

KONSEP ZERO ENERGY BUILDING BAGI ISLAMIC BOARDING SCHOOL DI SRAGEN

Siska Tiara Putri¹, dan Muhammad Siam Priyono Nugroho²

^{1,2}Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: Siscatiaraputri@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan penduduk menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Salah satu aspek yang terpengaruh adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya. Sejumlah ilmuwan telah memprediksi bahwa dalam beberapa tahun mendatang, sumber-sumber tak terbarukan, seperti minyak, gas alam, dan batu bara akan semakin langka dan tidak dapat diakses. Hal ini akan memiliki dampak yang sangat besar terhadap penggunaan energi di masa depan, sehingga perlunya pengembangan sumber-sumber energi terbarukan alternatif dan implementasi konservasi energi (kebijakan efisiensi energi) dalam setiap rancangan pembangunan. Indonesia menjadi negara terbesar dalam kebutuhan energi mencapai 44% dari total kebutuhan energi di kawasan Asia Tenggara. Penerapan Konsep ZEB pada bangunan Islamic Boarding School (IBS) di Sragen merupakan suatu gagasan untuk menekan penggunaan energi listrik bersumber dari PLN bagi suatu institusi pendidikan yang memerlukan efisiensi bagi dana operasionalnya. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk mendapatkan profil penggunaan energi listrik sebelum dan sesudah diterapkan Konsep ZEB, sementara metode kualitatif digunakan untuk mendapatkan alternatif strategi penerapan Konsep ZEB yang tepat bagi IBS di Sragen. Konsep ZEB dengan menggunakan beberapa strategi desain dan penggunaan sumber daya di sekitar yaitu pancaran sinar matahari, aliran air, dan aliran angin. Strategi mengefisienkan penggunaan energi listrik secara pasif yaitu ventilasi alami, pencahayaan alami, Double Façade, Green Roof and Wall serta Sistem Mirrors Duct, dan secara aktif yaitu Penggunaan Sensor, Sistem HVAC, High Volume Low Speed Fans. Optimasi agar penggunaan listrik bersumber dari PLN sangat diminimalkan atau ditiadakan antara lain dapat menggunakan panel surya, mikrohidro, dan turbin angin. Konsep ZEB ini dapat diterapkan pada bangunan institusi pendidikan maupun bangunan fasilitas publik lainnya.

Kata kunci: Boarding School, Energy Efficiency, Zero Energy Building

Pendahuluan

Dari tahun ke tahun jumlah penduduk Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di dunia terus mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan tersebut menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Salah satu aspek yang cukup terpengaruh dengan adanya penambahan jumlah penduduk adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya.

Isu mengenai krisis energi yaitu energi konvensional (tak terbarukan) yang semakin lama akan semakin habis menjadi topik hangat yang marak diperbincangkan dalam perkembangan dunia saat ini. Sejumlah ilmuwan telah memprediksi bahwa dalam beberapa tahun mendatang, sumber-sumber tak terbarukan, seperti minyak, gas alam, dan batu bara akan semakin langka dan tidak dapat diakses. Hal ini akan memiliki dampak yang sangat besar terhadap penggunaan energi di masa depan, sehingga perlunya pengembangan sumber-sumber energi terbarukan alternatif dan implementasi konservasi energi (kebijakan efisiensi energi) dalam setiap rancangan pembangunan.

Indonesia menjadi negara terbesar dalam kebutuhan energi di Asia Tenggara mencapai 44% dari total kebutuhan energi di kawasan tersebut disusul Malaysia sebesar 23% dan Thailand 20%. Data Asean Center for Energy juga mengungkap bahwa energi fosil diperkirakan akan mendominasi permintaan energi di kawasan tersebut mencapai 80% pada 2030 atau di atas realiasi pada 2011 sebesar 76% (Harjanto, 2016).



Gambar 1. Grafik Kebutuhan Energi di Negara Asia Tenggara 2010-2035 (Sumber : *International Energy Agency*, 2019)

Jika dilihat grafik diatas dari berbagai negara di Asia Tenggara, penggunaan kebutuhan energi yang paling tinggi adalah Negara Indonesia, dalam proyeksi untuk tahun 2035 mendatang meningkat sangat drastis. Baru diikuti Negara Thailand, Malaysia dan Philippines.

Konsep Zero Energy Building bagi Islamic Boarding School

Secara harfiah Konsep *Zero Energy Building* diartikan sebagai "Bangunan Tanpa Energi". Konsep *Zero Energy Building* Merupakan pemahaman tentang bangunan yang secara keseluruhan (*nett*) tidak mengonsumsi energi yang bersumber dari listrik negara (PLN) maupun bahan bakar fosil. Dengan kata lain, ZEB merupakan konsepsi bangunan yang dapat mencukupi kebutuhan energinya sendiri dari sumber energi terbarukan, seperti matahari, angin, air, bahan bakar nabati, biomassa, dan biogas. ZEB Meskipun demikian, mengingat beberapa sumber energi terbarukan, seperti energi matahari dan angin, seringkali tergantung pada kondisi cuaca yang kadang kala tidak mendukung, konsepsi ZEB masih membuka kemungkinan penggunaan energy fosil pada saat tertentu. Pada saat lain bangunan harus mampu memproduksi energi terbarukan secara berlebih untuk mengimbangi kekurangan energi pada waktu lain. Konsepsi ZEB lebih mengarah pada total energi yang dikonsumsi bangunan, antara "tekor" energi (energi yang dikonsumsi dari PLN dan generator minyak), dan *surplus energy* (energi yang dihasilkan perangkat pembangkit energi di bangunan: sel surya, baling-baling, dan biogas). Secara keseluruhan konsumsi energi bangunan harus nol atau bahkan surplus (menghasilkan energi lebih dari yang dikonsumsi).

Konsepsi ZEB tidak terkait dengan energi yang digunakan saat pembangunan (konstruksi) dan energi yang dikandung material bangunan (*embodied energy*) ketika material tersebut diproduksi, tetapi lebih kepada energi operasional yang dikonsumsi bangunan per satuan waktu tertentu. Konsepsi ZEB tidak lepas dari strategi konservasi energi bangunan yang maksimal, simultan dengan optimasi produksi energi terbarukan untuk menopang kebutuhan energi bangunan. Tanpa strategi rancangan bangunan hemat energi, konsepsi ZEB tidak akan pernah terwujud.

Penerapan Konsep ZEB pada bangunan *Islamic Boarding School* (IBS) merupakan suatu gagasan untuk menekan penggunaan energi listrik bersumber dari PLN bagi suatu institusi pendidikan yang memerlukan efisiensi bagi dana operasionalnya. IBS di Sragen adalah perencanaan sekolah sekaligus pesantren yang bergaya modern dimana IBS ini menampung jenjang pendidikan tingkat SMP hingga SMA sekaligus, guna untuk mengurangi angka putus sekolah. Keterkaitan dengan dunia pendidikan bahwasanya sekolah dapat menjadikan tempat yang tepat untuk mengedukasi hemat listrik serta pengaruh penggunaan energi fosil sebagai bahan listrik.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk mendapatkan profil penggunaan energi listrik sebelum dan sesudah diterapkan Konsep ZEB, sementara metode kualitatif digunakan untuk mendapatkan alternatif strategi penerapan Konsep ZEB yang tepat bagi IBS di Sragen. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan survei, kajian literatur, dan wawancara dengan pihak-pihak terkait. Sebagai langkah awal, dilakukan studi terhadap kegiatan dan fasilitas eksisting, site plan eksisting, dan teknologi bangunan eksisting. Melalui analisis perencanaan dan perancangan, dibuat skema fasilitas, dengan site plan yang perencanaan, dan dilengkapi teknologi bangunan yang disesuaikan.



Gambar 2. Perencanaan Site Plan IBS Sragen eksisting (Sumber: Analisis Penulis, 2019)

Analisis dan Pembahasan

Konsep *Zero Energy Building* (ZEB) adalah suatu upaya yang lebih progresif dalam mengurangi pemborosan dalam pemakaian energi tak terbarukan dan emisi gas rumah kaca, dalam penerapannya pada suatu bangunan perlu adanya strategi-strategi desain yakni secara pasif maupun aktif untuk terealisasinya suatu bangunan yang *Zero Energy Building*. Strategi desain ini merupakan teknologi-teknologi bangunan modern yang diterapkan pada bangunan IBS Sragen dimana terbagi menjadi 2 kelompok yaitu Strategi Efisiensi Tahap Awal dan Strategi Pemenuhan Zero Energy (Energi Terbarukan).

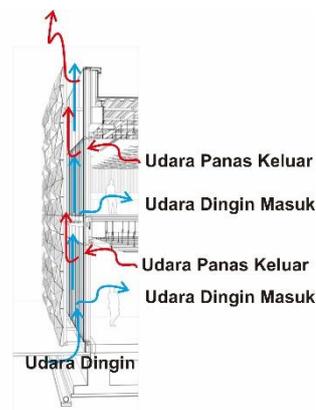
A. Strategi Efisiensi Tahap Awal

1. Strategi Desain Pasif

Pendekatan desain pasif dapat mencakup struktur bangunan itu sendiri termasuk orientasi bangunan, penempatan jendela, pemasangan skylight, dll. Dalam konsep ZEB ini berbagai langkah desain pasif menghasilkan penghematan energi 20%, berikut ini desain-desain pasif :

a. Ventilasi Alami

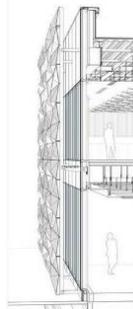
Ventilasi yang berupa bukaan untuk udara masuk dan keluar didalam ruang bangunan serta pertukaran udara yang digunakan untuk memelihara dan juga mengatur udara sesuai kebutuhan dan kenyamanan. Ventilasi alami ini dapat berupa jendela atau kisi-kisi, selain itu juga harus memperhatikan penempatan ventilasi yakni dengan konsep ventilasi horizontal maupun vertikal. Kenyamanan ruang untuk mencapai kondisi termal maka jika kecepatan angin/udara 0,1-1,0 m/dt, daerah nyaman dapat dicapai pada kondisi bersuhu 25-35 °C dan kelembaban 5-85 %.



Gambar 3. Penerapan ventilasi alami pada bangunan IBS Sragen
(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

b. Double Façade

Penerapan pada dinding sebagai fasade bangunan seperti double fasade atau skin secondary skin. Fasade bangunan berkonsep double fasade dengan dasar pertimbangan yaitu menggunakan shading pada fasade bangunan yang berfungsi sebagai penyangin sinar matahari serta membuat pembayangan pada interior bangunan. Selain shading juga terdapat rongga udara pada cela-cela fasade untuk udara masuk membawa udara dingin lalu dibagian atas terdapat cela untuk keluar udara panas yang ada pada dalam bangunan.



Gambar 4. Penerapan *Double Façade* pada bangunan IBS Sragen
(Sumber : <https://www.archdaily.com>, 2019)

c. Pencahayaan Alami

2. Strategi Desain Aktif

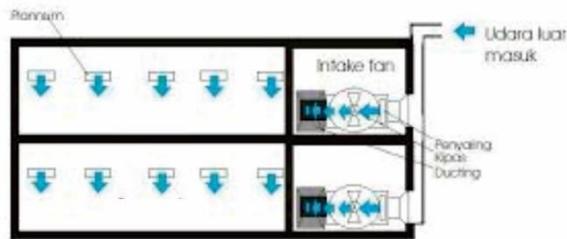
Sistem desain aktif mengacu pada sistem listrik dan mekanik seperti sistem HVAC (heating, ventilation dan air conditioning) dan sistem pencahayaan (menggunakan lampu LED). Dalam konsep ZEB ini berbagai langkah desain aktif menghasilkan penghematan 20 %, berikut ini desain-desain aktif :

a. Penggunaan Sensor

Mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia dan dapat digunakan untuk mengkonversi suatu besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Contohnya penggunaan sensor lampu dimana jika di ruangan tersebut tidak ada pengucahnya maka otomatis lampu akan mati dengan sendiri. Penggunaan sensor ini lebih diterapkan pada sistem penerangan pada malam hari yakni lampu LED dengan sistem sensor. Penerapan sensor dalam bangunan yang berkonsep ZEB ini memiliki peran penting, sensor ini bergantung pada aktivitas manusia di dalam ruangan bangunan tersebut.

b. Sistem HVAC

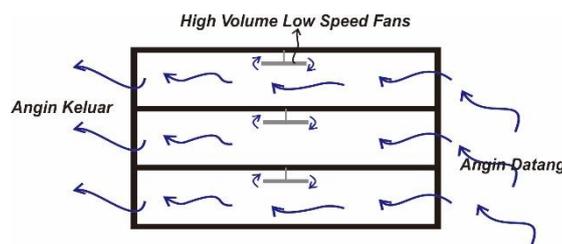
HVAC (heating, ventilation, dan airconditioning) dalam bahasa Indonesia: pemanasan, ventilasi, dan AC. Kadangkala disebut sebagai pengontrol iklim. Contohnya Pendingin / AC hemat energi, sistem mendeteksi tingkat kadar karbon dioksida dan menurunkan kecepatan kipas dan kebutuhan ventilasi, demikian juga ketika semakin sedikit orang di sekitar.



Gambar 9. Penerapan Sistem HVAC pada bangunan IBS Sragen (Sumber : Analisis Penulis, 2019)

c. High Volume Low Speed Fans

Kipas langit-langit yang besar ini menggerakkan volume udara yang besar secara efektif dengan menggunakan desain blade yang dipatenkan, yang meningkatkan penguapan untuk kenyamanan dan mengurangi suhu dirasakan secara 2°C. Kipas secara efektif mengurangi penggunaan AC yang diperlukan .



Gambar 10. Sistem High Volume Low Speed Fans pada bangunan IBS Sragen (Sumber : Analisis Penulis, 2019)

B. Strategi Pemenuhan Zero Energy (Energi Terbarukan)

Konsep Zero Energy Building dalam penggunaan energi listrik untuk memenuhi bangunan tersebut tanpa mengambil energy listrik dari PLN sehingga dengan menggunakan energi lain dengan melihat potensi sekitar site tersebut yakni energi terbarukan seperti energi sinar matahari, angin, dan air. Dalam perancangan *Islamic Boarding School* ini dalam waktu sehari asumsi pemnggunaan kebutuhan energi listrik sebagai berikut :

Table 1. Asumsi Kebutuhan Energi Listrik Sehari

No	Bangunan	Total Daya Listrik
1	Asrama (Tempat Tinggal)	270.330 Watt
2	Sekolah	447.205 Watt

3	Masjid (Ibadah)	12.240 Watt
4	Service	67.190 Watt
	Total	796965Watt 796,965 Kwh

(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

Asumsi kebutuhan penggunaan energi listrik dalam waktu sehari yaitu 796,965 kwh, sehingga untuk memperoleh energi tersebut akan disubsidi oleh energi terbarukan dengan prosentrase berikut :

Table 2. Pembagian Subsidi Kebutuha Energi Listrik

No	Energi Terbaharukan	Prosentase	Total Daya Listrik
1	Matahari	70 %	557,8755 Kw
2	Angin	15 %	119,5447 Kw
3	Air	15 %	119,5447 Kw
Total			796965 Watt 796,965 Kwh

(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

1. *Solar Panel (Energi Sinar Matahari)*

Solar panel mensubsidi energi listrik 558 Kw selama sehari, komponen yang digunakan yaitu panel surya, charge controller, batteray dan inverter. solar panel surya yang digunakan adalah solar *Fotovoltaik (PV) 250 Wp* yang dapat menampung daya listrik 250 watt/hari. Ukuran dimensi *Fotovoltaik (PV) 250 Wp* 1635 mm x 990 mm atau luas 1,62 m²

Daya listrik yang dihasilkan Solar PV 250 Wp menyerap energi matahari secara maksimal pukul 10.00 – 15.00 WIB selama 5 jam, maka, 250 Wp x 5 jam = 1250 watt/hari atau 1,25 Kwh/hari. Jumlah solar panel yang dibutuhkan 558 Kwh : 1,25 Kw = 447 buah (Pembulatan). Luas keseluruhan panel yaitu panel PV 250 Wp dengan luas 1,62 m² x 447 buah = 724,14 m². Jadi luas atap yang diperlukan untuk menempatkan solar panel seluas 724,14 m².



Gambar 11. Panel Surya Fotovoltaik (PV) 250 Wp

2. *Wind Turbin/Kincir Angin (Energi Angin)*

Turbin mensubsidi energi listrik 120 Kw selama sehari untuk bangunan tersebut, komponen turbin angin, unit pengontrol (controller), batteray, dan inverter. Energi yang dihasilkan ini bergantung terhadap hembusan angin, *Wind Turbin* dengan daya 50 Kw sumbu horisontal generator angin turbin generator 220 V. Untuk memenuhi kebutuhan listrik sehingga 120 Kwh : 50 Kw = 3 buah (Pembulatan) jadi akan terdapat 3 buah *Wind Turbin*.

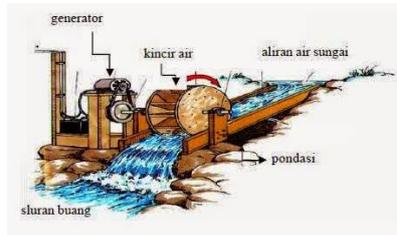


Gambar 12. Wind Turbin 50 Kwh

3. *Mikrohydro (Energi Air)*

Mikrohydro mensubsidi energi listrik 120 Kwh selama sehari untuk bangunan tersebut, komponen mikrohidro yaitu dinamoturbin, generator, kincir angin, dan aliran sungai. Energi yang dihasilkan ini bergantung pada debit air pada sungai tersebut, berdasarkan data BPS Kab Sragen tahun 2016 bahwa debit air sungai Krikilan/Sragen

sebesar 1.507 liter/detik atau 1,5 m³/detik. Sehingga dapat diasumsikan dengan rumus $P = V \times \rho_a \times h$ ($\rho_a = 9,8$ m³/detik, $h = 8,5$ m) maka, $P = 1,5 \times 9,8 \times 8,5 = 124,95$ Kw energi listrik yang dihasilkan yaitu 124,9 Kw



Gambar 13. Sistem Mikrohidro

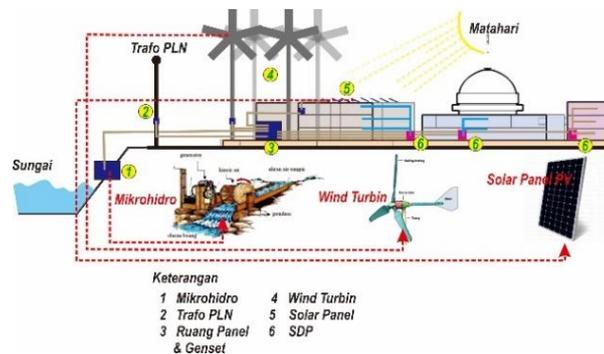
Sehingga berdasarkan hitungan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

Table 3. Subsidi Kebutuhan Energi Listrik

No	Energi Terbaharukan	Keterangan	Total Daya Listrik
1	Panel Surya PV	1,25 Kw (250 wp x 5 jam) dikali 447 buah panel	558 Kw
2	Wind Turbin	50 Kw dikali 4 buah Wind Turbin	150 Kw
3	Mikrohidro	$P = 1,5 \times 9,8 \times 8,5$	124 Kw
Total Keseluruhan			832 Kw

(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

Berikut ini skema sistem utilitas jaringan listrik,



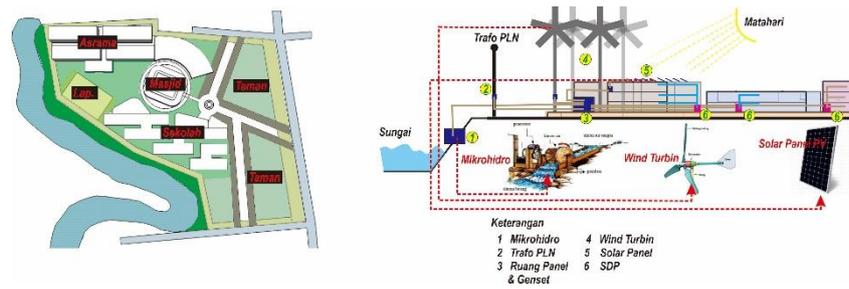
Gambar 14. Sistem Utilitas Jaringan Listrik Pada Bangunan IBS

(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

Seluruh sumber berasal dari energi terbaharukan yakni energi sinar matahari, angin dan air yang diubah menjadi energi listrik sehingga dapat memenuhi kebutuhan dari bangunan tersebut. Sebagai cadangannya tetap menggunakan sumber listrik dari PLN ini untuk jika sumber energi terbaharukan tidak dapat bekerja secara maksimal misalnya pada musim penghujan panel surya tidak dapat menyerap sinar matahari dikarena cuaca.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa Konsep Zero Energy Building adalah konsep yang meminimalkan (atau meniadakan) penggunaan energy listrik bersumber dari PLN yang dapat diterapkan di bangunan dengan menggunakan beberapa strategi desain dan penggunaan sumber daya di sekitar yaitu pancaran sinar matahari, aliran air, dan aliran angin. Strategi mengefisienkan penggunaan energi listrik secara pasif yaitu ventilasi alami, pencahayaan alami, *Double Façade*, *Green Roof and Wall* serta *Sistem Mirrors Duct*, dan secara aktif yaitu Penggunaan Sensor, Sistem HVAC, *High Volume Low Speed Fans*. Optimasi agar penggunaan listrik bersumber dari PLN sangat diminimalkan atau ditiadakan antara lain dapat menggunakan panel surya, mikrohidro, dan turbin angin. Namun dalam penerapannya konsep ZEB ini tetap memerlukan subsidi energi listik dari PLN hanya sebagai cadangan , melihat kondisi yang tidak menentu terhadap maksilmalnya pemanfaat energi alternative tersebut.



Gambar 15. Penerapan Skema Energi Alternatif pada Bangunan IBS
(Sumber : Analisis Penulis, 2019)

Daftar Pustaka

- Admin. (2019). What Is Zero Energy Building ?. dikutip 4 April 2019 dari Zero Energy Building Singapura : <https://www.bca.gov.sg/zeb/whatiszeb.html>.
- Admin. (2013). Zero Energy Building: Gedung Tanpa Energi Dan Emisi. dikutip 23 Maret 2019 dari Rumah.com : <https://www.rumah.com/berita-properti/2013/2/1060/zero-energy-building-gedung-tanpa-energi-dan-emisi>.
- Admin. (2019). Solar-Powered ZCB is the First Zero Carbon Building in Hong Kong. dikutip 27 Mei 2019 dari Inhabitat : <https://inhabitat.com/solar-powered-zcb-is-the-first-zero-carbon-building-in-hong-kong/>.
- Claudio Arfika A. L, dkk. (2017). Jurnal Manado Office Tower (Zero-Energy Building), Manado : Jurusan Arsitektur Universitas Sam Ratulangi.
- Elpetina Edelyn I. (2016). *Jurnal Penerapan Near Zero-Net Energy Terhadap Bangunan Hunian Apartemen*. Surabaya : Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Enggrila D. Magdalena, dkk. (2016). *Jurnal Implementasi Konsep Zero Energy Building (ZEB) dari Pendekatan Eco-Friendly Pada Rancangan Arsitektur*, Manado : Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi.
- Fendy, Kadek S. (2012). *Kondisi dan Permasalahan Energi Listrik di Indonesia*. dikutip 23 Maret 2019 dari Catatan Fendy Sutrisna : <https://indone5ia.wordpress.com/2012/01/04/kondisi-dan-permasalahan-energi-di-indonesia/>.
- Gunawan Billy, dkk. (2012). *Buku Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia*. Jakarta : Energy Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia.
- Putri, Siska Tiara (2019). Sragen Islamic Boarding School dengan Penekanan Konsep Zero Energy Building. Surakarta : Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wahyudi Agung B. (2017). Jurnal Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Pada Gedung P Kabupaten Tangerang Dan Gedung Tower UMB Jakarta. Jakarta : Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Zero Carbon Building, Hongkong. Web : <https://zcb.cic.hk/chi/home> diakses tanggal 17 Mei 2019