2014/06/tidal-barrage-power-generation.html>
<http://national-oceanographic.com/article/laut-sebagai-sumber-energi-pembangkit-listrik-tenaga-arus>
<http://electrodipo.blogspot.com/2015/08/sistem-tenaga-listrik.html>
<https://dokumen.tips/documents/bab-2-21-operasi-sistem-tenaga-listrik-dan-optimasi-listriklibrarybinusacidecollsethesisdocbab22013-2-00404-mtifaa.html>
<https://hargaslingbaja10mm.wordpress.com/2017/12/11/peta-jaringan-listrik-jawa-bali/>
<https://www.pinterest.com/pin/479985272757460992/>
<https://pmrpressrelease.com/distributed-energy-generation-deg-market-industry-analysis-size-share-and-growth/>
<http://inspektur.djk.esdm.go.id/agenda/knowledge-sharing-scada-control-centre>
https://www.researchgate.net/publication/266056729_Towards_Design_Optimization_with_OpenModelica_Emphasizing_Parameter_Optimization_with_Genetic_Algorithms
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116001404>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148110000571>
<https://www.semanticscholar.org/paper/Grid-interactive-combined-supercapacitor%2Fbattery-Reddy-Mishra/280382af1178e2bd6c53c4cb24e4ab82ba6e798c>
https://www.researchgate.net/publication/292670297_Thermal_Energy_Storage_Optimization_in_Shopping_Center_Buildings
https://www.researchgate.net/publication/317835578_Optimal_battery_storage_operation_for_PV_systems_with_tariff_incentives/figures?lo=1
<https://www.slideshare.net/AristotelisGiannopoulos/energy-systems-optimization>

<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/indonesia>
<https://bwgeohydromatics.com/product/maris/>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778814010834>
<https://www.pngwing.com/en/free-png-sjcbq>
<https://www.mdpi.com/2227-9717/7/9/633/htm>
https://www.researchgate.net/publication/265064873_Energy_Storage_Technology_Review
<https://www.dw.com/en/hydropower-supply-dries-up-with-climate-change/a-42472070>
<https://polizeros.com/2011/04/26/underground-pumped-hydro-energy-storage-at-grid-scale/>
<https://www.hydroreview.com/2015/12/09/chile-s-proposed-300-mw-espejo-de-tarapaca-pumped-storage-plant-gets-environmental-go-ahead/#gref>
<https://www.nature.com/articles/s41560-018-0311-0>
https://www.researchgate.net/publication/274025595_Dynamic_Behavior_of_a_Sensible-heat_based_Thermal_Energy_Storage
<https://www.energymanagermagazine.co.uk/gravitational-energy-storage-using-soil-batteries-gravitysoilbatteries/>
<https://www.youtube.com/watch?v=MH-SK9DiBUM>
https://www.researchgate.net/publication/260758799_A_review_of_available_methods_and_development_on_energy_storage_Technology_update
https://www.researchgate.net/publication/319507415_Toward_an_Improvement_of_Gravity_Energy_Storage_Using_Compressed_Air
https://www.researchgate.net/publication/289779454_Solar_power_and_application_methods
<https://contest.techbriefs.com/2017/entries/sustainable-technologies/8141>
<https://www.pinterest.co.uk/pin/664421751245104110/>