

# EVALUASI KONSEP GREEN BUILDING DAN REKOMENDASI PENERAPAN TEKNOLOGI PADA BANGUNAN (Studi Kasus : The Curve Nx, Malaysia)

Muhammad Naufal Raga Pratama<sup>1</sup>, Sugini<sup>2</sup>

Program Studi Profesi Arsitek, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,  
Yogyakarta

Surel: <sup>1</sup> naufalraga1@gmail.com; <sup>2</sup> sugini@uii.ac.id.

Vitruvian vol 10 no 3 Juni 2021

Diterima: 11 01 2021 | Direvisi: 22 06 2021 | Disetujui: 25 06 2021 | Diterbitkan: 30 06 2021

## ABSTRAK

Konsep green building merupakan bentuk kepedulian dan respon dari isu perubahan iklim dan permasalahan lingkungan global diseluruh belahan dunia. Beberapa negara telah memiliki sistem ratingnya masing-masing, yang berfungsi sebagai standar acuan dalam penilaian konsep green building pada bangunan. Adapun tujuan pada penelitian ini untuk menguji, mengevaluasi serta menilai bagaimana bangunan The Curve Nx Malaysia dalam mengimplementasikan beberapa aspek green building berdasarkan referensi alat pemeringkatan Green Mark dari Singapura, serta rekomendasi smart technology untuk meningkatkan kinerja bangunan. Penelitian ini menggunakan metode assesment atau penilaian terhadap bangunan dengan kriteria dan aspek tertentu pada rating tools green building Singapura yaitu Green Mark dengan kategori Existing Non-Residential Building. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian, terdapat beberapa parameter yang masih belum memenuhi tolok ukur yang ada, seperti performa fasad dengan nilai ETTV yang sangat tinggi, penggunaan ventilasi alami yang minim, tidak adanya sensor karbon monoksida di area parkir, dan keterbatasan penggunaan ventilasi alami dan area hijau pada site dan bangunan. Sehingga rekomendasi teknologi yang diberikan diharapkan membantu dalam memenuhi parameter rating tools dan berperan dalam perbaikan lingkungan sekitar.

**Kata Kunci:** Bangunan hijau, alat peringkat, green mark, teknologi pintar

## ABSTRACT

*The concept of green building is a form of concern and response from the issue of climate change and global environmental problems around the world. Some countries already have their own rating system, which serves as the reference standard in the assessment of the concept of green building in the building. The purpose of this study is to test, evaluate and assess how The Curve Nx Malaysia building in implementing several aspects of green building based on green mark rating tool reference from Singapore, as well as smart technology recommendations to improve building performance. This study uses the method of assessment or assessment of buildings with certain criteria and aspects in the rating tools green building Singapore green mark with category Existing Non-Residential Building. The results of this study found that after testing there were several parameters that still did not meet the existing benchmarks, such as facade performance with very high ETTV values, minimal use of natural ventilation, absence of carbon monoxide sensors in the parking area, and limited use of natural ventilation and green areas on sites and buildings. So that the technology recommendations given will help fill the parameters of the rating tools and play a role in improving the surrounding environment*

**Keywords:** Green building, rating tools, green mark, smart technology

## PENDAHULUAN

Peningkatan emisi karbon dioksida menyebabkan efek yang cukup berarti bagi perubahan iklim global. Dimana CO<sub>2</sub> sendiri

merupakan salah satu penyebab utama dari efek gas rumah kaca, yang selanjutnya efek gas rumah kaca menyebabkan kenaikan temperatur bumi, sehingga hal inilah yang

memicu mencairnya gletser pada kutub serta lapisan es pada dataran tinggi. Peningkatan CO<sub>2</sub> tersebut bukan hanya dihasilkan dari aktivitas transportasi dan industri yang menggunakan bahan bakar fosil tetapi juga dihasilkan dari penggunaan listrik pada bangunan, terutama pada sistem tata udara atau pendingin, karena menyumbang setidaknya 50- 70% dari total penggunaan energi bangunan (Soegijanto, 1993).

Sebagai bentuk respon dan dari isu perubahan iklim dan permasalahan lingkungan tersebut, lahirlah konsep green building atau bangunan ramah lingkungan yang kini kian marak diterapkan pada bangunan-bangunan di beberapa negara di dunia. Konsep green building diharapkan dapat meminimalkan emisi karbon dari sektor bangunan, karena menurut GBCI sekitar 30-40% emisi CO<sub>2</sub> dihasilkan oleh sektor bangunan tersebut.

Penerapan green building merupakan suatu bentuk kepedulian seluruh pihak terhadap kelestarian dan keselamatan lingkungan terutama pada sektor bangunan dan konstruksi, dimana bangunan akan dinyatakan sebagai green building apabila telah memenuhi persyaratan-persyaratan yang ditentukan. Beberapa negara telah memiliki sistem ratingnya masing-masing, yang berfungsi sebagai standar acuan dalam penilaian.

Singapura dapat menjadi contoh bagi negara-negara tetangganya terutama Indonesia dalam penerapan konsep green building, karena merupakan negara yang sama-sama beriklim tropis, dengan penerapan konsep green building yang cukup baik. Singapura dalam makalah berjudul White Paper ; Top 10 Global Cities for Green Buildings oleh Solidiance pada 2016 lalu dinyatakan sebagai kota teratas di Asia untuk bangunan hijauanya. Ini tak lepas dari penggunaan rating toolsnya yaitu Green Mark yang terbentuk pada tahun 2005 oleh Building Construction Authority (BCA), sebagai respon untuk mengatasi meningkatnya penggunaan energi yang berdampak pada emisi gas rumah kaca, serta untuk mendorong tercapainya pembangunan yang berkelanjutan. (Siva, 2017). Green Mark memiliki standar pengukuran yang lebih tinggi dan instrumen penilaian yang lebih presisi serta memiliki 19 kategori, dimana setiap kategori berisi variabel dan parameter tertentu dalam penilaiannya, sehingga akan lebih tepat sasaran. Dari 19 kategori tersebut terdapat konsep utama dari Green Mark ini yaitu lebih

berfokus pada efisiensi energy (Kurniawan, 2019)

Sedangkan The Curve Nx sendiri merupakan sebuah bangunan komersil yang terletak di Malaysia, dengan lokasi yang cukup strategis serta lokasi yang berkembang dengan sangat pesat karena berada di jantung Kota Damansara. Lokasi tersebut merupakan area pusat perbelanjaan, area hiburan, rekreasi, serta pendidikan. Sehingga dengan penerapan konsep green building pada bangunan The Curve Nx ini tentunya diharapkan dapat berpengaruh positif terhadap perbaikan lingkungan dan perubahan iklim.

Tujuan pada penelitian ini untuk menguji, mengevaluasi serta menilai bagaimana bangunan The Curve Nx, dalam penerapan beberapa aspek green building berdasarkan acuan dari rating tools Green Mark, serta rekomendasi teknologi pintar dimana diharapkan dapat berkontribusi untuk mengurangi emisi karbon, perbaikan lingkungan perkotaan serta meningkatkan performa bangunan The Curve Nx.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada Gedung The Curve Nx yang berlokasi di Jl. PJU 7/5 Petaling Jaya, Selangor, Malaysia. Bangunan ini berfungsi sebagai bangunan komersial yang terletak di area pusat kegiatan masyarakat perkotaan.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian Gedung The Curve Nx Malaysia

Sumber: [www.google.co.id/maps](http://www.google.co.id/maps) /diakses 27 Desember 2020 dengan modifikasi

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode assesment atau penilaian terhadap bangunan dengan kriteria dan aspek tertentu pada rating tools green building Singapura yaitu Green Mark dengan kategori Existing Non-Residential Building.

Pengumpulan data primer didapat melalui evaluasi dan assesment yang dilakukan serta dari foto satelit dan observasi yang diolah kembali. Sedangkan data sekunder didapatkan dengan cara memperoleh data dari studi literatur dan penelusuran dokumen meliputi gambar rencana serta penjelasan sistem bangunan dan material yang digunakan.

Green Mark for Existing Non-Residential Building sendiri memiliki 42 parameter yang dikelompokkan menjadi 5 variabel. Dimana pada penelitian ini hanya 4 parameter yang akan dinilai, yaitu variabel building energy performance dengan 3 parameternya ; facade performance, natural ventilation, dan ventilation in car park. Variabel dan parameter ini dipilih karena berkaitan dengan penggunaan energi pada bangunan, lebih tepatnya sistem penghawaan dan performa fasad dalam menerima panas, sehingga dengan mereduksi penggunaan energi dan meringankan beban pendingin dari panas matahari diharapkan dapat mengurangi emisi gas karbon dioksida di udara. Variabel yang diangkat selanjutnya yaitu variabel sustainable management dengan parameternya greenery yang dipilih karena tumbuhan sendiri memiliki kemampuan yang dapat menyerap CO2 dan menghasilkan O2, sehingga diharapkan dapat terjadi purifikasi dan memperbaiki kualitas udara perkotaan.

Ke empat parameter yang dipilih tersebut memiliki indikator atau tolok ukurnya tersendiri yang memuat poin yang akan didapatkan apabila parameter tersebut terpenuhi. Adapun metode perhitungan yang digunakan dari setiap parameter.

**Tabel 1.** Rumus dan metode perhitungan parameter pada rating tools Green Mark

Parameter	Rumus Perhitungan
Facade Performance	ETTV : $12(1-WWR) \cdot U_w + 3,4 \cdot WWR \cdot U_f + 211 \cdot WWR \cdot CF \cdot SC$
Natural Ventilation	Persentase luas ruang berventilasi alami > 10%
Ventilation in Car Park	$(L_{\text{parkir}} \cdot \text{ventilasi alami}) \cdot 2 + (L_{\text{parkir}} \cdot \text{dengan sensor CO}) \cdot 1,5 / \text{Total Larea parkir}$
Greenry	-Total luas area hijau/ luas site -Luas area hijau rooftop > 20% -Luas area hijau vertikal > 10m <sup>2</sup>

Sumber: Building and Construction Authority, 2017.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kajian Umum Tentang Bangunan

Bangunan The Curve Nx yang berlokasi di Malaysia ini telah selesai pada tahun 2010 dan mulai beroperasi pada tahun 2012 lalu dengan total anggaran RM 80 juta. Terbangun pada lahan seluas 6.071 m<sup>2</sup>, bangunan ini terdiri dari 10 lantai, 2 diantaranya basement, dan 1 rooftop, dengan total luas bangunan yaitu 32.157 m<sup>2</sup>. Bangunan ini berfungsi sebagai bangunan komersil yang dilengkapi dengan kapasitas parkir yang cukup besar, untuk mendukung bangunan-bangunan disekitarnya seperti The Curve Mall, Tesco Hypermarket, dan Ikano Power Center. Penyewa utama pada bangunan ini yaitu kidzania serta beberapa restoran, gerai pertokoan dan perkantoran. Bangunan ini memiliki orientasi menghadap barat daya, dengan penggunaan curtain wall dan aluminium composite panel yang cukup dominan pada fasadnya. Sedangkan bentuk lengkung dikedua sisinya didasari oleh adanya fungsi sirkulasi kendaraan yang memutar di dalam bangunan menuju area parkir.



**Gambar 2.** Gedung The Curve Nx Malaysia  
Sumber: [www.google.co.id/maps/](http://www.google.co.id/maps/) diakses 28 Desember 2020 dengan modifikasi

### Evaluasi Parameter Facade Performance

Pengujian parameter facade performance dilakukan dengan cara melakukan perhitungan ETTV pada selubung bangunan, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengumpulan data untuk perhitungan ETTV pada selubung disetiap orientasi.

	Barat Daya	Timur Laut	Teng- gara	Barat Laut
Luas Selubung	2483	2660	1470	1510
Luas Dinding	1880	2581	1360	1258
Luas Bukaan	603	79	110	252
WWR	0,51	0,03	0,08	0,2
1-WWR	0,49	0,97	0,92	0,8
Uw (W/m <sup>2</sup> K)	2,08	2,08	2,08	2,08
Uf (W/m <sup>2</sup> K)	5,06	5,06	5,06	5,06
CF	1,06	0,97	0,98	1,03
SC	1	1	0,38	0,31

Rumus Perhitungan ETTV :

$$ETTV = 12 (1-WWR) Uw + 3,4.WWR.Uf + 211.WWR.CF.SC$$

Sumber: Building and Construction Authority, 2007.

WWR adalah perbandingan bukaan dengan luas seluruh dinding atau selubung pada orienasi bangunan. Uw adalah termal transmitans pada seluruh dinding yang tidak tembus atau dimasuki cahaya (W/m<sup>2</sup>K), sedangkan Uf yaitu transmitans termal fenetrasi (W/m<sup>2</sup>K). CF adalah faktor koreksi untuk beban matahari dan SC yang merupakan koefisien peneduh dari sistem fenetrasi. Selain itu ada angka 12 sebagai konstanta pengganti adsopsi radiasi matahari ( $\alpha$ ) & beda temperatur ekuivalen (Tdek). Angka 3,4 sebagai konstanta pengganti beda temperatur ( $\Delta T$ ). Dan angka 211 sebagai konstanta pengganti faktor radiasi matahari (SF).

Dari data yang diperoleh dan setelah dilakukan perhitungan, dihasilkan nilai EETV parsial dari setiap orientasi pada bangunan.

**Tabel 3.** Rekapitulasi perhitungan ETTV pada bangunan.

Orientasi	ETTV Parsial (W/m <sup>2</sup> )	Luas Selubung (m <sup>2</sup> )	Thermal Trans- mittance
Barat Daya	135,129	2.483	335.526
Timur Laut	30,953	2.660	82.335,7

Tenggar a	30,791	1.470	45.263,3
Barat Laut	37,263	1.510	56.268,2
Total		8.123	519.394

Dari total nilai thermal transmittance ini, kemudian dibagi dengan total luas selubung. Sehingga didapatkan nilai ETTV total pada bangunan yaitu 63,94 W/m<sup>2</sup>. Nilai ini cukup tinggi karena dalam rating tools Green Mark terutama pada parameter facade performance terdapat indikator atau tolok ukur yang menyatakan bahwa nilai maksimal ETTV yaitu 50 W/m<sup>2</sup>. Tingginya nilai ETTV pada bangunan The Curve Nx disebabkan oleh adanya kesetimpangan pada salah satu sisi fasad yang memiliki nilai ETTV yang sangat tinggi, yaitu pada selubung pada sisi barat daya atau sisi depan bangunan yang didominasi oleh penggunaan material kaca namun tidak dilengkapi dengan shading. Hal ini terlihat pada Tabel 3, dengan luas selubung, dan bukaan pada sisi barat daya paling tinggi, namun koefisien peneduhnya menggunakan angka 1 karena tidak terdapat peneduh pada selubung di orientasi tersebut. Sehingga parameter ini masih belum memenuhi tolok ukur yang ada dan tidak mendapatkan poin.

### Evaluasi Parameter Natural Ventilation

**Tabel 4.** Rincian perhitungan luas area berventilasi alami (tidak termasuk area parkir).

Nama Lantai	Luas Parkir (m <sup>2</sup> )	Luas Lantai (m <sup>2</sup> )	Luas Area Berventilasi Alami (m <sup>2</sup> )
Basement 2	3.323	3.882	0
Basement 1	3.454	3.994	0
Lantai Dasar	1.271	3.437	303
Lantai 1	2.169	3.494	12
Lantai 2	2.795	3.514	12
Lantai 3	2.653	3.402	231
Lantai 4	2.170	3.502	48
Lantai 5	0	3.847	48
Lantai 6	0	2.637	48
Total	17.835	31.709	702

Tabel 4 diatas menjelaskan rincian perhitungan luasan ruang yang menggunakan ventilasi alami. Dimana dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa luas ruang yang menggunakan ventilasi alami tergolong minim atau sedikit, yaitu hanya 702 m<sup>2</sup> yang ketika dikalkulasikan dengan total luas ruang keseluruhan persentasenya hanya 5,05%. Sedangkan dalam tolok ukur rating tools Green Mark menyatakan bahwa area yang menggunakan ventilasi alami paling tidak minimal 10% dari total luas lantai keseluruhan (tidak termasuk area parkir). Minimnya penggunaan ventilasi alami dikarenakan pada ruang-ruang di bangunan ini dominan menggunakan ventilasi mekanik dan air conditioner. Sehingga disimpulkan bahwa parameter ini juga belum terpenuhi dan tidak mendapatkan poin. Perlu adanya rekomendasi yang dapat menjembatani antara kenyamanan pengguna serta penggunaan energi.

#### Evaluasi Parameter Ventilation in Car Park

Pada parameter ventilation in carpark terdapat 2 kriteria, dimana poin akan diberikan apabila area parkir pada bangunan menggunakan ventilasi alami, dan apabila area parkir di dalam bangunan tersebut menggunakan ventilasi mekanik maka harus dilengkapi dengan sensor karbon monoksida.

**Tabel 5.** Rincian perhitungan luas area parkir

Lantai Parkir	Parkir Berventilasi Alami (m <sup>2</sup> )	Parkir Berventilasi Mekanik Dilengkapi Sensor CO (m <sup>2</sup> )
Basement 2	0	0
Basement 1	0	0
Lantai Dasar	1.271	0
Lantai 1	2.169	0
Lantai 2	2.795	0
Lantai 3	2.653	0
Lantai 4	2.170	0
Total	11.058	0

Area parkir pada bangunan The Curve Nx terletak pada lantai dasar hingga lantai 4 yang menggunakan ventilasi alami dan

dibantu oleh jet fan untuk memasukan udara dan mensuplai kebutuhan oksigen, dengan luasan yaitu 11.058 m<sup>2</sup>. Serta 2 lantai parkir yang terletak di basement dengan luasan 6.777m<sup>2</sup> yang menggunakan sistem ventilasi mekanik berupa jet fan, namun sayangnya tidak dilengkapi dengan sensor karbon monoksida. Sehingga poin hanya diberikan pada kriteria area parkir yang menggunakan ventilasi alami dengan perolehan 1,2 poin, sedangkan area parkir yang menggunakan ventilasi mekanik belum terpenuhi. Sehingga perlu adanya rekomendasi teknologi yang dapat melengkapi kekurangan pada parameter tersebut.

#### Evaluasi Parameter Greenery

Terdapat 3 kriteria penilaian parameter greenery yang akan dievaluasi pada bangunan ini, yang pertama yaitu greenery provision yang lebih berfokus pada area hijau pada site. Dimana hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Tiap vegetasi berupa pepohonan, palem, semak, dan vegetasi penutup pada site didata dan dikelompokkan yang kemudian diakumulasikan dengan Green Area Index (GAI), sehingga didapatkan luasan area hijau.

**Tabel 6.** Pendataan jumlah dan luasan vegetasi pada site.

Kategori	Jumlah (A)	Canopy Area (B)	Radius (C)
Pohon 1 (Qty)	26	3,14	3,5
Pohon 2 (Qty)	3	3,14	3,5
Palm (Qty)	7	3,14	1
Semak (m <sup>2</sup> )	103,5	NA	NA
Area Hijau (m <sup>2</sup> )	89,2	NA	NA

**Tabel 7.** Rincian perhitungan green area.

Kategori	Green Area Index (GAI)	Green Area (AxBxC <sup>2</sup> xGAI)
Pohon 1 (Qty)	6	6.000,54
Pohon 2 (Qty)	6	692,37
Palm (Qty)	4	87,92
Semak (m <sup>2</sup> )	3	310,5



Area Hijau (m2)	1	892
Total		7.983,33

Dari hasil dapat diketahui area hijau pada bangunan The Curve Nx yaitu 7.983,33 yang kemudian dibagi dengan total luas site, sehingga didapatkan angka 1,33 yang merupakan nilai dari greener provision. Pada kriteria ini sudah terpenuhi dengan perolehan poin hanya 1,5. Poin yang didapat tersebut belum maksimal hal ini terjadi karena adanya keterbatasan lahan. Sedangkan untuk 2 kriteria lainnya yaitu rooftop greenery dan vertical greenery, tidak memenuhi dan tidak mendapatkan poin. Hal ini dikarenakan belum adanya area hijau pada area tersebut.

### Rekomendasi Teknologi Bio Curtain

Berdasarkan hasil pengujian ke empat parameter diketahui bahwa hanya terdapat 1 parameter yang telah terpenuhi, dengan perolehan nilai yang kurang maksimal. Sedangkan ke tiga parameter lainnya masih belum terpenuhi. Sehingga dengan diberikannya rekomendasi desain dan teknologi cerdas diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada, serta dapat menjadi acuan agar tiap parameter dapat terpenuhi dengan poin yang maksimal. Adapun teknologi yang diusulkan juga berkaitan dengan isu permasalahan lingkungan yang diangkat, yaitu emisi karbon dioksida. Dimana tentunya dengan pengaplikasian teknologi ini bangunan dapat turut andil dalam memperbaiki lingkungan perkotaan di sekitarnya.

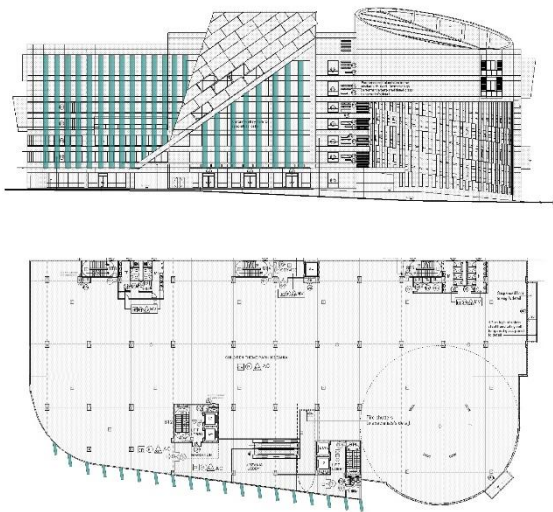
Bio curtain merupakan elemen vertikal yang berisi alga yang dapat menyerap karbon dan mengeluarkan oksigen layaknya tumbuhan, sehingga dapat berkontribusi terhadap perbaikan lingkungan. Berbeda dengan elemen fasad atau elemen peneduh lainnya, Bio Curtain ini menggunakan alga chlorella atau alga hijau yang dapat berfotosintesis serta tumbuh dalam waktu yang cukup singkat. Jenis alga ini dapat tumbuh di media air, dan mampu beradaptasi pada berbagai jenis salinitas dan suhu udara.



**Gambar 3.** Bio Curtain sebagai shading dan alternatif pengganti pohon  
Sumber: ecologicstudio.com

Bio curtain ini merupakan rekomendasi teknologi untuk parameter facade performance dan parameter greenery. Pada hasil analisis sebelumnya diketahui bahwa nilai ETTV pada salah satu sisi selubung bangunan bernilai cukup tinggi, Bio Curtain ditawarkan sebagai solusi yang dapat berfungsi untuk mengurangi pancaran panas dan sinar matahari yang langsung mengenai fasad dan selubung bangunan. Selain itu area hijau pada bangunan ini pun terhitung minim, hal ini dikarenakan adanya keterbatasan lahan. Sehingga dengan menghadirkan Bio Curtain pada selubung bangunan ruang hijau pun dapat lebih efektif dan tidak memakan banyak tempat. Berdasarkan penelitian, diketahui bahwa Bio Curtain pada selubung bangunan memiliki kemampuan dapat menyerap 31 gram karbon dioksida sehari dan mengeluarkan 24 gram oksigen. Dimana dua meter persegi memiliki kemampuan yang setara dalam menangkap Co<sub>2</sub> (Poletto & Pasquero, 2018).

Bio Curtain ini diaplikasikan pada sisi fasad bangunan yang banyak terpapar sinar matahari yaitu pada sisi barat daya atau sisi depan bangunan. Area ini memiliki tingkat ETTV yang sangat tinggi, hal ini dikarenakan selubung bangunan yang didominasi oleh penggunaan curtain wall, namun sangat minim menggunakan shading.



**Gambar 4.** Pengaplikasian Bio Curtain pada selubung Gedung The Curve Nx  
Sumber: hasil analisis rekomendasi (2020)

Untuk membuktikan pengaruh Bio Curtain pada tingkat ETTV pada selubung bangunan, terutama pada sisi barat daya. Dilakukan pengujian ulang yang dapat dilihat pada tabel 8 dan 9.

**Tabel 8.** Pengumpulan data untuk perhitungan ETTV pada selubung disetiap orientasi.

	Barat Daya	Timu r Laut	Teng gara	Barat Laut
Luas Selubung	2483	2660	1470	1510
Luas Dinding	1880	2581	1360	1258
Luas Bukaan	603	79	110	252
WWR	0,51	0,03	0,08	0,2
1-WWR	0,49	0,97	0,92	0,8
Uw (W/m <sup>2</sup> K)	2,08	2,08	2,08	2,08
Uf (W/m <sup>2</sup> K)	5,06	5,06	5,06	5,06
CF	1,06	0,97	0,98	1,03
SC	0,35	1	0,38	0,31

Dari tabel ini dapat diketahui adanya perubahan nilai pada koefisien peneduh (SC) pada sisi barat daya, dari yang semula 1 kini turun menjadi 0,355 setelah diaplikasikannya teknologi Bio Curtain sebagai sirip pada selubung bangunan tersebut.

**Tabel 9.** Rekapitulasi perhitungan ulang nilai ETTV setelah diaplikasikannya teknologi Bio Curtain.

Orientasi	ETTV Parsial (W/m <sup>2</sup> )	Luas Selubung (m <sup>2</sup> )	Thermal Transmittance
Barat Daya	61,55	2.483	152.845,1
Timur Laut	30,953	2.660	82.335,7
Tenggar a	30,791	1.470	45.263,3
Barat Laut	37,263	1.510	56.268,2
Total		8.123	336.712,3

Dapat dilihat nilai ETTV parsial pada orientasi barat daya berubah cukup drastis, dari yang semula 135,129W/m<sup>2</sup>, kini menjadi 61,55W/m<sup>2</sup>. Kemudian adapun nilai dari thermal transmittance yang didapat, dibagi dengan total luas selubung. Sehingga didapatkan nilai ETTV total pada bangunan yaitu 41,4 W/m<sup>2</sup>. Nilai tersebut telah berkurang cukup signifikan dimana nilai ETTV semulanya yaitu 63,94W/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan Bio Curtain pada fasad sisi barat daya terbilang cukup efektif dan setelah dilakukan pengujian ulang pada parameter facade performance pun telah terpenuhi dan mendapatkan 2 poin.

Bagitu pula dengan parameter Greenery, dengan adanya penambahan Bio Curtain sebagai area hijau pada area vertikal dan rooftop. Maka kriteria ini juga sudah terpenuhi dan mendapatkan total 3,5 poin yang semula hanya 1,5 poin.

**Tabel 10.** Rincian perhitungan area hijau setelah diaplikasikannya teknologi Bio Curtain.

	Sebelum Bio Curtain (m <sup>2</sup> )	Setelah Bio Curtain (m <sup>2</sup> )
Green Area pada Site	7.983,33	9.690,33
Rooftop	0	1.316
Area Vertikal	0	391

### Rekomendasi Teknologi Window Master, Hybrid Ventilation

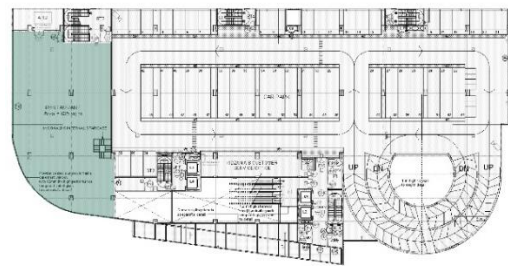
Teknologi ini merupakan rekomendasi yang diberikan untuk menyempurnakan parameter natural ventilation pada bangunan yang masih belum terpenuhi. Hybrid

ventilation atau mixed mode ventilation adalah sistem yang digunakan untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan dan suhu termal internal dengan menggunakan sistem ventilasi alami dan mekanis. Penggunaan ventilasi alami bertujuan dalam upaya menekan biaya operasional dan mengurangi jejak karbon. Sedangkan sistem ventilasi mekanis ikut berperan jika ventilasi alami kurang efektif dalam mengalirkan udara segar, seperti saat apabila tidak ada angin dan suhu luar memanas, sehingga kenyamanan pengguna dapat terjamin. NV Embedded dari WindowMaster, merupakan teknologi berbasis sistem kontrol dan otomasi yang dirancang untuk memungkinkan mengotomatiskan bukaan pada fasad secara cerdas, dimana bukaan atau jendela hanya dapat terbuka jika kondisi lingkungan memungkinkan.



**Gambar 5.** NV Embedded dari WindowMaster  
Sumber: windowmaster.com

Tentunya penggunaan teknologi ini akan memberikan keuntungan seperti dapat menurunkan penggunaan ventilasi mekanik dan penggunaan air conditioner, menurunkan penggunaan energi yang tentunya berdampak pada turunnya emisi gas CO<sub>2</sub>, meminimalkan biaya operasional, dan dapat mengontrol udara di dalam ruangan secara otomatis.



**Gambar 6.** Pengaplikasian NV Embedded dari WindowMaster pada Gedung The Curve Nx  
Sumber: hasil analisis rekomendasi (2020)

Pada bangunan ini, area yang akan diaplikasikan teknologi tersebut yaitu pada area barat laut, hal ini dikarenakan pada area tersebut tidak terpapar cahaya matahari berlebih, serta dari data angin yang didapat, area tersebut cukup potensial untuk di lalui angin, sehingga diharapkan penggunaan ventilasi alami dapat lebih optimal.

**Tabel 3.** Rincian perhitungan luas area berventilasi alami (tidak termasuk area parkir).

Nama Lantai	Luas Area Berventilasi Alami (m <sup>2</sup> )	Luas Area Berventilasi Awal	Luas Area Berventilasi Alami Tambahan (m <sup>2</sup> )
Basement 2	0		0
Basement 1	0		0
Lantai Dasar	303		348
Lantai 1	12		616
Lantai 2	12		0
Lantai 3	231		0
Lantai 4	48		527
Lantai 5	48		680
Lantai 6	48		680
Total	702		2.851

Dimana ketika telah dilakukan pengujian ulang didapati luas area berventilasi alami bertambah 2.851 m<sup>2</sup>, yang ketika diakumulasikan menjadi 3.553m<sup>2</sup> atau 21,06%. Persentase area yang berventilasi alami ini mengalami kenaikan dari yang semula 5,05%, sehingga parameter ini telah memenuhi dan mendapatkan 10 poin dari yang semula tidak mendapatkan poin.



### Rekomendasi Teknologi Systemair's Green Ventilation Jet Fan System

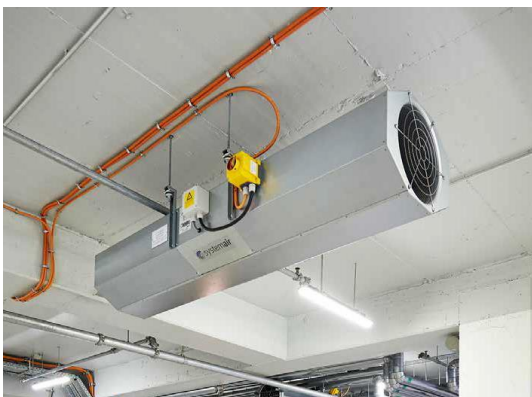
Jet Fan atau juga dikenal sebagai kipas impuls atau induksi dimana berfungsi untuk mendukung masuknya udara alami serta mensuplai kebutuhan oksigen, sehingga menjamin kebutuhan ventilasi harian pada semua area. Rekomendasi teknologi pintar ini berasal dari Systemair, dimana Jet Fan yang dianggap sebagai ventilasi mekanis hijau ini berbeda dengan Jet Fan konvensional. Diantaranya yaitu ;

- Mampu menghemat 80% dari total penggunaan energi, hal ini dikarenakan Jet Fan ini memiliki sistem kontrol yang cerdas, dimana dapat memantau dan menyesuaikan pengoperasian kipas secara otomatis agar sesuai dengan kebutuhan ventilasi yang sebenarnya.
- Memiliki performa yang baik, dengan kecepatan udara yang rendah tapi dapat memenuhi semua kebutuhan udara pada seluruh area.
- Memiliki sensor gas buang CO, serta alarm kebakaran dan asap, dan dapat dikontrol jarak jauh.

Adapun keuntungan yang didapat jika mengaplikasikan Jet Fan ini yaitu :

- Mampu mengurangi konsumsi energi pada bangunan
- Biaya operasional yang rendah
- Biaya investasi awal yang kompetitif
- Mematuhi dan memenuhi standar Eropa dan internasional

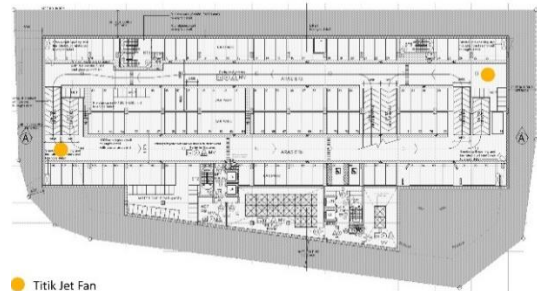
Selain itu Systemair's Green Ventilation Jet Fan System ini juga dapat diaplikasikan pada area yang sempit, hal ini dikarenakan Jet Fan ini hanya dipasang pada titik tertentu, dan hanya menempati kurang dari 0,5% dari luas langit-langit sehingga sangat efisien.



### Gambar 7. NV Embedded dari WindowMaster

Sumber: [www.systemair.com](http://www.systemair.com)

Pada bangunan ini Jet Fan dari Systemair's akan diaplikasikan pada seluruh lantai yang berfungsi sebagai area parkir. Hal ini dikarenakan Jet Fan ini mampu menghemat 80% penggunaan energi, dan sudah dilengkapi sensor CO dan asap, yang dapat mengatasi masalah pada parameter ventilation in car park.



● Titik Jet Fan

### Gambar 8. Pengaplikasian Systemair's Green Ventilation Jet Fan System pada Gedung The Curve Nx

Sumber: hasil analisis rekomendasi (2020)

Setelah dilakukan pengujian ulang, area parkir yang berventilasi mekanik dan sudah dilengkapi dengan sesor karbon monoksida karena pengaplikasian teknologi Systemair's Green Ventilation Jet Fan System mengalami kenaikan, dari semula 0m<sup>2</sup> kini menjadi 6.777m<sup>2</sup>. Sehingga telah memenuhi dan memperoleh 1,8 poin, dan tentunya tidak hanya itu, penggunaan teknologi tersebut juga memberikan banyak manfaat dan keuntungan yang lain pada bangunan.

**Tabel 4.** Rincian perhitungan luas area parkir

Lantai Parkir	Parkir Berventilasi Alami (m <sup>2</sup> )	Parkir Berventilasi Mekanik Dilengkapi Sensor CO (m <sup>2</sup> )
Basement 2	0	3.323
Basement 1	0	3.454
Lantai Dasar	1.271	0
Lantai 1	2.169	0
Lantai 2	2.795	0
Lantai 3	2.653	0
Lantai 4	2.170	0
Total	11.058	6.777

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Gedung The Curve NX yang semula belum tersertifikasi green building, diuji dengan menggunakan Green Rating Tools Green Mark dari Singapura, dengan variabel dan parameter yang diangkat yaitu Building Energy Performance dengan fokus utama pada performa fasad dan penggunaan ventilasi alami. Selain itu variabel lain yang diangkat yaitu Sustainable Management dengan parameternya Greenery. Setelah dilakukan pengujian didapati terdapat beberapa parameter yang masih belum memenuhi tolok ukur yang ada, seperti performa fasad dengan nilai ETTV yang masih sangat tinggi, penggunaan ventilasi alami yang masih sangat minim, tidak adanya sensor karbon monoksida pada area parkir, dan terbatasnya area hijau pada site dan bangunan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diberikannya rekomendasi teknologi, dimana diharapkan juga dapat berperan dalam perbaikan lingkungan terutama permasalahan emisi karbon dioksida. Terdapat beberapa teknologi cerdas yang dicoba diterapkan pada bangunan, seperti penggunaan Bio Curtain yang dapat digunakan sebagai sirip dan shading guna meminimalkan nilai ETTV pada selubung bangunan, serta juga berperan sebagai area hijau vertikal dimana Bio Curtain memiliki fungsi yang sama seperti pohon dalam menangkap Co<sub>2</sub> di udara. Dimana ketika disimulasikan didapati nilai ETTV parsial pada orientasi barat daya berubah cukup drastis, dari yang semula 135,129W/m<sup>2</sup>, kini menjadi 61,55W/m<sup>2</sup>. Kemudian adapun nilai dari thermal transmittance yang didapat, dibagi dengan total luas selubung. Sehingga didapatkan nilai ETTV total pada bangunan yaitu 41,4 W/m<sup>2</sup>. Nilai tersebut telah berkurang cukup signifikan dimana nilai ETTV semulanya yaitu 63,94W/m<sup>2</sup>. Begitu pula dengan parameter Greenery, dengan adanya penerapan Bio Curtain sehingga dihasilkan adanya peningkatan area hijau dari yang semula 7.983,33m<sup>2</sup>, kini menjadi 9.690,33m<sup>2</sup>, serta tambahan 1.316m<sup>2</sup> dari rooftop dan 391m<sup>2</sup> dari area vertikal.

Selain itu adapun teknologi lain yang berperan dalam mengefisienkan penggunaan ventilasi alami dan listrik pada bangunan yaitu NV Embedded dari WindowMaster sebagai sistem penghawaan Hybrid otomatis. Dimana ketika telah dilakukan simulasi dan pengujian ulang

didapati luas area berventilasi alami bertambah 2.851 m<sup>2</sup>, yang ketika diakumulasikan menjadi 3.553m<sup>2</sup> atau 21,06%. Persentase area yang berventilasi alami ini mengalami kenaikan dari yang semula hanya 5,05%.

Serta penggunaan Systemair's Green Ventilation Jet Fan System pada area seluas 6.777m<sup>2</sup> yang berperan dalam mengatur penggunaan ventilasi alami dan mekanik, serta mengontrol dan mendeteksi karbon monoksida.

### Saran/Rekomendasi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi bangunan-bangunan dengan kasus dan permasalahan serupa The Curve Nx dalam penerapan teknologi cerdas sehingga dapat meningkatkan performa bangunan dan berkontribusi dalam perbaikan lingkungan.

Rekomendasi yang diharapkan dari penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian lanjutan dengan menguji parameter lain yang terdapat pada rating tools green mark.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anis, N., 2015. *Project 1 : Case Study & Documentation of Building Service Systems, Case Study : The Curve Nx*. Malaysia: Taylor's University.
- Authority, B. C., 2007. *Guidelines On Envelope Thermal Transfer Value For Building*. Singapore: BCA Green Mark.
- Authority, B. C., 2013. *3rd Green Building Masterplan*. Singapore: BCA Green Mark.
- Kurniawan, B., 2019. Perbandingan Persyaratan Green Building di Indonesia dan Singapura. *TECHNOPEX*, pp. 89-95.
- M.Polieto, C., 2018. *PhotoSynthetica: Bio Cities*. [Online] Available at: <https://ecologicstudio.com> [Accessed 16 November 2020].
- Robert, G. D., 2015. *Project 2 : Case Study & Documentation of Building Services Systems, Case Study : The Curve Nx*, Malaysia: School of Architecture, Taylor's University.
- Soegijanto, 1993. Standar Tata Cara Perancangan Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung. *Seminar Hemat Energi dalam Bangunan*.
- Systemair, 2019. *Jet Fan Systems*. [Online] Available at: <https://www.systemair.com> [Accessed 7 December 2020].

V. Siva, T. H. M. J., 2017. Green Buildings in Singapore; Analyzing a Frontrunner's Sectoral Innovation System. *Sustainability*.

Windowmaster, 2018. *NV Embedded An Adaptable Solution, Naturally Intelligent*. [Online]  
Available at: <https://windowmaster.com>  
[Accessed 9 December 2020].