Mengenal

PENGEMBANGAN KONVERSI ENERGI

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

WIDJONARKO

MENGENAL PERKEMBANGAN KONVERSI ENERGI

Penyusun	: Widjonarko
ISBN	: 978-602-5842-66-5
Editor	: TIM Strada Press
Desain Cover	: Zaid Avian
Korektor	: Nanda Ariba Althaf
Penerbit	: STRADA PRESS
Alamat	: Jl. Manila No. 37 Sumberece Keluraha Singonegaran, Kota Kediri
E-mail	: stradapress@iik-strada.ac.id
Telpon	: 085 790 524 257
Cetakan	: Pertama, 2019

© 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

lhamdulillahi robil‘alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, berkah dan hidayahnya sehingga buku ini dapat diselesaikan.

Penyusunan buku pertama kali ini tidak lepas dari peran, bantuan dan dukungan berbagai pihak, untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada banyak pihak.

1. Semua guru dan dosen yang telah banyak membuka cakrawala ilmu dan pengetahuan untuk penyusun.
2. Saudaraku Zaid Avian yang memberiku inspirasi dan temen-temen Teknik Elektro Universitas Jember
3. Kolega-kolegaku Rini UB dan Bayu POLIJE yang selalu siap membantu dalam penyempurnaan buku ini.

KUPERSEMBAHAN UNTUK

Istriku Azizatul Afifah, S.T., dan dua putri tercintaku Nisa Aqilah Aushaf & Nanda Ariba Althaf atas semua doa dan segala pengorbanan, kasih sayang, kejujuran serta keceriannya

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 sekilias 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 telah mendukung dan membantu penulisan buku ini. Koreksi, kritik, komentar dan saran yang dapat membangun dan menyempurnakan buku ini, sangat diharapkan oleh penulis dan dapat disampaikan melalui email widjonarko.teknik@unej.ac.id. Semoga Anda mendapatkan manfaat dari buku ini.

Jember, September 2019

Penulis

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. Bayu Rudiyanto

Dosen Konversi Energi Jurusan
Keteknikan Politeknik Negeri Jembar

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 mengispirasi semangat temen-temen dosen lain untuk membuat buku.

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi

BAB 1. PENGANTAR KONVERSI UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK 1
1.1. Pendahuluan 1
1.2. Sejarah dan Evolusi Pembangkitan Energi Listrik 5
1.3. Konversi Energi 8

BAB 2. MESIN – MESIN PEMBANGKIT LISTRIK 13
2.1. Konsep Dasar Pembangkitan Energi Listrik 13
2.2. Generator 15
2.3. Bagian Generator 17
2.4. Perbedaan Generator AC dan DC 18
2.5. Generator Sinkron 20
2.6. Generator Salient Pole Rotor 25
2.7. Generator Non - Salient Pole Rotor 26
2.8. Sistem Eksitasi Generator Sinkron 27
2.9. Paralel Generator Sinkron 30
2.10. Transformator 32
2.11. Prinsip Kerja Tranformator 33
2.12. Macam Transformator dan Aplikasinya 37

BAB 3. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA – DIESEL 45
3.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Kinetik Fosil (Diesel) 45
3.2 Prinsip Kerja PLT-Diesel 47
3.3 Performansi PLT-D 48

BAB 4. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR 53
4.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Air 53
4.2. Kelebihan dan Kekurangan PLTA 55
4.3. Prinsip Pengonversian PLTA 55
4.4. Teori Pendukung PLTA 56
4.5. Macam Arsitektur Fisik PLTA 58
4.6. Model Turbin 59

BAB 5. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP 65
5.1. Pengantar 65
5.2. Prinsip Kerja Umum 65
5.3. Komponen Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap 68
5.4. Komponen Penunjang Pembangkit Listrik Tenaga Uap 71
5.5. PLT-U dengan Batu bara 73
5.6. PLT-U dengan Gas 75
5.7. PLT-U Geothermal 79
5.8. PLT-U Sampah 80
5.9. PLT-U Nuklir 82

BAB 6. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MATAHARI 89
6.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Matahari 89
6.2. Pembangkit Listrik Tenaga Panel Surya (*Photovoltaic*) 90
6.3. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pembangkitan Listrik Tenaga Panel Surya (*Photovoltaic*) 92
6.4. Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Panel Surya (*Photovoltaic*) 95
6.5. Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Terkonsentrasi (*Concentrated Solar Power*) 97
6.6. Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Matahari Terkonsentrasi (*Concentrated Solar Power*) 98
6.7. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Matahari (Umum) 101

BAB 7. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN 103
7.1. Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Bayu 103
7.2. Jenis – Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu 103
7.3. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu 107

BAB 8. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LAUT 115
8.1 Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Laut 115
8.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Laut 115
8.3. *Oyster Wave Converter* 116
8.4. *Wave Energy* 117
8.5. *Oscillating Water Columns* 121
8.6. Tidal Energy 124

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 Pembangkitan Energi Listrik.....145

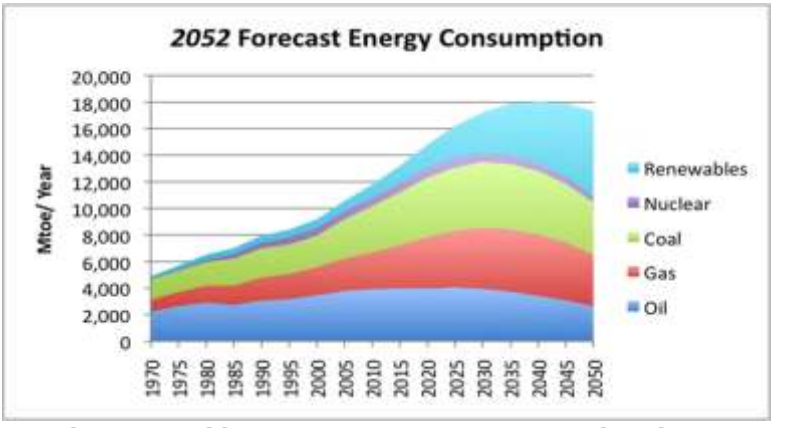
BAB 10. TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK.....157
10.1. Teknologi Penyimpanan Energi Listrik 157
10.2. P*umped Storage Hydropowers* (PSH).....158
10.3. *Compressed Air Energy Storage* (CAES).....161
10.4. *Gravity Energy Storage* 164
10.5. *Thermal Energy Storage* (TES) 168
10.6. *Superconducting Magnetic Energy Storage* (SMES).....172
10.7. *Supercapacitor* 172
10.8. *Flywheel* 174

DAFTAR PUSTAKA.....179

BAB I
PENGANTAR KONVERSI ENERGI UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK

1.1. Pendahuluan

Dengan semakin meningkatkan jumlah penduduk di dunia, maka juga akan berdampak pada semakin meningkatnya kebutuhan akan sumber daya alam yang digunakan manusia dalam aktivitas produktifnya. Diantara sumber daya alam (SDA) yang dibutuhkan selain dalam topik pangan, juga ada SDA yang sangat dibutuhkan agar manusia dapat beraktivitas dengan normal. Bahkan dengan ketidaktersediaan 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)

Jika kita lihat pada Gambar 1.1 tentang prediksi kebutuhan energi dunia terhadap pertumbuhan populasi dunia, maka dapat disimpulkan bahwa sumber daya alam tersebut kini telah menjadi komiditi utama dalam kehidupan manusia. Hal ini dikarenakan, dengan semakin bertumbuhnya populasi dunia, maka akan semakin meningkatkan kebutuhan bahan bakar untuk dapat dimanfaatkan dalam beraktivitas produktif oleh manusia. Kebutuhan ini baik dalam sektor transportasi ataupun SDA dijadikan sebagai bahan bakar yang dibutuhkan sebuah pembangkit untuk dapat menghasilkan energi terutama energi listrik. Dalam UU Republik Indonesia No. 30 Tahun 2007 Bab I Pasal 1 dikatakan bahwa yang dimaksud dengan sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan secara langsung ataupun tidak langsung dengan melalui proses pengonversian energi. Jika diklasifikasi, maka sumber energi dapat dibagi menjadi empat. Hal ini didasarkan pada : berdasarkan ketersediannya, berdasarkan asal muasalnya, berdasarkan pemakaian dan berdasarkan komersialitas. Untuk lebih lengkapnya maka dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Klasifikasi Sumber Energi

Jenis Sumber Energi	**Berdasarkan Ketersedian (*Renewable Energy* / *Non Renewable Energy*)**	**Berdasarkan Asal Muasal Kejadian (Fosil / Non Fosil)**	**Berdasarkan Pemakaian (Primer / Sekunder)**	**Berdasarkan Nilai Komersial (Komersial, Non-Komersial, Energi Baru)**
Minyak Bumi	NR	F	P	K
Gas Bumi	NR	F	P	K
Batubara	NR	F	P	K
Uranium	R	F	P	K
Panas Bumi	R	NF	P	NK / EB
Tenaga Air	R	NF	P	NK / EB
Tenaga Surya	R	NF	PP	EB
Tenaga	R	NF	P	EB

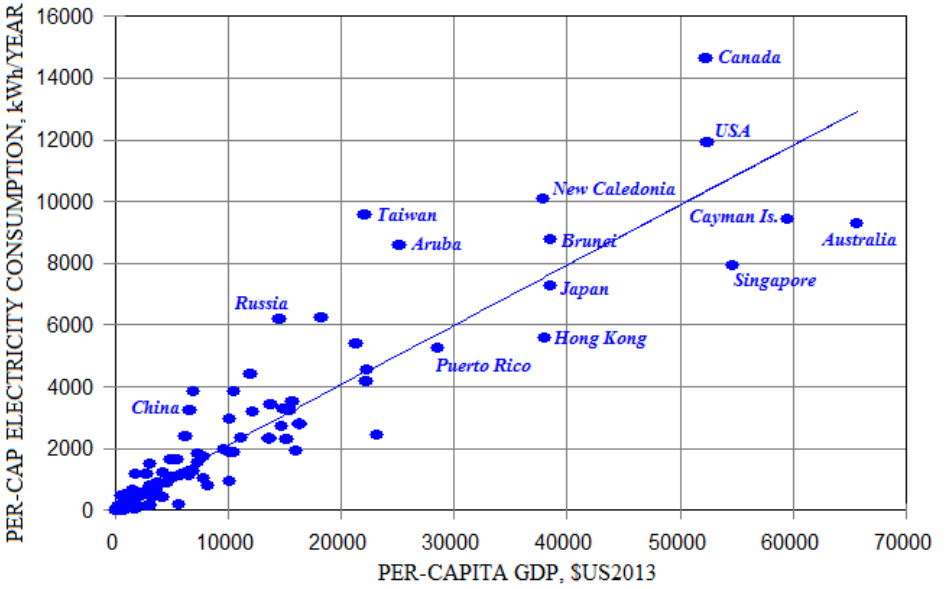
Jenis Sumber Energi	Berdasarkan Ketersedian (*Renewable Energy* / *Non Renewable Energy*)	Berdasarkan Asal Muasal Kejadian (Fosil / Non Fosil)	Berdasarkan Pemakaian (Primer / Sekunder)	Berdasarkan Nilai Komersial (Komersial, Non-Komersial, Energi Baru)
Angin				
Biomassa	R	NF	S	K
BBM	NR	F	S	K
LPG	NR	F	S	K

Berdasarkan klasifikasi yang terdapat pada Tabel 1.1., maka sumber daya alam dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu terbarukan (*renewable energy*) dan tidak terbarukae (*non–renewable energy*). Namun, pendefinisian manakah sumber energi dapat dikatakan bahwa sumber energi tersebut termasuk energi terbarukan dan tidak terbarukan didasarkan pada variabel waktu. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang terus–menerus ada dan tersedia dengan batas waktu yang tak terhingga, seperti energi matahari, angin, panas bumi dan air laut. Lawannya, yaitu energi tak terbarukan adalah sumber energi alam yang apabila dimanfaatkan akan habis pada batas tertentu dalam jangka waktu tertentu pula. Contohnya adalah minyak bumi, gas bumi dan batubara.

Sumber daya yang terbarukan juga bisa berubah menjadi sumber daya yang tak terbarukan. Hal ini didasarkan rentang waktu, laju pemakaian sumber energi, serta pembentukan energi atau regenerasi. Semisal pembangkit energi listrik yang memanfaatkan air sungai. Apabila air sungai digunakan dengan laju yang sangat masif, tentu hal ini akan menyebabkan debit air sungai semakin menurun dan akan menyebabkan sumber energi tersebut menjadi terbatas. Oleh karena itu, produksi dan konversi energi dalam bingkai pemanfaatan sumber energi tersebut harus benar–benar diperhitungkan. Begitu juga alasan kenapa sumber energi seperti batubara dan kayu masuk ke dalam sumber energi tak terbarukan karena proses regenerasinya yang lama. Maka dengan demikian, sebuah energi dapat diklasifikasikan apakah sumber energi tersebut masuk ke sumber energi terbarukan dan terbarukan berdasarkan dari laju produksi (*production rate*) dan laju pembentukan kembali atau regenerasi (*generation*).

Terkait dengan pemanfaatan energi, apabila kita menelusuri berbagai informasi yang termuat dalam berbagai artikel ilmiah, baik dalam

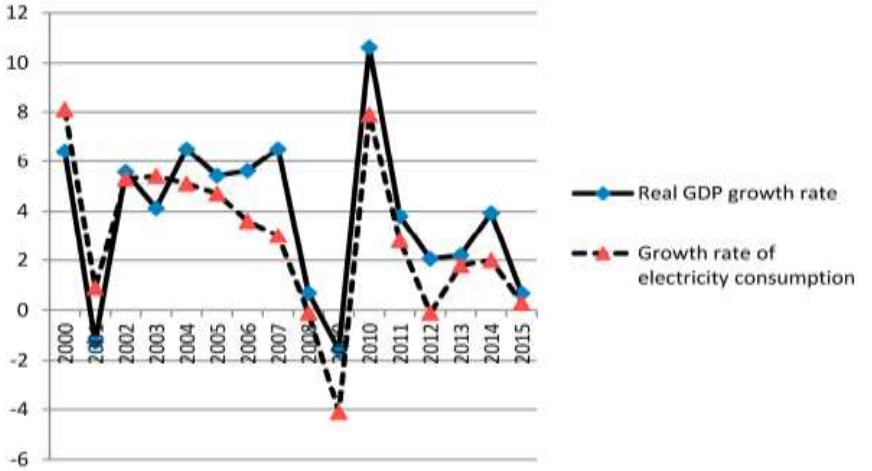
bentuk majalah, buku, artikel internasional dan lain sebagainya, kita akan menemukan pendapat bahwa bahwa rasio elektrivitas menjadi tolak ukur majunya sebuah negara. Sedangkan rasio elektrivitas berbanding lurus dengan pemanfaatan sumber energi. Jadi makin besar rasionya, maka makin banyak energi yang dimanfaatkan untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Lalu kenapa rasio elektrivitas dijadikan tolak ukur majunya sebuah negara ? Hal ini dikarenakan, dalam proses percepatan pertumbuhan pembangunan, ekonomi, politik dan keseluruhan sektor yang menjadi pilar berjalannya kegiatan dalam skala negara, hampir–hampir seluruhnya membutuhkan energi listrik sebagai modal bahan bakarnya. Hal ini berbanding lurus dengan perkembangan teknologi sekarang yang sangat memiliki ketergantungan terhadap kebutuhan listrik. Oleh karena itu, setiap usaha untuk dapat meningkatkan rasio elektrivitas menjadi tugas yang penting bagi suatu negara.



Gambar 1.2. Perbandingan antara Konsumsi Listrik Dengan Pendapatan Perkapita di Beberapa Negara di Dunia
(Sumber: http://euanmearns.com/electricity-and-the-wealth-of-nations/)

Dari Gambar 1.2 di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat elektrifitas sebuah negara, maka akan berbanding lurus dengan semakin meningkatnya GDP (*Gross Domestic Product*) atau pendapatan

perkapita suatu negara. Oleh karena itu, banyak negara yang kemudian mempertimbangkan permasalahan peningkatan rasio elektrifitas ini guna memajukan negaranya. Bahkan di negara Eropa, pemanfaatan sumber energi untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik, diperjualbelikan antar negara, sehingga konektivitas kelistrikan di negara Eropa saling tersambung antara satu negara dengan negara yang lain. Alasannya jelas, karena mengejar rasio elektrifitas untuk aktifitas produktif di negara tersebut. Bahkan dalam artikel penelitian yang dibuat oleh salah satu penelitian, diperlihatkan bahwa penurunan rasio konsumsi listrik berbanding lurus atau diikuti dengan penurunan pada pertumbuhan GDP suatu negara.



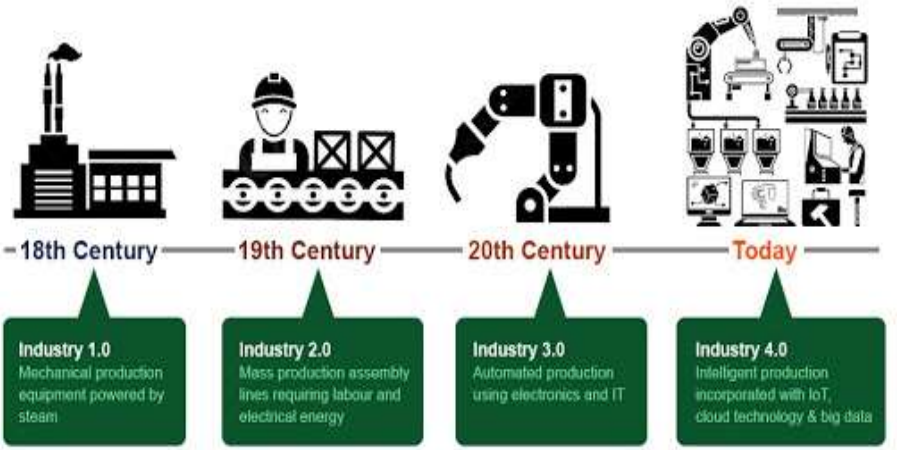
Gambar 1.3. Grafik Hubungan Konsumsi Listrik Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Negara Taiwan
(Sumber : Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from 17 Taiwanese Industries, MDPI)

1.2. Sejarah dan Evolusi Pembangkitan Energi Listrik

Dari penjelasan sebelumnya, maka dapat kita ketahui bahwa aktifitas manusia tidak dapat terlepas dari yang namanya listrik, sehingga eksplorasi dan pemanfaatan sumber energi menjadi permasalahan yang harus segera diselesaikan oleh suatu negara apabila negara tersebut ingin merasakan sebuah kemajuan. Hal ini dapat diketahui dengan cara membaca sejarah perkembangan pembangkitan energi listrik yang akan

membawa kita kesatu kesimpulan bahwa dengan listrik merupakan salah satu peralatan penting untuk mencapai kemajuan peradaban.

Industri atau sejarah awal perkembangan bagaimana sebuah industri pembangkitan energi listrik mulai berkembangan sebenarnya muncul sejak listrik mulai digunakan sebagai perangkat yang ada di rumah terutama dalam fungsi penerangan. Hal ini dimulai sekitar pada abad pertengahan, yaitu pada abad ke 19 semenjak teori kelistrikkan seperti yang termuat dalam karya Michael Faraday yang mengeluarkan sebuah teori hubungan magnet dan listrik. Dengan teori ini maka muncullah sebuah gagasan yang memungkinkan bahwa listrik dapat diciptakan dari alat penggerak (teori generator awal). Terlebih lagi setelah muncullnya lampu pijar pertama yang menjadi dasar dari perkembangan lampu pijar modern oleh Thomas Alfa Edison pada tahun 1879. Dengan adanya hal tersebut, tentu membuat kebutuhan listrik menjadi sangat berkembangan cepat di belahan dunia. Oleh karena itu, tidak mungkin sebuah energi dibangkitkan dengan skala kecil, maka muncullah ide untuk mulai membuat sebuah perangkat yang berguna untuk membangkit energi secara besar dan kemudian terciptalah generator. Terlebih lagi pada abad ke 18 ketika revolusi industri pertama tercetuskan, pertumbuhan dan kebutuhan terhadap listrik tidak terhindarkan. Terutama dalam pelayanan transportasi seperti kereta trem, kereta bawah tanah dan beberapa proyek komunikasi serta dorongan negara–negara maju dalam melakukan kolonialisasi telah membawa dampak yang sangat singifikan terhadap perkembangan teknologi listrik.



Gambar 1.4. Masa Perkembangan Teknologi Industri

(Sumber: http://mybalangan.com/news/detail/20/perbedaan-revolusi-industri-1.0---4.0.html)

Jika ditinjau dari perkembangan atau evolusi pembangkitan energi listrik dari masa ke masa, maka kita akan menemui bahwa mesin uap merupakan mesin yang pertama kali digunakan dalam industri pembangkitan energi listrik. Hal ini dikarenakan mesin uap merupakan teknologi yang paling berkembang pesat pada masa itu (abad 18) dan merupakan teknologi yang sangat mudah digunakan karena dapat membangkitan kecepatan putar dengan rotasi yang tinggi dan dapat menggerakan generator secara efektif. Masa ini terus berkembang sampai dengan masa paruh kedua abad kesembilan belas.

Pada awal abad ke 20an, muncullah sebuah mesin diesel yang dapat menjadi solusi untuk menangani produksi pada masa itu. Terutama dalam persiapan perang dunia kedua yang membutuhkan mesin pembangkit listrik yang portable. Hal ini muncul dari kelemahan mesin uap yang membutuhkan bahan bakar batubara yang dapat dikatakan berat dan juga sistem pembangkitan mesin uap yang juga cukup kompleks pada masa itu. Namun pada tahun 1950 atau masih pada abad ke 20an. Teknologi nuklir lahir. Selain teknologi ini ditujukan untuk pertahanan dan kebutuhan perang dunia, para peneliti mulai terlirik dengan kekuatan yang mampu dihasilkan oleh nuklir ini. Oleh karena itu, pembangunan tenaga nuklir mulai dipercepat. Disamping melirik kekuataan dari nuklir ini, yang menjadi motivasi besar dari para peneliti adalah energi ini sangat murah, bersih dan menarik secara teknis. Pada tahun 1970an, Amerika Serikat menjadi pengagas kemajuan teknologi nuklir. Walaupun di negara lain belum banyak yang tertarik, negara–negara imperialis pada masa itu yaitu Inggris Raya, Prancis dan Jerman telah banyak berinvestasi, terutama Rusia yang kemudian mendirikan sebuah pembangkit tenaga nuklir terbesar pada saat itu, yaitu Chornobyl pada tahun 1977.

Namun pada tahun 1973, pergolakan perang dunia antara Arab – Israel telah mengubah konsep pembangkitan teknologi listrik dunia. Hal ini disebabkan pada masa itu, pembangkitan yang ada masih tergantung pada SDA yang bersifat fosil yaitu batubara dan minyak bumi, seperti yang telah kita ketahui bersama bahwa negara–negara Arab adalah negara petro dollar yang mengeksport kebutuhan minyak dunia. Dengan adanya konflik tersebut, tentu pasokan SDA tersebut terhambat dan dapat dikhawatirkan menimbulkan resesi ekonomi dunia karena harga minyak dunia yang cenderung naik terus. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka beberapa negara mulai mengembangkan sebuah teknologi diluar SDA fosil untuk memenuhi SDA dalam pembangkitan energi listrik.

Alhasil teknologi seperti *solarcell, hidropower, geotermal dan bioenergy* mulai banyak dikembangkan bahkan sampai saat ini. Sehingga ketika kita melihat perkembangan teknologi listrik dunia, maka sebagian besar, pada tahun–tahun berikutnya akan didominasi dengan pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbarukan, terutama angin, matahari dan juga nuklir. Jika ditinjau lebih detail alasan kenapa perkembangan teknologi pembangkit energi listrik energi terbarukan ini tidak akan pernah berhenti dan akan terus berjalan sampai pada tahun–tahun selanjutnya diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tersedia melimpah di alam dan tidak akan pernah habis
2. Ramah lingkungan atau bersih dari limbah produksi energi listrik
3. Tidak perlu biaya perawatan yang tinggi apabila dibandingkan dengan teknologi pembangkitan konvensional
4. Mandiri dan tidak perlu ketergantungan dengan negara lain, seperti kebutuhan minyak bumi atau batu bara. Sehingga terbebas dengan ketergantungan harga pasar.
5. Distribusi energi yang mudah karena dapat menjangkau daerah yang terpencil.

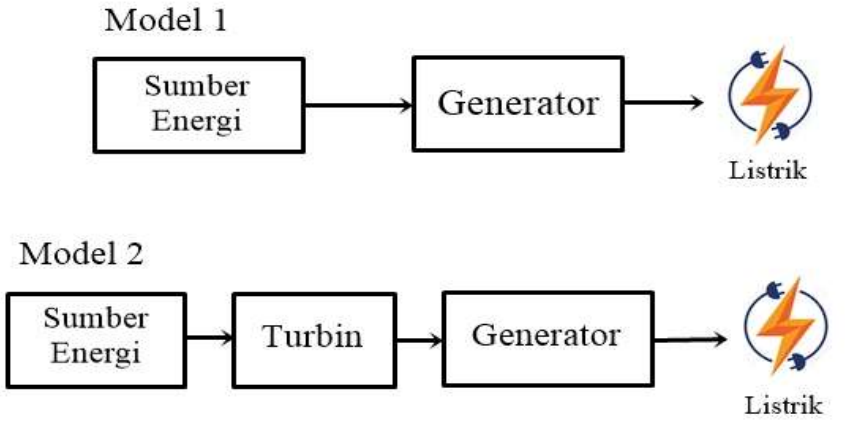
Namun, tidak serta merta perkembangan teknologi energi terbarukan ini tidak menyimpan kelemahan. Beberapa kelemahan dan hambatan yang harus dihadapi adalah sebagai berikut :

1. Investasi yang sangat mahal
2. Pasokan yang sangat bergantung dengan alam, sehingga ketika alam tidak bersahabat, maka energi yang didapatkan tidak dapat maksimum bahkan bisa menyebabkan *blackout* atau padam.
3. Volume energi yang dihasilkan tidak sebesar dengan pembangkit listrik tenaga konvesional.
4. Perlu teknologi penyimpanan yang handal karena sumber energi terbarukan memiliki periode tertentu dimana dapat menghasilkan energi maksimum dan minimum, sedangkan kontinuitas penggunaan listrik terus bertambah.

1.3. Konversi Energi

Dari pembahasan sebelumnya, kita dapat mengetahui bahwa energi listrik, tidak serta tercipta bebas di dunia. Energi listrik yang kita gunakan sekarang merupakan sebuah energi yang sengaja dibangkitkan dengan menggunakan beberapa alur pemrosesan. Alur pemrosesan tersebut

intinya adalah mengubah suatu bentuk energi ke energi yang lain atau biasa kita kenal dengan istilah konversi energi. Pengonversian energi ini disebabkan karena energi yang kita nikmati ini berasal dari sumber energi lain, bisa berupa dalam bentuk batu bara, panas bumi ataupun angin. Oleh karena yang kita butuhkan adalah energi listrik, maka semua sumber energi tersebut harus dikonversi agar dapat kita nikmati. Beberapa alur umum yang digunakan untuk mengubah energi dari satu energi ke energi listrik dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



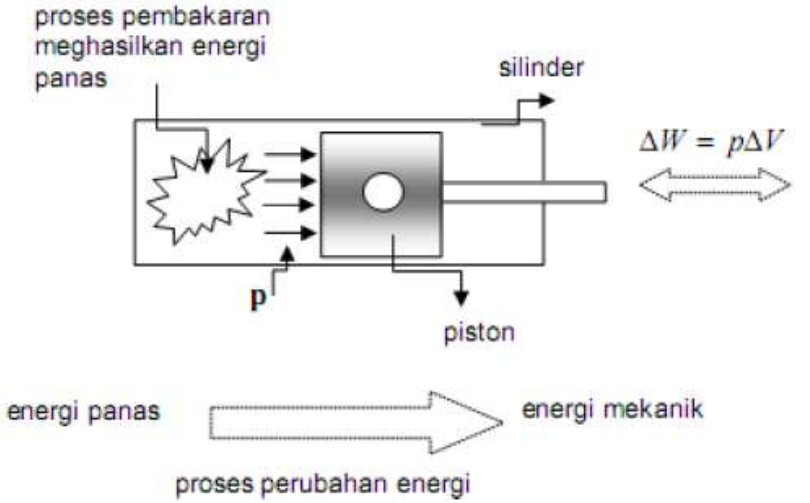
Gambar 1.5. Tipe – Tipe Pembangkitan Energi Listrik

Dari Gambar 1.5 diatas maka kita dapat mengetahui bahwa sebuah energi dapat diubah ke energi langsung secara konversi pembangkitan energi listrik, dapat dibedakan menjadi dua. Pertama generator langsung menjadi satu dengan konverter energi, kedua generator terpisah dengan konverter energi. Contoh real dari jenis pembangkitan energi listrik yang pertama adalah pembangkitan listrik pada sel cahaya matahari. Pada *solarcell* tersebut, energi yang berasal dari cahaya matahari, langsung mengenai generator listrik, sehingga *solarcell* tidak memerlukan perangkat tambahan untuk dapat mengubah energi matahari tersebut ke dalam listrik. Hal ini berbeda dengan tipe kedua. Pada tipe kedua pembangkitan energi listrik, sumber energi tidak dapat serta-merta dimanfaatkan begitu saja dan langsung digabungkan dengan generator. Perlu ada sebuah perangkat yang mengubah energi tersebut ke energi lain sehingga generator dapat menerima energi tersebut berupa putaran dan kemudian menghasilkan energi listrik. Contoh ini adalah contoh yang paling banyak kita gunakan dalam proses pembangkitan energi listrik, seperti PLT-Air yang mengubah energi gerak air menjadi energi listrik, PLT-Bayu yang mengubah energi

gerak angin ke listrik, PLT-Uap yang mengubah energi uap menjadi listrik dan masih banyak yang lainnya.

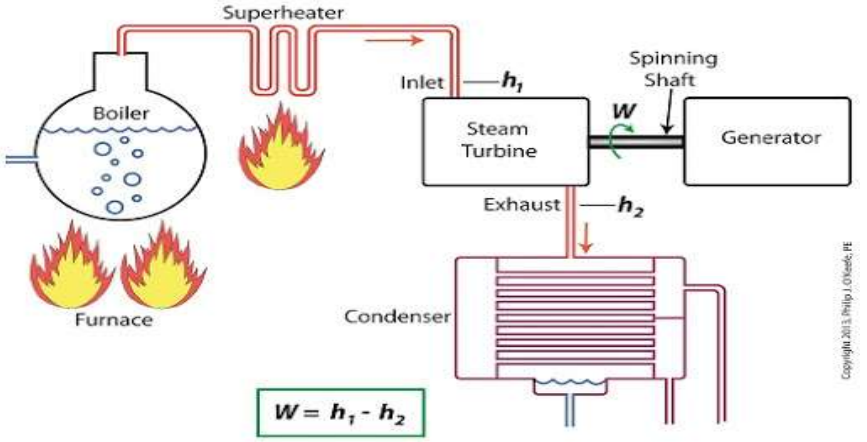
Namun yang perlu dipahami dari proses pengonversian energi, tipe kedua ini, kita akan menemui beberapa jenis pengonversian energi agar dapat diubah menjadi energi listrik. Beberapa jenis istilah perubahan energi tersebut diantaranya adalah:

Transformasi energi yang artinya adalah energi berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, seperti perubahan energi dari panas menjadi gerak pada mesin piston. Biasanya aplikasi ini terdapat pada pembangkit listrik tenaga diesel yang sama – sama memanfaatkan fungsi dari mesin piston untuk menggerakan turbin.



Gambar 1.6. Transformasi Energi Panas ke Energi Mekanik pada Piston (Nurhening Yuniarti, 2018)

Transfer energi yang artinya suatu energi ditransfer atau dipidah dari satu tempat ketempat yang lain. Bisa juga transfer energi diartikan sebagai proses perpindahan material dari satu material ke material yang lain. Contohnya adalah transfer panas pada uap air, yang semula dalam bentuk material air menjadi material uap. Aplikasi yang paling mudah diraba adalah yang terdapat pada PLT-Uap dimana mesin boiler memanaskan uap air dengan menggunakan batu bara. Kemudian uap air tersebut dialirkan atau dipindahkan ke ruang yang sudah terintegrasi dengan turbin. Karena uap air bermassa lebih rendah, maka uap air akan naik keatas dan mengenai turbin. Alhasil uap air tersebut menjadi energi penggerak turbin dan kemudian memutar generator.



Gambar 1.7. Transfer Energi Uap ke Energi Mekanik pada Mesin Uap
(Sumber: http://www.engineeringexpert.net/Engineering-Expert-Witness-Blog/tag/steam-turbine)

Perpindahan energi yang artinya suatu energi dapat berpindah secara langsung dan menyebabkan terjadi gaya pergeseran yang kita kenal dengan istilah energi mekanik. Contohnya adalah perpindahan energi air yang mengalir ataupun angin yang mengenai turbin dan menyebabkan turbin berputar. Aplikasi paling banyak terdapat pada PLT Air dan PLT Bayu atau Angin.

Gambar 1.8. Transfer Perpindahan Energi Air ke Energi Mekanik pada Turbin Air
(Sumber: https://www.pumpfundamentals.com/micro-hydro-banki.htm)

SOAL

1. Jelaskan kenapa perkembangan dunia mulai mengembangkan energi terbarukan sebagai salah satu SDA dalam pembangkitan energi listriknya?
2. Jelakan secara dan sertakan beberapa data terkait yang menunjukkan bahwa ada pengaruh antara tingkat rasio elektrivitas sebuah negara dengan pertumbuhan negara? Bisa menggunakan data data negara tertentu agar lebih spesifik.
3. Sebutkan teknologi pembangkitan energi listrik yang pertumbuhannya sangat pesat saat ini, paling bersih dan murah? Sertakan data perhitungan investasi pembuatan pembangkit listrik tersebut dan harga jual di masyarakat.
4. Menurut anda apakah memungkinkan keluaran atau ekses atau limbah sebuah pembangkit listrik dapat dikelola ulang untuk menghasilkan listrik kembali? Sebutkan contohnya dan jelaskan bagaimana mekanisme / gambaran sistem yang anda harapkan? (Teknologi masa depan yang anda harapkan ataupun teknologi yang sudah ada)

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.

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