



ARCADe

JURNAL ARSITEKTUR

p-ISSN: 2580-8613 (Cetak)

e-ISSN: 2597-3746 (Online)

<http://jurnal.universitaskebangsaan.ac.id/index.php/arcade>



IMPLEMENTATION OF NET-ZERO ENERGY BUILDING CONCEPT IN THE DESIGN FACADE ARCHITECTURE BUILDINGS IN CENTRAL JAVA

Khansa Nur Ghaasyiyah¹, Dedes Nur Gandarum², Rita Walaretina³

Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti

E-mail: khansa052001600096@std.trisakti.ac.id, dedes@trisakti.ac.id, rita.walaretina@trisakti.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

20 Februari 2021

Direvisi:

1 Maret 2021

Disetujui terbit:

16 Maret 2021

Diterbitkan:

Cetak:

29 Maret 2020

Online

29 Maret 2020

Abstract: Issues relating to conventional energy and environmental sustainability is a hot topic that has been often discussed in today's developing world. Researchers have predicted that in the coming years, numerous non-renewable resources would be scarcer and harder to get access to. This phenomenon would cause a detrimental influence on energy use in the future, resulting in the need for the development of alternative energy resources and implementation of energy conservation energy efficiency policies in every construction design. One of the most essential elements in constructions that have great influence in energy savings is the construction facades. Therefore, this research will focus on types of construction facade designs using the NZEB concept approach. The method used in this research is analytical descriptive by using case studies that relate to the construction of Net-Zero Energy Building, namely: BCA Academy, ENERPOS, PT. Ungaran Sari Garments, NUS School of Design & Environment 4, dan CIC Zero Carbon Park. The purpose of this research is to identify various types of innovation façade designs of NZEB technologies that could be applied in construction that resides in Central Java considering the area has a tropical climate. In wet tropical climate, NZEB façade design technology that is applied prefers to use technologies that could prevent and reduce the fallout of sun radiation towards its buildings without sacrificing any natural light and takes advantage of the wind to minimize the usage of frosting energy in buildings.

Keyword: NZEB, Building Facade, Central Java

Abstrak Isu krisis energi konvensional dan kelestarian lingkungan menjadi perhatian khusus yang marak diperbincangkan dalam perkembangan dunia saat ini. Telah diprediksi oleh sejumlah ilmuwan bahwa dalam beberapa tahun kedepan, sumber-sumber alam tak terbarukan akan sulit dan langka untuk dikonsumsi. Masalah ini akan menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap penggunaan energi di masa depan, sehingga diperlukan pengembangan teknologi yang dapat menghasilkan sumber-sumber energi alternatif terbarukan dan implementasi kebijakan efisiensi energi di setiap rancangan bangunan. Elemen penting pada bangunan yang memiliki pengaruh besar dalam penghematan energi adalah fasad bangunan. Maka penelitian ini difokuskan pada jenis - jenis desain fasad bangunan dengan konsep NZEB (Net-Zero Energy Building). Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif analitis dengan menggunakan studi kasus bangunan NZEB, yaitu gedung BCA Academy, ENERPOS, PT. Ungaran Sari Garments, NUS School of Design & Environment 4, dan CIC Zero Carbon Park. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi berbagai macam inovasi teknologi desain fasad NZEB yang dapat diterapkan pada bangunan di Jawa Tengah dengan iklim tropis basah. Pada daerah iklim tropis basah, teknologi desain fasad NZEB yang diterapkan lebih mengutamakan teknologi yang dapat mencegah jatuhnya radiasi matahari pada bangunan tanpa menghilangkan pencahayaan alami dan memanfaatkan angin untuk meminimalisir penggunaan energi pendingin pada bangunan.

Kata Kunci: NZEB, Fasad Bangunan, Jawa Tengah

PENDAHULUAN

Isu krisis energi konvensional (tak terbarukan) dan kelestarian lingkungan menjadi perhatian khusus yang marak diperbincangkan dalam perkembangan dunia hingga saat ini. Telah diprediksi oleh sejumlah ilmuwan bahwa dalam beberapa tahun kedepan, sumber-sumber alam tak terbarukan yaitu bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam akan sulit dan langka untuk dikonsumsi dan semakin lama sumber-sumber alam tersebut tidak

dapat digunakan. Energi konvensional memakan waktu yang sangat lama untuk menggantikan sumber daya yang sudah terpakai, sehingga persediaan sumber dayanya sangat terbatas. Berkurangnya sumber daya energi konvensional, menimbulkan dampak seperti meningkatnya biaya penambangan dan lonjakan harga jual pada masyarakat yang tidak dapat dielakkan lagi dalam masa yang akan datang. Masalah ini akan menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap

penggunaan energi di masa depan, sehingga diperlukan pengembangan teknologi yang dapat menghasilkan sumber-sumber energi terbarukan alternatif dan implementasi kebijakan efisiensi energi di setiap rancangan bangunan.

Rancangan arsitektur yang diterapkan pada bangunan di Indonesia dengan mengambil desain dari negara-negara luar tanpa mempertimbangkan energi efisiensi serta kurang dalam memperhatikan keseimbangan antara bangunan dan alam, dapat mengakibatkan bangunan yang boros energi dan memperburuk kondisi lingkungan alam.

Mengingat permasalahan di atas, maka perlu dilakukan pendekatan arsitektur yang ramah lingkungan untuk meminimalisir dampak negatif terhadap energi dan kondisi lingkungan saat ini. Pendekatan bangunan ramah lingkungan (Eco-Friendly Architecture) memiliki prinsip desain bangunan hemat energi/ hemat energi, yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan energi dan sebaliknya dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan. Berdasarkan prinsip desain tersebut, maka diciptakan konsep desain bangunan hemat energi yaitu konsep Zero Energy Building (ZEB) (Magdalena & Tondobala, 2016).

Net-Zero Energy Building merupakan solusi yang efisien dalam mengatasi perubahan iklim, pertumbuhan emisi polusi dari bangunan, dan mengurangi penggunaan energi dari lingkungan binaan (Robert & Kummert, 2012). Konsep Net-Zero Energy Building dikembangkan karena mahalnya biaya listrik dan ketersediaan energi terbarukan. Gagasan konsep NZEB menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi modern serta mengonsumsi energi yang dapat diminimalkan tanpa membatasi/mengubah fungsi bangunan, kenyamanan, dan produktivitas penghuni. Hal ini dicapai melalui keseimbangan antara metode pasif dan aktif serta material dan instrumen hemat energi (Magdalena & Tondobala, 2016).

Salah satu elemen penting pada bangunan yang memiliki pengaruh besar dalam mengatasi penggunaan energi berlebihan dan meningkatkan kenyamanan termal bagi penghuni gedung adalah fasad bangunan. Maka penelitian ini difokuskan lebih dalam pada jenis-jenis desain fasad bangunan dengan pendekatan Konsep NZEB.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai macam inovasi desain teknologi Net-Zero Energy Building serta fungsi dari masing-masing desain tersebut. Kemudian, disesuaikan dengan kondisi cuaca dan lingkungan di Jawa Tengah sebagai pertimbangan dalam menentukan desain bangunan sehingga dapat diterapkan pada fasad bangunan di Jawa Tengah.

TINJUAN PUSTAKA

Zero energy building (ZEB) adalah "bangunan non-energi" artinya bangunan secara keseluruhan tidak mengkonsumsi energi dari sumber eksternal seperti Perusahaan Listrik Negara (PLN) maupun dari bahan bakar fosil, tetapi bangunan dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri melalui sumber energi

terbarukan seperti matahari, angin, air, biofuel, biomassa, dan biogas. Namun, mengingat sumber energi terbarukan tertentu, seperti energi matahari dan angin yang sangat bergantung pada kondisi cuaca yang terkadang kurang baik, konsep ZEB tetap memberikan kemungkinan untuk menggunakan energi fosil pada waktu-waktu tertentu. Di lain waktu, bangunan dapat menghasilkan energi terbarukan yang berlebihan untuk mengimbangi kekurangan energi di lain waktu. Konsep Zero Energy Building (ZEB) adalah menciptakan bangunan hijau yang berenergi rendah yang menyeimbangkan konsumsi energinya yang rendah dengan penggunaan energi terbarukan di lingkungan sekitarnya. Adapun persyaratan dalam hal konsumsi energi, bahwa indeks energi minimal harus sama dengan 50% konsumsi energi bangunan yang sesuai dengan regulasi termal lingkungan setempat (Garde et al., 2012). Pada dasarnya, ketika menerapkan konsep ZEB, kita harus memperhatikan bagaimana mencapai keseimbangan antara jumlah sumber daya yang digunakan dan jumlah sumber daya yang diproduksi. Dengan konsep ini, desain arsitektural akan memainkan peran yang sangat penting dalam mengurangi konsumsi sumber daya sebanyak mungkin, dan mengurangi beban sumber daya produksi (Pullen et al., 2012). Tanpa strategi rancangan bangunan hemat energi, konsepsi ZEB tidak akan pernah terwujud.

Salah satu metode terpenting untuk menghemat biaya dan energi secara efisien dalam sebuah bangunan adalah dengan merancang fasadnya secara cermat.

Menurut Krier (2001), *façade* diambil dari kata latin "facies" yang artinya wajah dan penampilan. Oleh karena itu Fasad diterjemahkan sebagai tampak ekterior atau depan suatu bangunan dan merupakan komponen arsitektural yang mempengaruhi desain keseluruhan pada bangunan. Fasad bangunan juga memberikan fleksibilitas arsitektur pada desain. Krier (2001) mengungkapkan komposisi pada fasad bangunan harus mempertimbangkan persyaratan fungsional dari atap, perlindungan matahari, jendela, dan bukaan pintu. Desain fasad pada dasarnya berkaitan dengan kesatuan harmonis antara proporsi, penyusunan struktur horizontal dan vertical, warna, ritme, dan elemen dekoratif. Fasad terbentuk dari beberapa elemen-elemen arsitektur, yaitu atap, dinding, jendela, pintu, material bangunan, balkon, dan finishing (Rayhan, 2009).

Desain fasad NZEB melibatkan keputusan mengenai pemilihan kaca, pemilihan material, strategi ventilasi, naungan, pencahayaan alami, estetika, beban angin, serta ekspektasi biaya pemeliharaan dan pembersihan. Fasad berdampak pada beberapa aspek tahap perancangan sebuah bangunan. Misalnya, sifat termal, karakteristik akustik, dan pencahayaan alami dipengaruhi dalam fase eksploitasi bangunan. Selain itu, dalam hal sudut pandang keamanan bangunan, seperti material penahan panas dan getaran harus diperhitungkan (Shameri et al., 2011).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian menggunakan Teknik penelitian dengan menganalisis kasus data sekunder. Studi literatur dilakukan dengan pencarian data, pengumpulan data dengan menggunakan tabel, dan penyimpulan data. Teknik pencarian serta pengumpulan data digunakan sebagai batasan dalam pembahasan masalah yang diangkat, didahului dengan mengkaji berbagai teori NZEB secara umum, teori desain ekterior konsep bangunan NZEB serta fungsi dari masing-masing desain yang dikaitkan dengan pengaruh bentuk serta material pada eksterior bangunan, yang kemudian mengaitkannya dengan arsitektur tropis di daerah Jawa Tengah. Kemudian teori Pustaka tersebut, digunakan sebagai bahan diskusi dalam menganalisis desain serta pemanfaatan inovasi teknologi NZEB yang dapat diterapkan di Jawa Tengah.

Studi kasus bangunan NZEB yang akan dikaji diambil dari lima bangunan yang menerapkan konsep NZEB dari beberapa negara.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Klim yang diambil untuk digunakan sebagai acuan dalam menyesuaikan desain fasad bangunan NZEB adalah iklim di daerah Provinsi Yogyakarta, Jawa Tengah. Diambil dari situs resmi pemerintahan Kota Yogyakarta bahwa kondisi iklim di Yogyakarta sama dengan wilayah lain di Indonesia, yaitu beriklim tropis dengan tipe iklim Muson Tropis (Am). Suhu tahunan di Yogyakarta antara 16oC – 38.2 oC dengan rata-rata kelembapan 24.7%. Angin yang bertiup di Yogyakarta pada umumnya adalah angin muson dengan rata-rata kecepatan 5-16 knot/jam.

Ada banyak cara untuk meningkatkan kinerja fasad NZEB. Sebuah studi (U.S. Department of Energy, 2018) menemukan bahwa memiliki integritas termal yang baik akan lebih efektif untuk mengurangi perpindahan panas dan perolehan panas melalui fasad bangunan dan demikian mengurangi beban pendinginan untuk NZEB di iklim panas.

Strategi desain fasad diperoleh dari beberapa studi kasus desain – desain bangunan dengan konsep fasad NZEB. Studi kasus diambil dari berbagai macam negara yang beriklim panas lembab, tidak jauh berbeda dengan kondisi iklim di Yogyakarta, sehingga desain-desain yang diteliti dapat diterapkan pada bangunan. Desain-desain yang diambil dan diterapkan pada bangunan akan dilihat dari sisi fungsinya.

Tabel 1. Fitur Desain dan Pilihan Teknologi untuk Fasad bangunan NZEB di iklim panas dan lembab

No.	Nama Bangunan	Lokasi	Atap	Dinding	Jendela	Peneduh Eksternal
1.	BCA Academy	200 Bradwell Road, Singapore (Tropical Rein)	1. Modul BIPV berventilasi di atas atap logam 2. Insulasi Rockwool	-	1. Double Glazed Unit 2. Light Shelves 3. Hori	1. Fasad Terintegrasi dengan PV 2. Vertical Greening

		forest)	3. Greenro of 4. Pipa Cahaya 5. Solar Chimney		zontal dan Vertical garis hollow	
2.	University of La Reunion's ENERPOS	Saint-Pierre, La Reunion, Madagascar (Tropical)	1. BIPV diatas atap 2. Insulasi Polyester 3. kongkrit	1. Concrete Walls	1. Jendela Louvre	1. Wooden Strips sebagai Solar shading 2. Wood siding dan mineral wood untuk insulasi dinding (Timur)
3.	PT. Ungaran Sari Garments	Semarang, Indonesia (Tropical)	1. BIPV (Building Integrated Photovoltaic) Solar Roof	-	1. Light Shelves	1. Overhang
4.	NUS School of Design & Environmental 4	Singapore (Tropical Rain forest)	1. Atap Solar BIPV (Building Integrated Photovoltaic)	1. Concrete Walls	1. Double Glazed Unit 2. Light Shelves 3. Jendela Louvre	1. Panel Perforated Aluminium bergelombang (Fasad Timur dan Barat) 2. Overhang
5.	CIC Zero Carbon Park	Hongkong (Sub-Tropical)	1. Atap Solar BIPV (Building Integrated Photovoltaic) 2. Pipa Cahaya 3. Wind Catcher 4. Greenro of	1. Green wall	1. Light Shelves	-

Sumber: Hasil Pengolahan Data
Beberapa studi kasus yang telah di analisis mengungkapkan beberapa karakteristik umum dari fitur desain fasad arsitektur dan sistem selubung bangunan NZEB di iklim panas dan lembab. Seluruh bangunan pada studi kasus mengadopsi selubung bangunan berkelanjutan untuk dinding dan atap. Seluruh studi bangunan mengadopsi teknologi BIPV (Building Integrated Photovoltaic) pada bagian atap. BIPV merupakan material fotovoltaik yang digunakan untuk menggantikan bahan bangunan konvensional pada bagian selubung bangunan seperti atap, skylight, atau dinding fasad. Penggunaan fotovoltaik pada atap biasa disebut dengan Solar Rooftop Photovoltaic, metode atap ini adalah menghasilkan energi listrik dengan

mengubah cahaya matahari menjadi listrik dengan menggunakan efek fotovoltaik (PV) (Shukla et al., 2016).



Gambar 1. Atap Solar PV, Gedung ENERPOS
Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>



Gambar 2. Atap Solar PV berventilasi, Gedung BCA Academy, Singapore
Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>

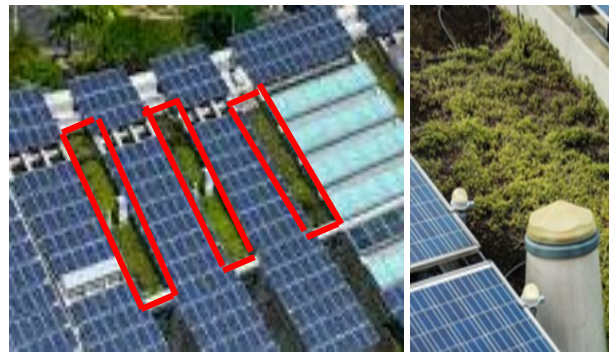


Gambar 3. Atap Solar PV, Gedung PT-Ungaran Sari Garments (PA6&7) Semarang, Indonesia
Sumber: <https://nzeb.in/>

Dua kasus yang diteliti menggunakan atap greenroof. Greenroof merupakan sebagian atau seluruh permukaan atap ditutupi oleh vegetasi dan media tumbuhan yang ditanam. Penerapan greenroof pada atap dapat membantu mengurangi transmisi panas sinar matahari. Meskipun nilai-U atap hijau sulit ditentukan, atap hijau tetap memiliki performa termal yang sangat baik karena memiliki lapisan bangunan yang tebal. Atap hijau juga mengurangi fenomena urban heat island karena sebagian besar radiasi matahari yang jatuh ke atap akan diserap oleh tanaman untuk transpirasi dan penguapan (Jakarta, 2012). Pada musim panas, greenroof/atap hijau dapat mengurangi panas melalui atap bangunan sekitar 80%, dan atap hijau dapat mengurangi konsumsi energi sebesar 2,2% – 16,7% di musim panas, dibandingkan dengan atap tradisional (Besir & Cuce, 2018).



Gambar 4. Greenroof, Gedung BCA Academy, Singapore
Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>



Gambar 5. Greenroof, Gedung CIC Zero Carbon Park, Hongkong
Sumber: <https://nzeb.in/>

Penelitian juga telah menemukan bahwa melengkapi NZEB dengan permukaan atap reflektif untuk memantulkan radiasi matahari tidak hanya dapat secara efektif mengurangi beban pendingin gedung, tetapi juga membantu kota-kota mengurangi urban heat island di musim panas (Levinson & Akbari, 2010).

Pada bagian atap juga terdapat pipa cahaya, solar chimney, dan wind catcher yang diterapkan pada 2 kasus diatas. Pipa cahaya merupakan pipa yang menonjol dan melekat pada atap yang berguna untuk menyalurkan sinar matahari langsung ke dalam bangunan (Magdalena & Tondobala, 2016).



Gambar 6. Pipa Cahaya Vertikal Gedung BCA Academy, Singapore
Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>



Gambar 7. Pipa Cahaya Horizontal Gedung BCA Academy, Singapore

Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>
Solar chimney pada dasarnya merupakan penyerap energi matahari dengan bagian atas berbentuk shaft vertikal dan bawah bangunan terbuka, digunakan untuk menginduksi aliran udara melalui sebuah bangunan ketika radiasi matahari menyimpannya, saat *Solar Chimney* beroperasi pendingin ruangan akan mati, sehingga menyediakan sirkulasi udara yang baik serta menghemat energi (Harris & Helwig, 2007).



Gambar 8. Solar Chimney Gedung BCA Academy, Singapore

Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>

Wind catcher merupakan elemen arsitektural yang dipasang pada atap bangunan dengan bentuk menyerupai menara dan digunakan untuk menangkap angin yang digunakan sebagai sistem ventilasi. Demikian pula, wind catcher tidak terlalu efisien untuk daerah dengan kecepatan angin rendah (Saadatian et al., 2012).



Gambar 9. Wind Catcher Gedung CIC Zero Carbon Park, Hongkong

Sumber: <https://nzeb.in/>

Masuk pada dinding bangunan, untuk bangunan di AS, Indonesia, dan negara maju lainnya, nilai U rata-rata dinding luar dan atap untuk NZEB di iklim panas dan lembab adalah $0,325 \text{ W / m}^2 \text{ K}$ dan $0,214 \text{ W / m}^2 \text{ K}$, yang masing-masing lebih rendah dari standar bangunan komersial AS persyaratan ASHRAE 90.1 untuk zona iklim 1 yaitu 0.504 dan $0.273 \text{ W / m}^2 \text{ K}$ (Feng et al., 2019). Menurut peraturan Gubernur DKI Jakarta no. 38/2012 tentang selubung bangunan bahwa semakin rendah nilai-U maka semakin baik karena transfer termal yang lebih rendah. Salah satu kasus diatas menggunakan material concrete, concrete memiliki nilai-U $0,16 \text{ W / m}^2 \text{ K}$, dimana nilai-U concrete lebih rendah dari nilai-U rata-rata pada bangunan beriklim tropis basah. Sehingga penerapan material concrete cocok untuk bangunan beriklim tropis basah.

Dalam kasus lain, bagian dinding menggunakan dinding greenwall. Greenwall merupakan struktur vertical yang memiliki berbagai jenis tanaman melekat pada dinding. Umumnya greenwall memiliki sistem irigasi didalamnya. Greenwall digunakan untuk mengurangi suhu permukaan dinding sekitar 7-10 celcius, sehingga dapat mengurangi pemakaian AC. Tanaman hijau yang melekat dan menghiasi permukaan keras bangunan dapat mendinginkan udara sekitar melalui transpirasi dan fotosintesis sehingga udara sekitar bangunan tetap terjaga dengan baik (Feng et al., 2019).



Gambar 10. Wind Catcher Gedung CIC Zero Carbon Park, Hongkong

Sumber: <https://www.urbis.com.hk/>

Empat dari 5 kasus bangunan menerapkan sistem light shelves pada bagian jendela. Light shelves merupakan sebuah lempengan material yang disisipkan pada jendela, perannya adalah untuk memantulkan cahaya matahari ke dalam ruangan. Reflektor utama pada Light Shelves terdiri dari permukaan yang melengkung dan tersegmentasi untuk mengarahkan sinar matahari sesuai perubahan ketinggian matahari. Setiap segmen permukaan dihitung dengan hati-hati, berdasarkan orientasi jendela dan garis lintang tapak, untuk memastikan sinar yang masuk akan mengenai reflektor cetakan pada sudut optimal untuk diarahkan ke ruangan (Beltrán et al., 1997).



Gambar 11. Light Shelves Gedung BCA Academy, Singapore

Sumber: <https://www.bca.gov.sg/>

Untuk kaca jendela 2 kasus diatas menggunakan material double-glazed unit. Kaca double-glass merupakan kaca yang dibentuk oleh 2 panel kaca, dengan terciptanya ruang antara panel yang memiliki ketebalan beberapa milimeter. Menggunakan double-glazed unit yang berisi gas inert sebagai pengganti udara dalam unit kaca dapat secara substansial meningkatkan efisiensi termal karena suhu ruangan terjaga dengan baik dan stabil serta mengurangi transmisi kebisingan. Mengurangi kehilangannya panas dari jendela yang tertutup rapat akan meningkatkan kinerja bangunan, mengurangi tagihan bahan bakar konsumen, dan mengurangi beban lingkungan akibat polusi atmosfer (Weir & Muneer, 1998). Beberapa teknologi kaca yang muncul seperti elektrokromik, kaca kromik termal, dan kaca reflektif biasanya juga diterapkan di NZEB dan dapat memperkuat pantulan radiasi matahari dan mengurangi konsumsi energi pendinginan di iklim panas.

Dua dari kasus menerapkan bentuk jendela louvre yang terdiri dari sepasang tiang tiang berlawanan yang masing-masing memasang sejumlah dudukan bilah horizontal yang dimiringkan, diantara bilah kisi terdapat material kaca. Jendela louvre digunakan sebagai pelindung dari sinar matahari langsung dan hujan (Hutt et al., 2000).



Gambar 12. Jendela Louvre Gedung NUS School of Design & Environment 4, Singapore
Sumber: <https://nzeb.in/>



Gambar 13. Jendela Louvre, Gedung ENERPOS
Sumber: <https://www.hpomagazine.org/>

Banyak kasus bangunan telah mendemonstrasikan penggunaan sistem fenestrasi bangunan canggih di zona iklim panas dan lembab. Sebuah studi telah menemukan bahwa shading windows dapat mengurangi sekitar 25% beban pendinginan musim panas dan pengurangan penggunaan energi total sekitar 20%. Untuk rumah adat yang lebih besar, energi pendinginan terdiri dari 70% beban pendinginan musim panas menggunakan jendela tak berbayang, sedangkan pada casing jendela berbayang, energi pendinginan hanya menyumbang 45% dari total penggunaan energi (Haque et al., 2004).

Satu dari kasus diatas menggunakan double skin façade terintegrasi panel Fotovoltaik yang dapat digunakan untuk menangkap sinar matahari yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, energi panas, serta dapat digunakan untuk penerangan pada siang hari (Shameri et al., 2011).



Gambar 14. Double-Skin Fasad Louvre terintegrasi panel Fotovoltaik, Gedung BCA Academy, Singapore
Sumber: <https://www.hpomagazine.org/>

Overhang, panel perforated aluminium, wooden strips, dan vertical greening juga diterapkan pada bangunan sebagai peneduh eksternal. Menurut Edward Mazria, dengan mendesain bentuk overhang horizontal secara tepat sesuai kalkulasi sudut matahari, sistem naungan tersebut dapat meminimalkan perolehan matahari di musim panas. Arsitek Cina Xia Changshi telah mengusulkan serangkaian metode desain naungan pada 1960-an-1980-an untuk daerah beriklim panas dan lembab. Menurut peta lintasan matahari di Guangzhou, sebuah kota di ujung selatan China yang terletak di 23 ° lintang utara, Mr. Xia menyarankan proyeksi

overhang harus dua per lima dari tinggi jendela di timur ke arah barat horizontal.

Studi juga menunjukkan bahwa menggunakan perangkat peneduh yang dapat dioperasikan dapat mengelola radiasi matahari dan siang hari dengan lebih baik, untuk meminimalkan perolehan panas matahari dan di musim panas dan juga memberikan penerangan siang hari yang dapat diterima (Feng et al., 2019).



Gambar 15. Overhang, Gedung NUS School of Design & Environment 4, Singapore
Sumber: <https://nzeb.in/>

Satu kasus menerapkan vertical greening sebagai perangkat peneduh. Penggunaan penghijauan vertical memiliki dampak penting pada kinerja termal bangunan dan juga pengaruh terhadap lingkungan perkotaan. Tanaman berfungsi sebagai filter matahari dan mencegah absorpsi radiasi panas secara ekstensif pada bahan bangunan. Penghijauan vertikal dapat memberikan potensi pendinginan pada permukaan bangunan, yang sangat penting selama periode musim panas di iklim yang lebih hangat seperti iklim tropis (Perini et al., 2011). Vertical greening berbeda dengan greenwall, vertical greening ditanam pada media tanam dan diletakkan secara vertikal, sedangkan greenwall atau green façade adalah dinding yang ditumbuhi oleh tanaman.



Gambar 16. Vertical Greening, Gedung BCA Academy, Singapore
Sumber: <https://www.hpomagazine.org/>

Perangkat peneduh lain seperti panel perforated aluminium dan wooden strips dapat memberikan perlindungan terhadap intrusi, silau, dan panas sinar matahari langsung secara optimal jika bukaan serta peletakkannya disesuaikan dengan baik. Perangkat peneduh eksternal lebih efektif dalam mengurangi penerimaan panas matahari karena dapat menghalangi radiasi matahari sebelum mencapai selubung bangunan. Peneduh eksternal perlu dirancang dengan sangat hati-hati agar tidak hanya untuk mengurangi beban pendinginan tetapi juga untuk menciptakan arsitektur yang estetis, dengan

tetap mempertimbangkan kinerja pencahayaan alami (Jakarta, 2012). Jenis, ukuran, dan posisi perangkat peneduh bergantung pada iklim dan fungsi bangunan. Sumber cahaya dapat dikecualikan, apakah itu sinar matahari langsung dari sudut tinggi atau sudut rendah, cahaya langit yang menyebar, atau cahaya yang dipantulkan dari trotoar eksterior di jalan luar (Shameri et al., 2011).



Gambar 17. Panel Perforated Alumunium, Gedung NUS School of Design & Environment 4, Singapore
Sumber: <https://nzeb.in/> & <https://www.arch2o.com/>



Gambar 18. *Wooden Strips*, Gedung ENERPOS
Sumber: <https://www.hpbmagazine.org/>

KESIMPULAN

Studi kasus yang diambil untuk dijadikan referensi dalam memilih desain fasad menggunakan 5 kasus bangunan yang menerapkan konsep Net-Zero Energy Building, yaitu gedung BCA Academy, ENERPOS, PT. Ungaran Sari Garments, NUS School of Design & Environment 4, dan CIC Zero Carbon Park.

Berdasarkan tinjauan fungsional masing-masing desain fasad dapat disimpulkan bahwa bangunan di daerah beriklim panas lebih menggunakan teknologi yang dapat mencegah atau mengurangi jatuhnya radiasi matahari pada bangunan tanpa mengorbankan pencahayaan alami dan memanfaatkan angin untuk meminimalisir penggunaan energi pada bangunan. Komponen sinar matahari terdiri dari cahaya dan panas, hanya komponen cahayanya saja yang dimanfaatkan untuk bangunan dan menepis panasnya.

Desain-desain fasad NZEB yang dapat diterapkan di Yogyakarta, Jawa Tengah melalui studi kasus yang telah diteliti adalah sebagai berikut:

1. Atap

- Atap Solar Fotofoltaik (Menghasilkan Energi Listrik)
- Atap Hijau / *Greenroof* (Penyerapan air dan Pendingin bangunan)
- Pipa Cahaya (Penerangan Alami)
- Solar Chimney (Ventilasi Alami)

2. Dinding

- Dinding Hijau / *Greenwall* (Pendingin bangunan dan peneduh)
- *Concrete Wall*

3. Jendela

- Double glazed unit (Terhindar oleh bising dan suhu ruangan terjaga)
- Light Shelves (Pemantul Cahaya)
- Jendela Louvre (Peneduh dari matahari dan hujan)

4. Peneduh Eksternal

Menjaga bangunan dari panas dan radiasi matahari dan menjaga suhu dalam bangunan.

- Fasad terintegrasi fotovoltaiik (Menghasilkan energi listrik dan Penerangan)
- *Verical Greening*
- *Wooden Strips* dan *Wooden siding*
- Overhang
- Panel Perforated Alumunium

Dilihat dari sisi fungsional masing-masing desain fasad yang telah dianalisis, seluruh desain fasad studi kasus dapat menutupi masalah-masalah desain yang ada untuk bangunan daerah panas lembab, sehingga cocok untuk diterapkan pada bangunan di Jawa Tengah yang beriklim tropis. Tetapi *wind catcher* tidak terlalu efisien untuk diterapkan di Yogyakarta karena kecepatan angin kurang dari 25 knot/jam.

Secara keseluruhan penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam membahas strategi desain fasad bangunan NZEB yang layak untuk diterapkan pada bangunan yang berlokasi di daerah beriklim panas lembab / tropis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penulisan jurnal ini terutama kepada Ibu Dedes Nur Gandarum selaku pembimbing utama dan juga Ibu Rita Walaretina selaku pembimbing pendamping, yang telah memberikan masukan dan dukungan dalam mengerjakan publikasi ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Beltrán, L. O., Lee, E. S., & Selkowitz, S. E. (1997). Advanced optical daylighting systems: Light shelves and light pipes. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 26(2), 91–106. <https://doi.org/10.1080/00994480.1997.10748194>
- Besir, A. B., & Cuce, E. (2018). *Green roofs and facades: A comprehensive review*. 82(September 2017), 915–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>
- Feng, W., Zhang, Q., Ji, H., Wang, R., Zhou, N., Ye, Q., Hao, B., Li, Y., Luo, D., & Lau, S. S. Y. (2019). A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114(July), 109303. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109303>
- Garde, F., Ottenwelter, E., & Bornarel, A. (2012). Integrated building design in tropical climates: Lessons learned from the ENERPOS net zero energy building. *ASHRAE Transactions*, 118(PART 1), 81–89.
- Haque, M. T., Haque, M. T., Tai, L., & Ham, D. (2004). *Landscape Design for Energy Efficiency*.
- Harris, D. J., & Helwig, N. (2007). *APPLIED Solar chimney and building ventilation*. 84, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2006.07.001>

- Hutt, U., Examiner, P., Stodola, D. P., Application, F., & Data, P. (2000). *Louvre Window Assembly*. 19.
- Jakarta, P. P. D. (2012). *Selubung Bangunan* (Vol. 1, Issue 38).
- Levinson, R., & Akbari, H. (2010). *Potential benefits of cool roofs on commercial buildings: conserving energy, saving money, and reducing emission of greenhouse gases and air pollutants*. 53–109. <https://doi.org/10.1007/s12053-008-9038-2>
- Magdalena, E. D., & Tondobala, L. (2016). Implementasi Konsep Zero Energy Building (Zeb) Dari Pendekatan Eco-Friendly Pada Rancangan Arsitektur. *Media Matrasain*, 13(1), 1–15.
- Perini, K., Ottel , M., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., Raiteri, R., Doernach, R., & Ungers, O. M. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46(11), 2287–2294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>
- Pullen, S., Chiveralls, K., Zillante, G., Palmer, J., Wilson, L., & Zuo, J. (2012). Minimising the impact of resource consumption in the design and construction of buildings. *Australian and New Zealand Architectural Science Association (ANZAScA) Annual Conference, January*. <http://anzasca.net/wp-content/uploads/2014/02/p32.pdf>
- Robert, A., & Kummert, M. (2012). Designing net-zero energy buildings for the future climate, not for the past. *Building and Environment*, 55, 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.12.014>
- Saadatian, O., Haw, L. C., Sopian, K., & Sulaiman, M. Y. (2012). Review of windcatcher technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1477–1495. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.037>
- Shameri, M. A., Alghoul, M. A., Sopian, K., Zain, M. F. M., & Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1468–1475. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.016>
- Shukla, A. K., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2016). Design, simulation and economic analysis of standalone roof top solar PV system in India. *Solar Energy*, 136, 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.009>
- Weir, G., & Muneer, T. (1998). Energy and environmental impact analysis of double-glazed windows. *Energy Conversion and Management*, 39(3–4), 243–256. [https://doi.org/10.1016/s0196-8904\(96\)00191-4](https://doi.org/10.1016/s0196-8904(96)00191-4)