

TUGAS AKHIR

**DESAIN GEDUNG RENDAH EMISI UNTUK
GALERI SAINS DAN TEKNOLOGI
TRANSPORTASI RAMAH LINGKUNGAN PERKOTAAN**



Disusun oleh :

ANANDA DWI KURNIANDRI

61.18.0275

**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
FAKULTAS ARSITEKTUR DAN DESAIN
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA**

2023

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananda Dwi Kurniandri
NIM : 61.18.0275
Program studi : Arsitektur
Fakultas : Arsitektur dan Desain
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“DESAIN GEDUNG RENDAH EMISI UNTUK GALERI SAINS DAN TEKNOLOGI
TRANSPORTASI RAMAH LINGKUNGAN PERKOTAAN”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 18 April 2023

Yang menyatakan



Ananda Dwi Kurniandri
NIM : 61.18.0275

HALAMAN PERSETUJUAN

**DESAIN GEDUNG RENDAH EMISI UNTUK
GALERI SAINS DAN TEKNOLOGI
TRANSPORTASI RAMAH LINGKUNGAN PERKOTAAN**

Diajukan kepada Program Studi Arsitektur
Fakultas Arsitektur dan Desain
Universitas Kristen Duta Wacana – Yogyakarta
Sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Arsitektur

Disusun oleh :

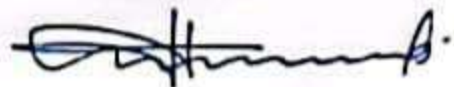
ANANDA DWI KURNIANDRI

61.18.0275

Diperiksa di : Yogyakarta

Tanggal : 18 April 2023

Dosen Pembimbing 1



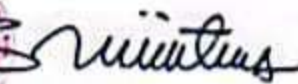
Ir. Henry Feriadi, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing 2



Yordan Kristanto Dewangga, S.T., M.Ars.

Mengetahui
Ketua Program Studi



Dr. -Ing. Sita Yuliasuti Amijaya, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Desain Gedung Rendah Emisi untuk Galeri Sains dan Teknologi Transportasi Ramah Lingkungan Perkotaan

Nama Mahasiswa : Ananda Dwi Kurniandri

NIM : 61.18.0275

Mata Kuliah : Tugas Akhir **Kode** : DA8888

Semester : Genap **Tahun** : 2022/2023

Program Studi : Arsitektur **Fakultas** : Arsitektur dan Desain

Universitas : Universitas Kristen Duta Wacana

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir Program Studi Arsitektur Fakultas Arsitektur dan Desain Universitas Kristen Duta Wacana – Yogyakarta dan dinyatakan **DITERIMA** untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Arsitektur pada tanggal : 3 April 2023

Yogyakarta, 18 April 2023

Dosen Pembimbing 1




Ir. Henry Feriadi, M.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji 1



Dr. Imelda Irmawati Damanik, S.T., M.A(UD).

Dosen Pembimbing 2



Yordan Kristanto Dewangga, S.T., M.Ars.

Dosen Penguji 2



Linda Octavia, S.T., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir :

DESAIN GEDUNG RENDAH EMISI UNTUK GALERI SAINS DAN TEKNOLOGI TRANSPORTASI RAMAH LINGKUNGAN PERKOTAAN

adalah benar-benar hasil karya sendiri. Pernyataan, ide, maupun kutipan langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam skripsi ini pada catatan kaki dan Daftar Pustaka.
Apabila dikemudian hari terbukti saya melakukan duplikasi atau plagiasi sebagian atau seluruhnya dari Tugas Akhir ini, maka gelar dan ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Yogyakarta, 18 April 2023



Ananda Dwi Kurniandri

61.18.0275

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya kepada penulis selama menjalani seluruh masa perkuliahan arsitektur dari awal masa perkuliahan hingga tahap menyelesaikan tugas akhir. Oleh karena berkat dan penyertaan-Nya, penulis dapat melalui seluruh tahapan perkuliahan dan mampu menyelesaikan pengerjaan Tugas Gambar Akhir (TGA) ini dengan baik.

Laporan tugas akhir ini berisi hasil pekerjaan tahap *programming* dan tahap studio. Hasil tahap *programming* berupa dokumen grafis yang berfungsi sebagai pedoman untuk masuk ke tahap studio. Hasil tahap studio berupa desain hasil perancangan yang terbagi menjadi beberapa bentuk luaran, yaitu poster, konsep desain, gambar kerja teknik, dan visualisasi tiga dimensi dari karya melalui visualisasi secara digital.

Pada kesempatan ini penulis turut mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada seluruh pihak yang selama ini telah memberikan dukungan dalam bentuk doa, bimbingan, bantuan, maupun berbagai bentuk dukungan lainnya dari awal perkuliahan hingga pengerjaan tugas akhir. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah menganugerahkan berkat dan memberikan tuntunan kepada penulis
2. Keluarga penulis, terkhusus orang tua dan kakak yang telah mendampingi dan memberi dukungan kepada penulis
3. Bapak Ir. Henry Feriadi, M.Sc., Ph.D. dan bapak Yordan Kristanto Dewangga, S.T., M.Ars. sebagai dosen pembimbing tugas akhir penulis
4. Ibu Dr. Imelda Irmawati Damanik, S.T., M.A(UD). dan ibu Linda Octavia, S.T., M.T. sebagai dosen penguji tahap programming dan studio
5. Ibu Dr.-Ing Wiyatiningsih, S.T., M.T. sebagai dosen wali penulis
6. Bapak Christian Nindyaputra Octarino, S.T., M.T. selaku koordinator Tugas Akhir
7. Bapak/ibu dosen pengajar program studi arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta yang telah berdedikasi mengajar, membimbing, serta berbagi ilmu dan pengalaman kepada penulis
8. Rekan-rekan mahasiswa arsitektur UKDW angkatan 2018

Demikian kata pengantar yang dapat disampaikan. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna dan masih memiliki kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Demikian laporan ini disusun, semoga bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, 18 April 2023

Ananda Dwi Kurniandri
61.18.0275

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Abstrak	vii

Bab 1

Latar Belakang	1
----------------	---

Bab 2

Studi Literatur	5
Studi Preseden	18

Bab 3

Alternatif dan Profil Tapak	2
Analisis	21

Bab 4

Alur Aktivitas Pengguna	26
Kebutuhan dan Hubungan Ruang	28

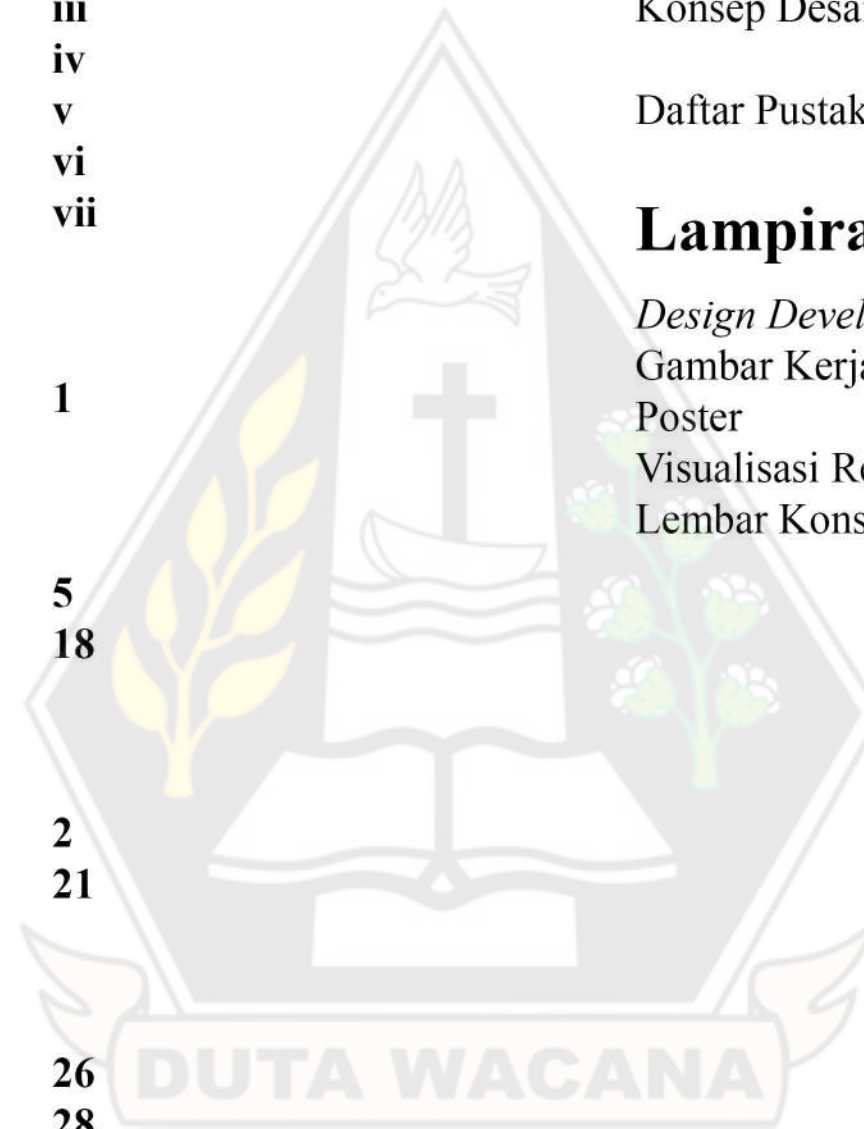
Bab 5

Simulasi Baseline	30
Simulasi Perbaikan Desain	34
Konsep Desain	36

Daftar Pustaka	41
----------------	----

Lampiran

<i>Design Development</i>	
Gambar Kerja	
Poster	
Visualisasi Render	
Lembar Konsultasi	



Desain Gedung Rendah Emisi untuk Galeri Sains dan Teknologi Transportasi Ramah Lingkungan Perkotaan

Abstrak

Pemanasan global merupakan permasalahan iklim yang perlu untuk ditangani. Melalui COP 21 (*Conference of Parties*) sebanyak 196 negara termasuk Indonesia setuju pada *Paris Agreement* untuk meminimalkan kenaikan temperatur global. Pemanasan global disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca, seperti CO₂. Berdasarkan data dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), sektor transportasi berada di posisi kedua sebagai penghasil CO₂ terbesar di Indonesia. Faktor utama penyebab tingginya emisi di sektor transportasi adalah mobilitas masyarakat yang sangat tinggi. Fakta ini menunjukkan bahwa masyarakat memiliki peran penting dalam pengurangan emisi di sektor transportasi. Maka dari itu perlu adanya penerapan *clean and sustainable mobility* untuk membantu mengurangi emisi CO₂. Akan tetapi, konsep *clean and sustainable mobility* dan penerapan teknologinya masih sangat baru, sehingga penerapannya masih belum efektif. Oleh karena itu, masyarakat perlu diperkenalkan dan dipersiapkan dengan edukasi yang memadai melalui Galeri Sains dan Teknologi Transportasi Ramah Lingkungan Perkotaan. Menggabungkan konsep *experience centre* dan *science and technology centre* yang memberikan pengalaman belajar baru secara mandiri dan interaktif. Di sisi lain, bangunan sebagai tempat untuk mewadahi tipologi tersebut menyumbang emisi CO₂ terbesar yang berkaitan dengan penggunaan energi. Maka, bangunan perlu memiliki visi yang sejalan dengan penerapan *clean and sustainable mobility* dan mendukung komitmen Indonesia dalam *Paris Agreement* dengan menerapkan pendekatan *low carbon building*.

Kata kunci : pemanasan global, galeri sains, *low carbon building*

Low Carbon Building for Science and Technology Gallery of Urban Green Transportation

Abstract

Global warming is a climate problem that needs to be addressed. Through COP 21 (Conference of Parties) as many as 196 countries including Indonesia agreed to sign on Paris Agreement to minimize global's rising temperature. Global warming is caused by the increasing emission of greenhouse gases, such as CO₂. Based on data from Perusahaan Listrik Negara (PLN), the transportation sector is in second place as the largest CO₂ producer in Indonesia. The main factor that cause high emissions in transportation sector is the very high mobility of people. This fact shows that the community has an important role in reducing emissions in transportation sector. Therefore, it is necessary to implement clean and sustainable mobility to help reduce CO₂ emissions. However, the concept of clean and sustainable mobility and the application of its technology are still very new, so the application of this concept is not effective yet. Therefore, the community needs to be introduced and prepared with adequate education through the Science and Technology Gallery of Urban Green Transportation. Combining the concept of experience centre and science and technology centre which provides new learning experiences in a manner of independent and interactive learning. On the other hand, buildings as a place to accommodate this typology contributes as the largest CO₂ emissions related to energy usage. According to that, the building needs to have a vision that is in line with the implementation of clean and sustainable mobility and able to support Indonesia's commitment on Paris Agreement by implementing a low carbon building approach.

Keywords : global warming, science gallery, low carbon building

BAB 1



Pendahuluan





Saat ini dunia sedang menghadapi masalah **perubahan iklim** yang semakin parah. Perubahan iklim mengacu pada perubahan suhu dan pola cuaca dalam jangka panjang. Pergeseran ini terjadi sejak periode 1800-an, dikarenakan aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, minyak, dan gas) yang menghasilkan gas yang memerangkap panas (**gas rumah kaca**). Saat emisi gas rumah kaca menyelubungi bumi, panas matahari pun terperangkap, menyebabkan suhu bumi menjadi lebih hangat (**pemanasan global**) dan lambat laun mengubah pola cuaca dan mengganggu keseimbangan alam.

Penemuan minyak bumi dan bahan bakar fosil lainnya



Penemuan teknologi dengan bahan bakar minyak bumi



Pembakaran minyak dan gas menghasilkan gas rumah kaca, menyebabkan **pemanasan global** dan **perubahan iklim**



Langkah Indonesia mengatasi pemanasan global dan mewujudkan komitmen *Paris Agreement*

Penyusunan dokumen **First Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia**

menguraikan transisi Indonesia menuju masa depan yang rendah emisi dan berketahanan iklim, dengan sektor utama pengurangan emisi pada sektor :



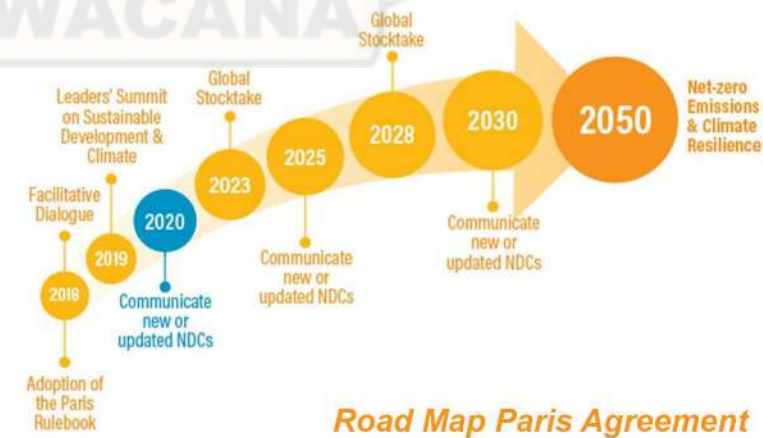
Penggalian bahan bakar fosil yang semakin meluas dan dalam jumlah banyak



Inovasi teknologi berbahan bakar fosil dan penggunaannya semakin banyak

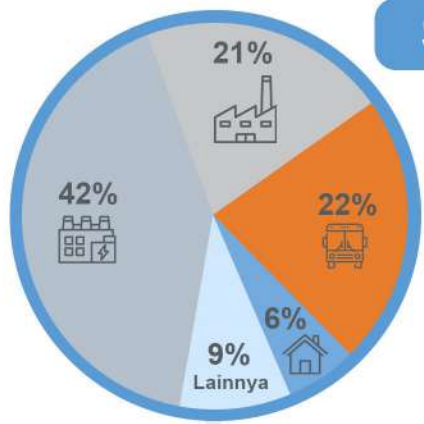


Perubahan iklim yang semakin parah karena emisi gas rumah kaca menjadi kekhawatiran berbagai negara. Pada COP 21 (*Conference of Parties*) sebanyak 196 negara termasuk Indonesia berkomitmen dalam **Paris Agreement** untuk menangani masalah ini

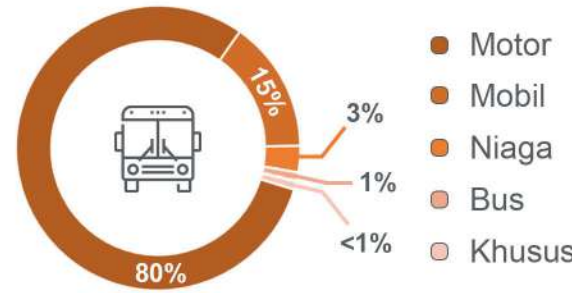


Tujuan Utama
Membatasi kenaikan suhu rata-rata global <2°C dan net zero emissions pada 2050

Sektor penyumbang CO₂ terbesar



Fenomena 1 - PENINGKATAN JUMLAH KENDARAAN BERMOTOR



Jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya terus meningkat yang sebagian besar didominasi kendaraan pribadi mobil dan motor. Mobilitas masyarakat yang tinggi merupakan penyebab jumlah kendaraan yang semakin banyak

Hal ini berarti masyarakat memegang peran penting dalam pengurangan emisi karbon di sektor transportasi, karena terlibat langsung dan sebagai pihak yang membutuhkan

Fenomena 2 - POPULARITAS KENDARAAN ELEKTRIK RAMAH LINGKUNGAN



Di sisi lain, inovasi kendaraan listrik dengan keunggulan lebih ramah lingkungan sedang naik daun dan setiap pabrikan mobil sedang berlomba-lomba untuk menciptakan kendaraan listrik terbaik



Pemerintah Indonesia menanggapi fenomena ini dengan mengeluarkan **Perpres Nomor 55 Tahun 2019** tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan. Melalui peraturan ini pemerintah mendorong peran masyarakat dalam gerakan ramah lingkungan, yaitu dengan beralih ke kendaraan elektrik

PEMBANGKIT LISTRIK

PERMASALAHAN MOBILITAS PERKOTAAN dan SOLUSI



CLEAN AND SUSTAINABLE MOBILITY

Penyediaan layanan dan infrastruktur untuk mobilitas orang maupun barang dengan cara yang aman, terjangkau, mudah diakses, efisien, dan tangguh, sambil mengurangi emisi karbon dan dampak buruknya bagi lingkungan

SOLUSI



Mobilitas Bersih



Perwujudan Paris Agreement



Pengurangan Emisi CO₂

TRANSPORTASI

Fenomena 3 - CLEAN & SUSTAINABLE MOBILITY DI SURAKARTA

Daerah dengan Kepemilikan Kendaraan Terbanyak

PROVINSI	JAWA TENGAH
1. Jawa Timur	1. Semarang
2. DKI Jakarta	2. Cilacap
3. Jawa Tengah	3. Surakarta
4. Jawa Barat	4. Banyumas
5. Sumatera Utara	5. Klaten

Salah satu kota yang mulai menangani masalah transportasi perkotaan adalah Surakarta. Sebagai kota terpadat di Jawa Tengah dan merupakan pusat ekonomi, wisata, dan pendidikan, Surakarta mulai melakukan langkah preventif agar polusi dan kemacetan tidak semakin parah, yaitu dengan mendorong **MOBILITAS BERSIH**



INDUSTRI MANUFAKTUR

TANTANGAN

Konsep *clean and sustainable mobility* dan penerapannya masih sangat baru, sehingga penerapannya masih belum efektif dan terdapat beberapa hambatan dalam masyarakat.



Prasarana

Teknologi yang dikembangkan tergolong baru, sedangkan belum banyak prasarana pendukungnya



Limbah

Segala jenis teknologi memiliki masa guna, perlu dipikirkan juga dampaknya di akhir masa penggunaan



Edukasi

Pengetahuan masyarakat tentang *clean & sustainable mobility* dan teknologinya masih kurang dan belum merata

PERMASALAHAN

SOLUSI

ARSITEKTUR

GOALS

Emisi karbon dari sumber energi non terbarukan

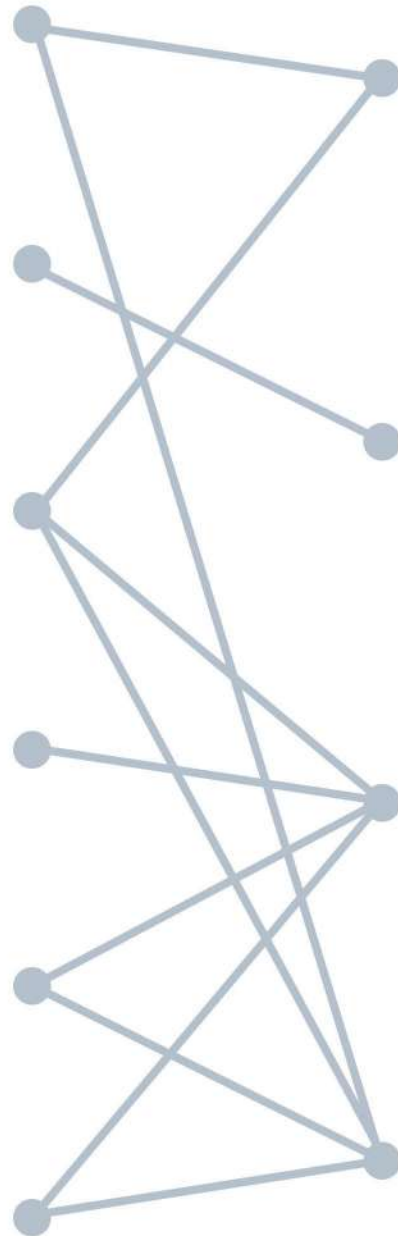
Emisi karbon dari industri manufaktur

Emisi karbon dari sektor kendaraan

Tingginya mobilitas masyarakat kota

Kurangnya kesadaran pada lingkungan

Kurangnya edukasi tentang *clean & sustainable mobility*



Pemanfaatan sumber energi terbarukan

Proses industri dan material ramah lingkungan

Pemahaman *clean & sustainable mobility*

Sarana edukasi yang ramah lingkungan



Ruang edukasi *clean & sustainable mobility*

Green architecture

Passive and active building design

Energi terbarukan dan material ramah lingkungan

Masyarakat mengerti *clean & sustainable mobility*

Masyarakat menerapkan *clean & sustainable mobility*

Perkembangan inovasi & teknologi transportasi ramah lingkungan

Pengurangan emisi karbon

Masyarakat mengerti *clean & sustainable mobility*

Masyarakat menerapkan *clean & sustainable mobility*

Perkembangan inovasi & teknologi transportasi ramah lingkungan

Pengurangan emisi karbon

EXPERIENCE CENTRE

Experience centre merupakan ruang mempresentasikan suatu produk atau jasa kepada target pasar. Tipologi ini biasa digunakan oleh *brand* ternama untuk memaparkan produknya dalam bentuk *brand experience centre*. Tujuan dari tipologi ini adalah untuk **menarik konsumen potensial dengan menanamkan nilai *brand* dalam benak konsumen**, baik dari segi sejarah, keunikan produk atau strategi berkelanjutan.

Experience centre memegang peran penting untuk menarik konsumen, karena melibatkan emosi dan interaksi nyata sehingga konsumen potensial akan membuat pilihan mereka berdasarkan perasaan, emosi, keterlibatan, dan pengakuan mereka dalam suatu produk atau layanan.

- Memiliki prioritas untuk menarik ketertarikan dari konsumen potensial dengan membangun pengalaman mendalam konsumen terhadap suatu brand dengan tujuan meningkatkan nilai penjualan

SCIENCE & TECHNOLOGY CENTRE

Menurut Victor J. Danilov *science & technology centre* memiliki makna sebagai ruang yang menyajikan berbagai hal tentang ilmu pengetahuan dan aplikasinya. Untuk di Indonesia telah diadopsi menjadi Pusat Peragaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PP-IPTEK).

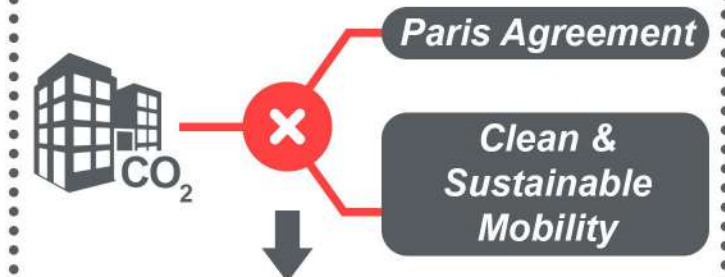
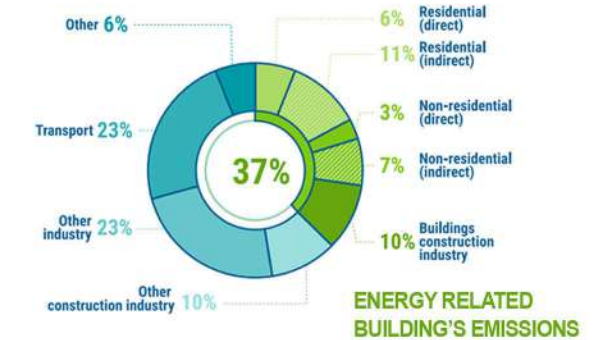
Science & technology centre bertujuan untuk melengkapi pembelajaran di sekolah dan **memberikan pengalaman *hands-on learning* untuk meningkatkan pemahaman tentang *science*.**

- Memiliki prioritas pembelajaran sains secara mandiri untuk meningkatkan pengetahuan

PENGURANGAN EMISI KARBON

Arsitektur sebagai wadah untuk menampung tipologi *experience centre* dan *science & technology centre* sebagai upaya membantu tercapainya goals yang diharapkan.

Namun, dalam arsitektur masih terdapat permasalahan terkait **emisi karbon pada bangunan yang tinggi**, mulai dari proses konstruksi hingga energi yang digunakan untuk operasional.



"LOW CARBON DESIGN AIM"



GALERI

Pengunjung tidak hanya melihat pameran secara pasif, namun juga berperan aktif (berinteraksi) dengan objek pameran. Pengunjung dapat memperoleh pengalaman secara menyeluruh yang dapat mempengaruhi keputusan secara emosional

TUJUAN UTAMA

Merancang **Galeri Sains & Teknologi** sebagai tempat edukasi *clean & sustainable mobility* beserta teknologinya dengan **low carbon design aim** sesuai visi *clean & sustainable mobility* dan komitmen Indonesia dalam *Paris Agreement*

BAB 5



Konsep Desain



Tahap 1 - BASELINE

Sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada studi literatur, maka pada perancangan desain Gedung Rendah Emisi untuk Galeri Sains & Teknologi Transportasi Ramah Lingkungan **ditetapkan target** :

Agar dapat membantu tercapainya target tersebut maka dalam pengembangan desain menggunakan acuan dari GreenShip Rating Tools untuk Bangunan Baru Versi 1.2 (GBCI), dengan fokus pada kategori :

IKE : Kategori EFISIEN

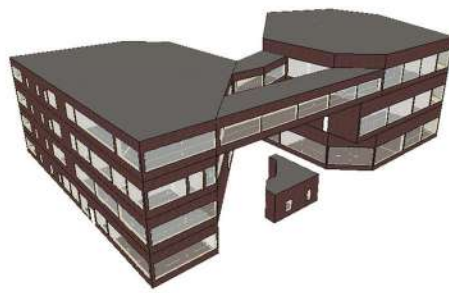
Emisi GRK : <10kgCO₂e/m²/thn

Appropriate Site Development (ASD)

Energy Efficiency and Conservation (EEC)

Material Resources and Cycle (MRC)

Alternatif Desain 1



Menentukan baseline atau titik acuan dasar sebagai perbandingan untuk menentukan penghematan energi pada bangunan

Total Kebutuhan Energi Bulanan
155.664 kWh

Luas Total Bangunan
9.697,34 m²

$$\text{Nilai IKE} = \frac{\text{Konsumsi Energi/bulan}}{\text{Luas Bangunan}} = \frac{155.664}{9.697,34} = \boxed{16,05}$$

Emisi GRK = Energi/tahun x Faktor Emisi x GWP

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.867.980 \times 0,774388897 \times 1 \\ &= \underline{1.446.542,97 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.867.980 \times 0,00001594341 \times 28 \\ &= \underline{833,90 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

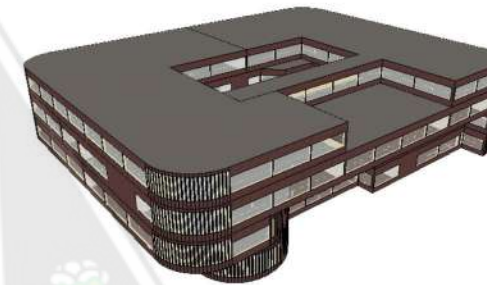
$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.867.980 \times 0,00000876813 \times 265 \\ &= \underline{4.340,35 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

$$\text{Total GRK/m}^2\text{/tahun} = \frac{\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}}{\text{Luas Bangunan}} = \frac{1.451.717,22}{9.697,34} = \boxed{149,70 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2}$$

IKE : Kategori CUKUP EFISIEN

Emisi GRK : >10kgCO₂e/m²/thn

Alternatif Desain 2



Menentukan baseline atau titik acuan dasar sebagai perbandingan untuk menentukan penghematan energi pada bangunan

Total Kebutuhan Energi Bulanan
163.185,54 kWh

Luas Total Bangunan
11.034,47 m²

$$\text{Nilai IKE} = \frac{\text{Konsumsi Energi/bulan}}{\text{Luas Bangunan}} = \frac{163.185,54}{11.034,47} = \boxed{14,79}$$

Emisi GRK = Energi/tahun x Faktor Emisi x GWP

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.958.226 \times 0,774388897 \times 1 \\ &= \underline{1.516.428,47 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.958.226 \times 0,00001594341 \times 28 \\ &= \underline{874,18 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 1.958.226 \times 0,00000876813 \times 265 \\ &= \underline{4.550,04 \text{ kgCO}_2\text{e}} \end{aligned}$$

$$\text{Total GRK/m}^2\text{/tahun} = \frac{\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}}{\text{Luas Bangunan}} = \frac{1.521.852,69}{11.034,47} = \boxed{137,92 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2}$$

IKE : Kategori CUKUP EFISIEN

Emisi GRK : >10kgCO₂e/m²/thn

Tahap 2 - SIMULASI DAYLIGHTING

Alternatif Desain 1



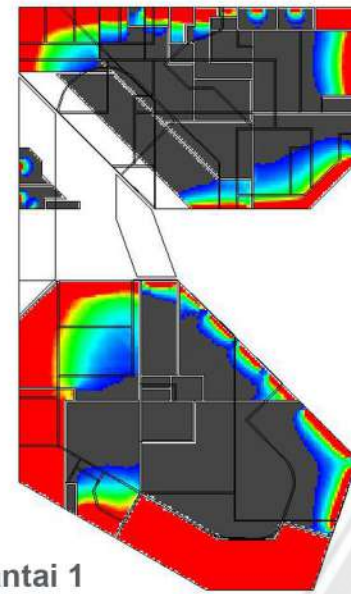
23 September

No Mechanical Vents & HVAC

Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

Project Construction Template

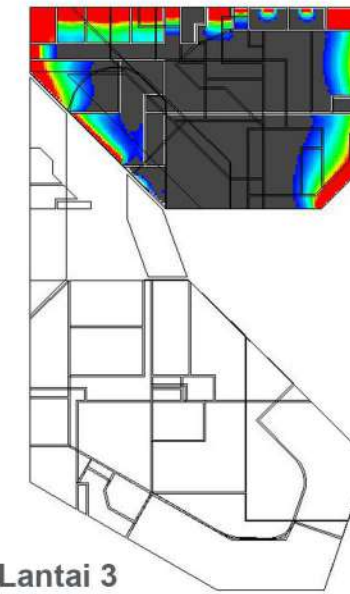
Flat Roof



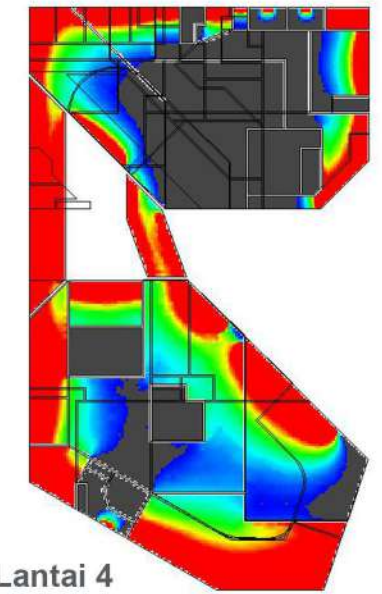
Lantai 1



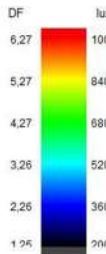
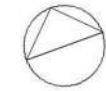
Lantai 2



Lantai 3

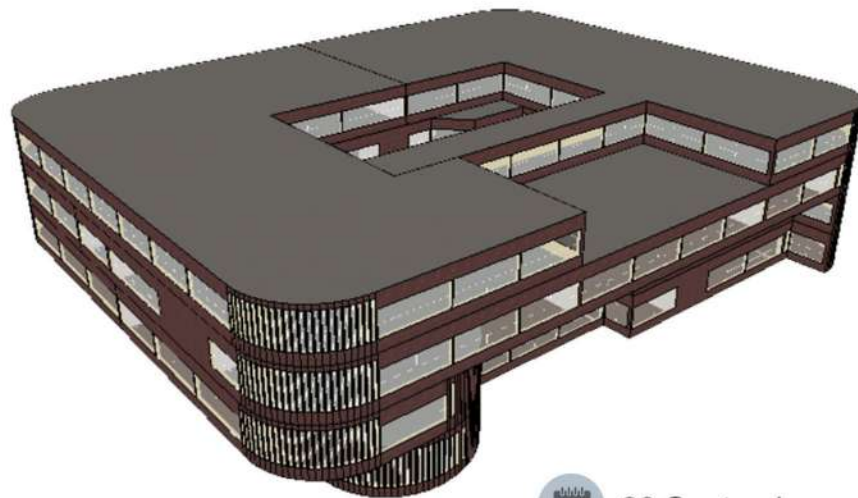


Lantai 4



Berdasarkan hasil simulasi, cahaya alami hanya dapat terdistribusi pada sisi luar ruangan. Hal ini dikarenakan program ruang yang menuntut adanya sekat-sekat untuk ruang pameran sehingga cahaya tidak dapat terdistribusi secara merata dan justru cahaya terlampau berlebihan pada ruang-ruang di sisi luar. Penataan ruang untuk pencahayaan alami masih belum efektif.

Alternatif Desain 2



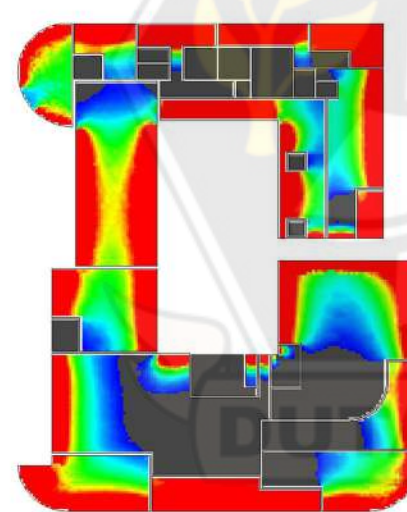
23 September

No Mechanical Vents & HVAC

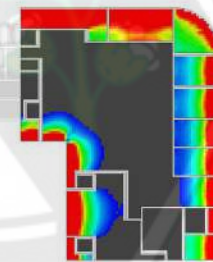
Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

Project Construction Template

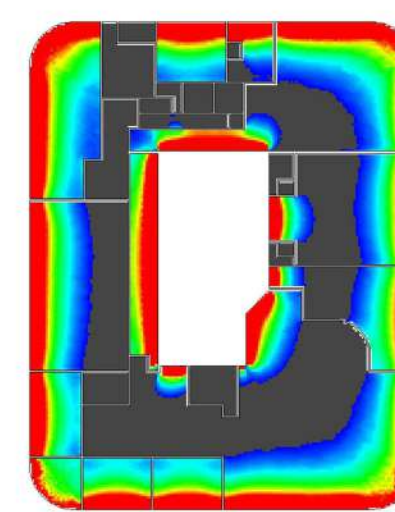
Flat Roof



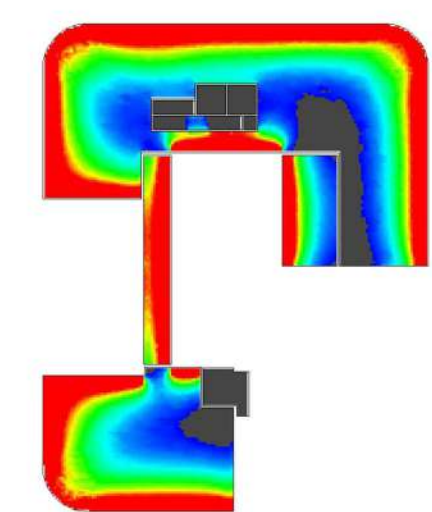
Lantai 1



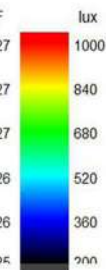
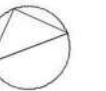
Lantai 2



Lantai 3



Lantai 4



Penerapan desain *courtyard* pada bagian tengah cukup membantu untuk distribusi cahaya alami yang lebih merata pada ruang dalam. Konfigurasi ulang denah dengan pengurangan sekat membuat cahaya alami dapat diteruskan tanpa halangan. Namun, pada beberapa ruang seperti pada lantai 1 dan lantai 3 cahaya tidak dapat terdistribusi secara cukup hingga ke bagian tengah.

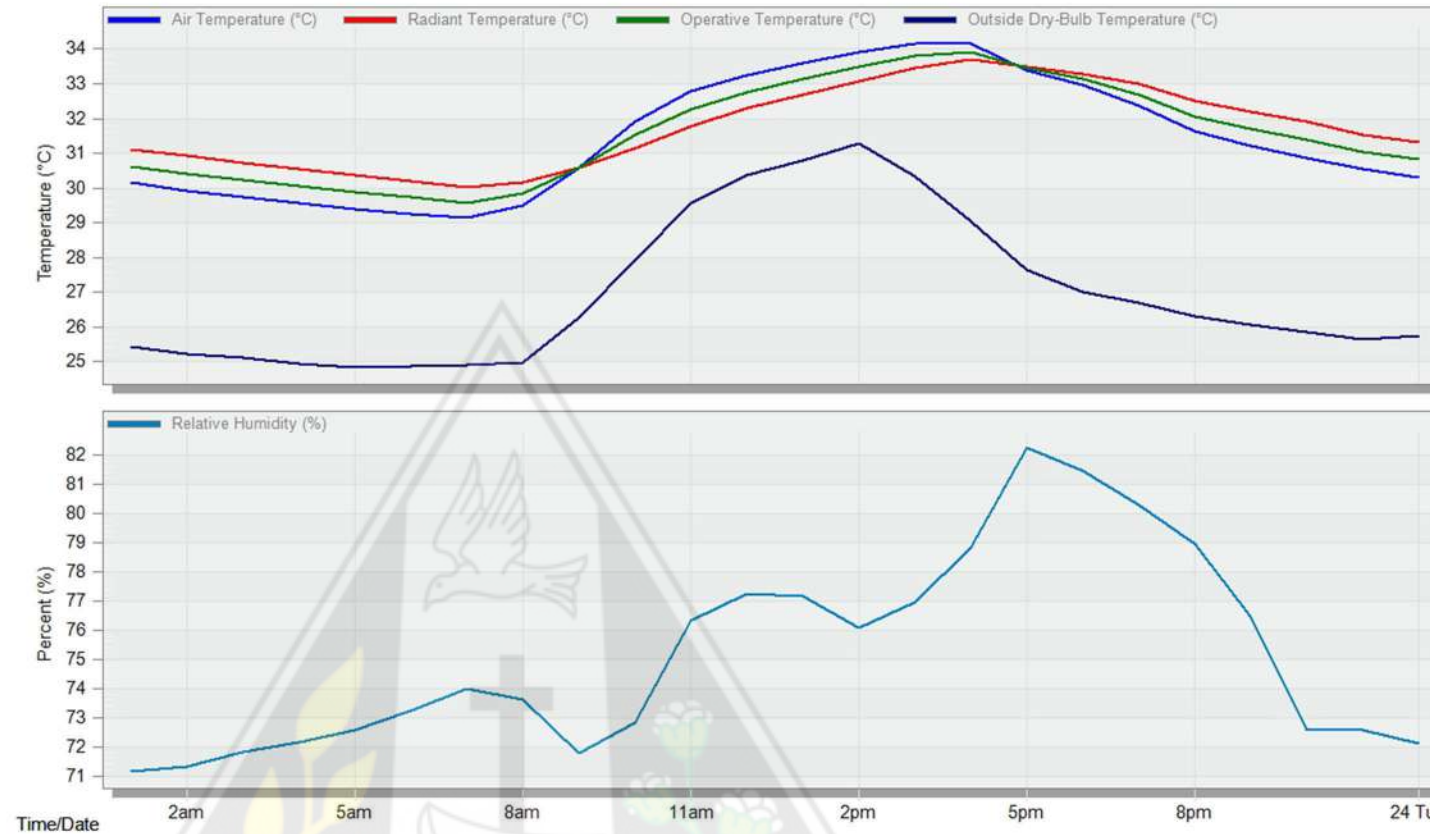
Tahap 2 - SIMULASI SUHU UDARA

Alternatif Desain 1



- 23 September
- No Mechanical Vents & HVAC
- Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

- Project Construction Template
- Flat Roof



Berdasarkan hasil simulasi, suhu harian pada ruang dalam berkisar antara 30°C hingga 34°C, dimana nilai ini melebihi di atas rekomendasi batas suhu nyaman (22,5°C - 27°C) atau lebih tinggi 3°C - 7°C.

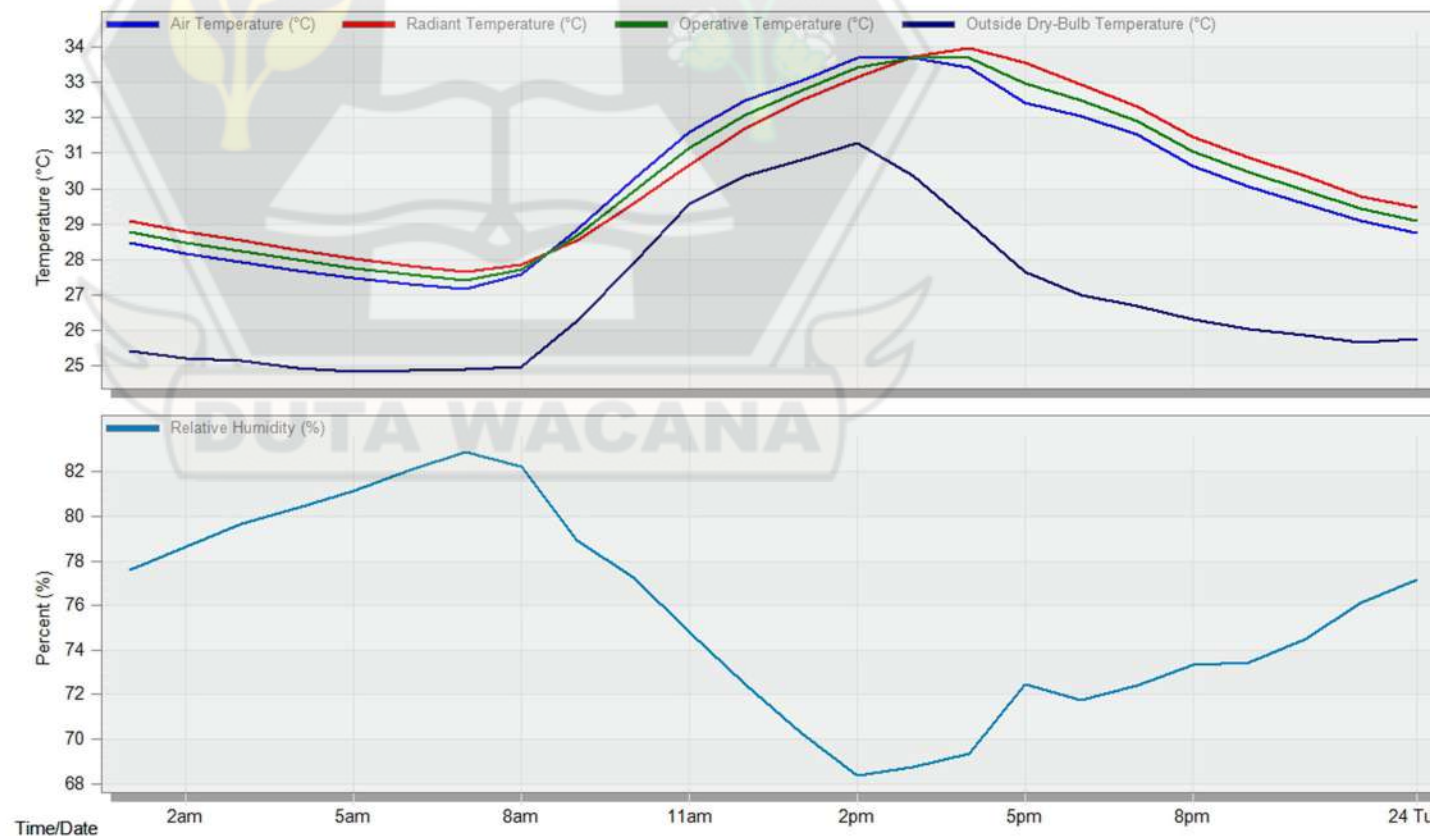
Pada tingkat kelembaban terdapat pola kenaikan pada pukul 7 pagi dan 5 sore, namun semakin sore kelembaban semakin naik dan di malam hari justru menurun. Pada saat waktu buka (10.00 - 20.00) kelembaban cukup tinggi, hingga 18% (*peak*) lebih tinggi dari batas ideal 64%.

Alternatif Desain 2



- 23 September
- No Mechanical Vents & HVAC
- Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

- Project Construction Template
- Flat Roof



Berdasarkan hasil simulasi, suhu harian pada ruang dalam berkisar antara 28°C hingga 33,5°C, dimana nilai ini melebihi di atas rekomendasi batas suhu nyaman (22,5°C - 27°C) atau lebih tinggi 1°C - 6,5°C.

Pada tingkat kelembaban terdapat pola kenaikan pada pukul 7 pagi dan 5 sore, namun kelembaban tinggi pada malam hari dan pada siang hari cenderung lebih rendah. Pada saat waktu buka (10.00 - 20.00) kelembaban lebih tinggi 13% (*peak*) dari batas ideal 64%.

Tahap 2 - SIMULASI SIRKULASI

Alternatif Desain 1



23 September

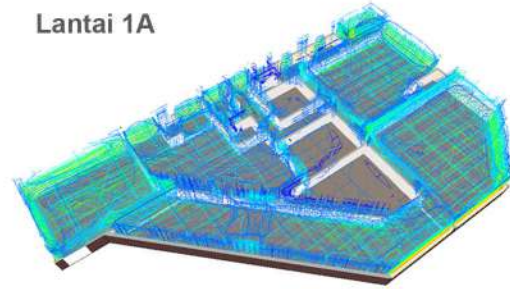
No Mechanical Vents & HVAC

Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

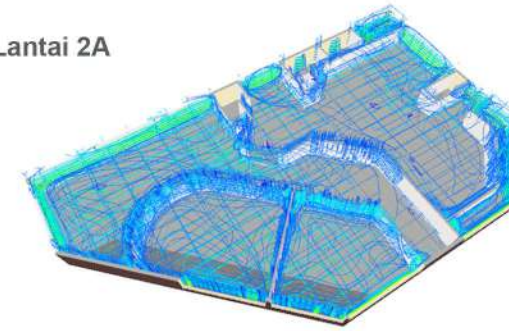
Project Construction Template

Flat Roof

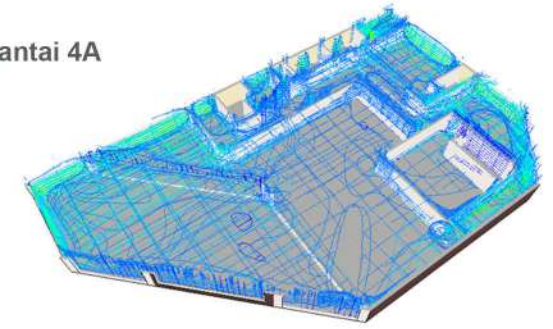
Lantai 1A



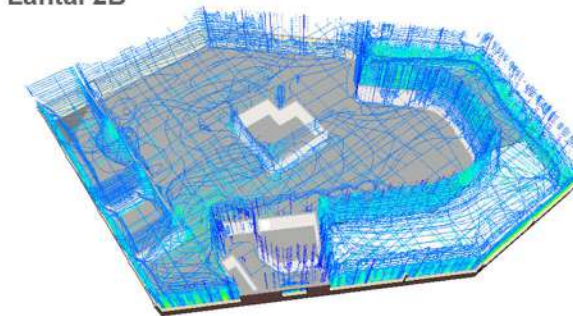
Lantai 2A



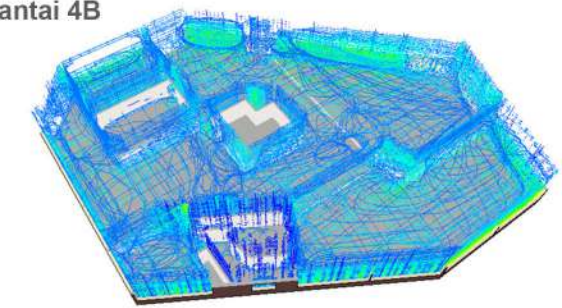
Lantai 4A



Lantai 2B

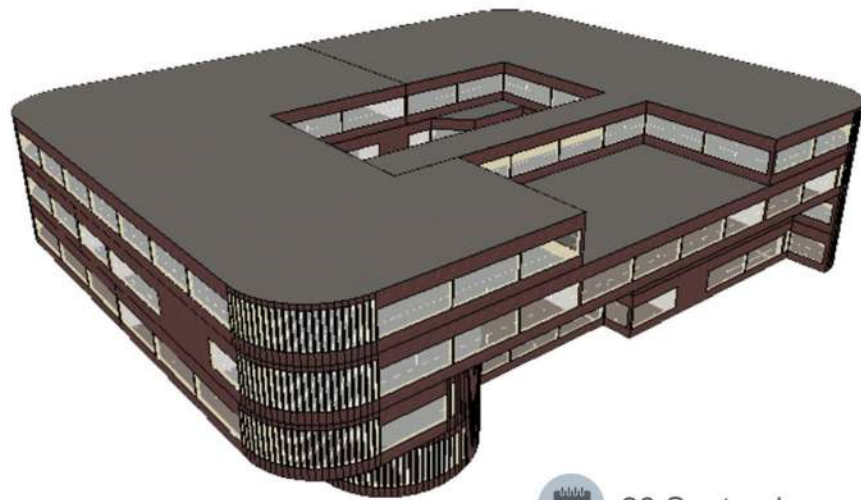


Lantai 4B



Melihat hasil simulasi CFD, pada ruang-ruang pameran yang dilalui pengunjung udara dapat bergerak secara merata ke seluruh ruangan. Hal ini menunjukkan bahwa bukaan dan konfigurasi ruang memadai untuk memanfaatkan penghawaan secara alami.

Alternatif Desain 2



23 September

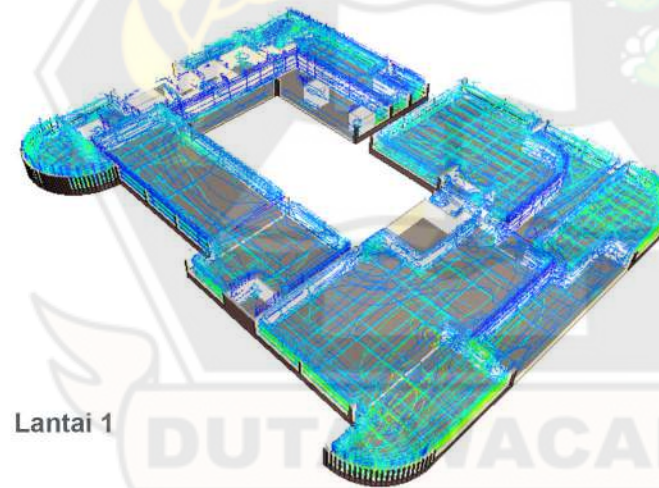
No Mechanical Vents & HVAC

Single Clear 6mm ; 1,5m ; WWR 50%

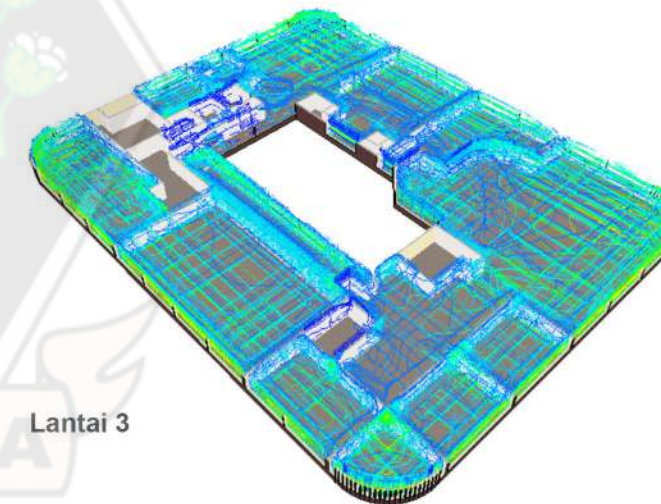
Project Construction Template

Flat Roof

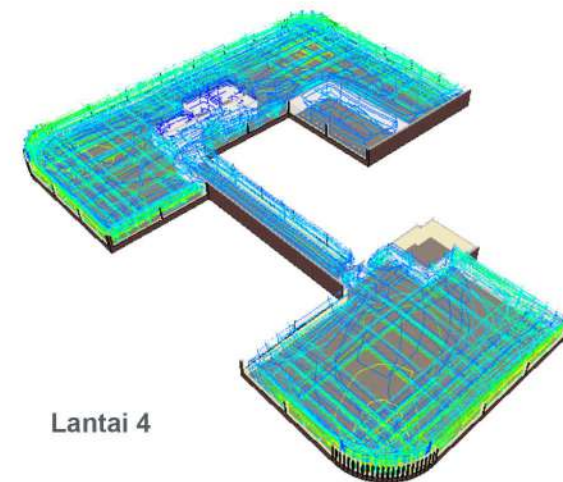
Lantai 1



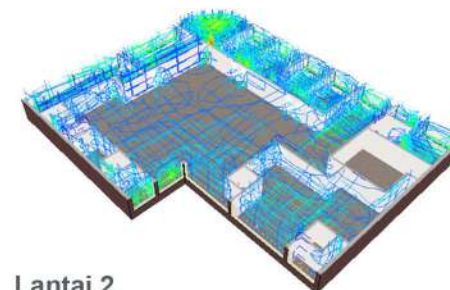
Lantai 3



Lantai 4



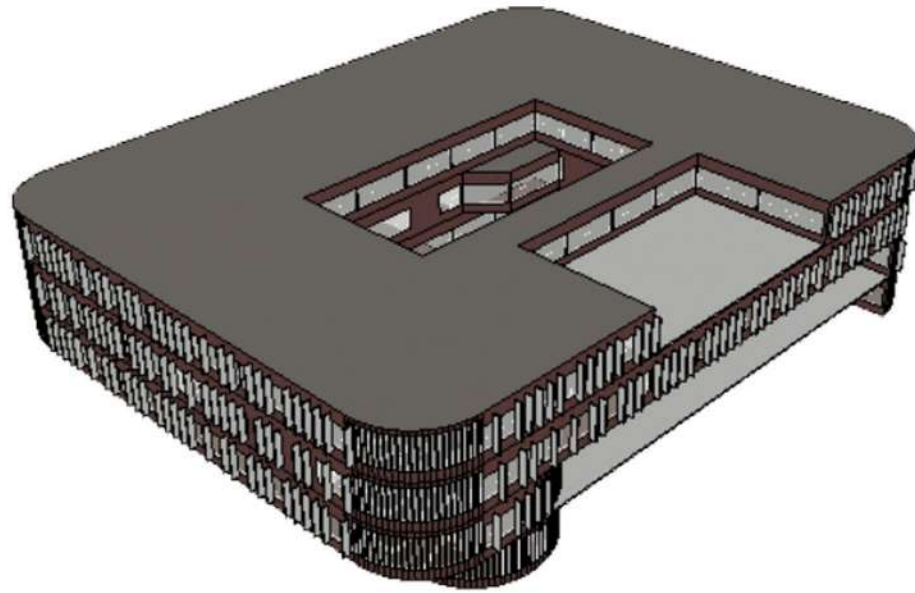
Lantai 2



Sirkulasi udara dalam ruangan sudah baik, terutama pada alur yang dilalui pengunjung. Sirkulasi yang paling adalah pada ruang-ruang yang berada pada sisi luar, sementara pada ruang-ruang dengan bukaan mengarah *courtyard* cenderung memiliki pergerakan udara yang tidak terlalu tinggi. Penempatan *courtyard* tidak terlalu efektif untuk penghawaan, walaupun masih sedikit membantu untuk sirkulasi udara ruang dalam.

Tahap 3 - PERBAIKAN DESAIN

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan energi baseline, alternatif desain 2 memiliki performa yang lebih baik. Maka dari itu, alternatif desain 2 dipilih sebagai desain untuk dikembangkan dan dilakukan perbaikan desain



- Brick Cavity with Insulation
- Flat Roof with Double Low-E Tint Skylight
- Double Low-E 6 + 13mm 1,5m ; WWR 50%
- 23 September
- With Mechanical Vents

Daylighting



Penambahan shading, kisi-kisi, dan penggantian jenis kaca menjadi kaca double low-e cukup berpengaruh pada distribusi cahaya di dalam ruangan. Bagian yang terpapar pencahayaan berlebih cukup berkurang. Akan tetapi cahaya yang masuk hingga ke bagian tengah ruang banyak berkurang sehingga memerlukan bantuan pencahayaan buatan. Agar konsumsi energi tetap efektif, maka memanfaatkan beberapa teknologi dan strategi desain

Motion Sensor

Lampu hanya akan menyala ketika ada orang yang lewat atau menggunakan ruangan tersebut

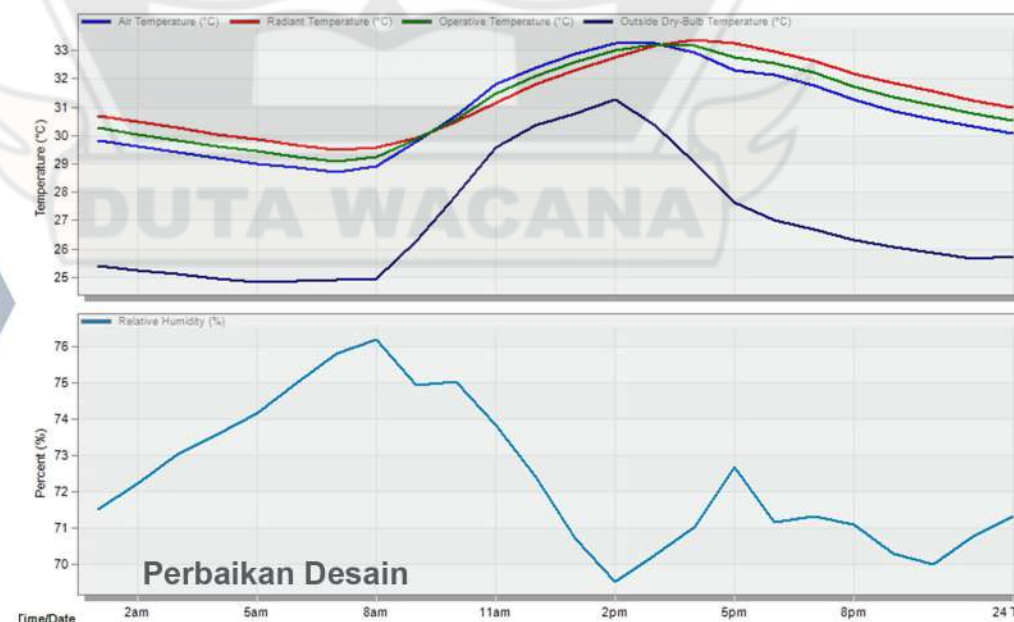
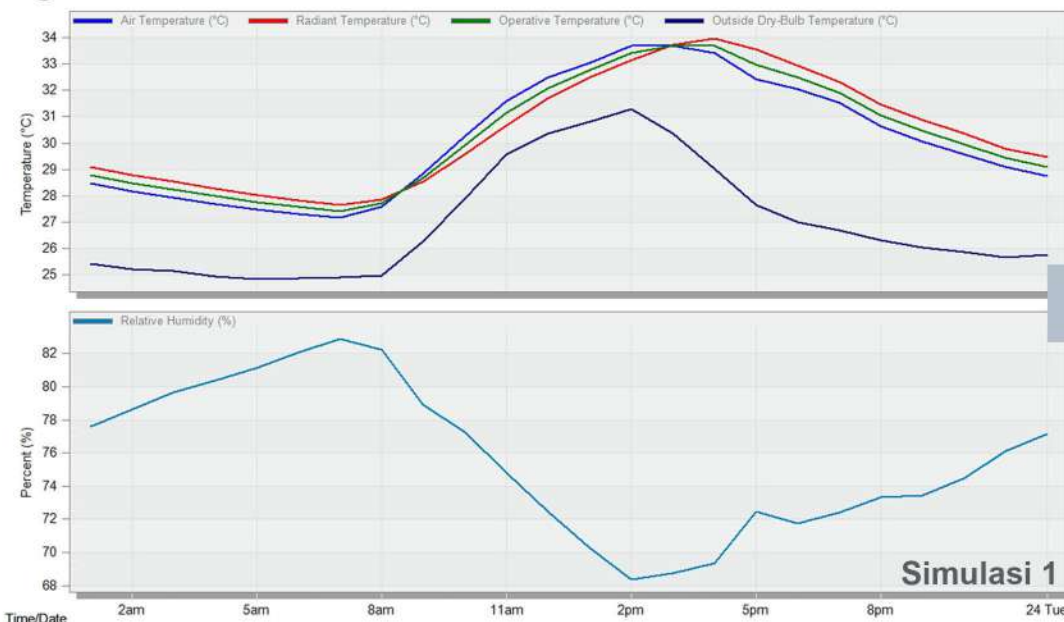
Lux Sensor

Lampu dalam ruangan akan menyala otomatis ketika cahaya alami kurang dari 300 lux dan mati ketika cahaya alami melebihi 300 lux

Sistem Phovoltaic

Penggunaan panel *photovoltaic* dapat membantu mengurangi konsumsi energi dari sumber energi konvensional non terbarukan. Sehingga dengan konsumsi energi yang sama, sebagian sumber energinya lebih bersih dan terbarukan

Suhu Udara



Penggantian kaca menjadi double glass Low-E, mengubah susunan dinding eksterior menjadi 2 lapis dengan insulasi, dan menambahkan mechanical vents diperoleh hasil yang lebih baik. Hasil simulasi menunjukkan sedikit penurunan suhu udara dan tingkat kelembaban lebih terjaga.

Penggunaan HVLS Fan

High Volume Low Speed Fan dapat membantu mengalirkan udara dalam volume besar terutama pada ruang *high ceiling*, sehingga terus terjadi pertukaran udara

Exhaust Fan

Pada ruang yang tidak memanfaatkan AC dapat memanfaatkan *exhaust fan* untuk membantu mengeluarkan udara panas sehingga dapat berganti dengan udara segar

Tahap 4 - KONSUMSI ENERGI dan NILAI EMISI

Berdasarkan hasil simulasi pada perbaikan desain, maka dilakukan penghitungan ulang pada konsumsi energi yang telah menerapkan beberapa strategi hemat energi, termasuk menghitung ulang nilai IKE dan nilai emisi GRK

KONSUMSI ENERGI BARU

Berdasarkan tahapan simulasi yang telah dilakukan, dapat dilakukan beberapa strategi penghematan, seperti :

1. Pencahayaan alami di siang hari
2. Material insulasi dan kaca low-E
3. *Shading* dan *overhang*

Berdasarkan penghitungan ulang, maka didapat kebutuhan energi terbaru

Total Kebutuhan Energi
Bulanan
77.130,27 kWh

Luas Total
Bangunan
11.034,47 m²

NILAI IKE

Karena terjadi penurunan pada konsumsi energi bulanan, maka nilai IKE perlu untuk dihitung ulang

$$\text{Nilai IKE} = \frac{\text{Konsumsi Energi/bulan}}{\text{Luas Bangunan}} = \frac{77.130,27}{11.034,47} = \boxed{6,99}$$

Berdasarkan kategori IKE maka nilai 6,99 memenuhi target kategori **SANGAT EFISIEN** (dengan AC)

14,79 → 6,99 **52,7%**

NILAI EMISI GRK

Emisi GRK = Energi/tahun x Faktor Emisi x GWP

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 925.563 \times 0,774388897 \times 1 \\ &= 716.745,71 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 925.563 \times 0,00001594341 \times 28 \\ &= 413,19 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{Emisi GRK} &= \text{Energi/thn} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{GWP} \\ &= 925.563 \times 0,00000876813 \times 265 \\ &= 2.150,6 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

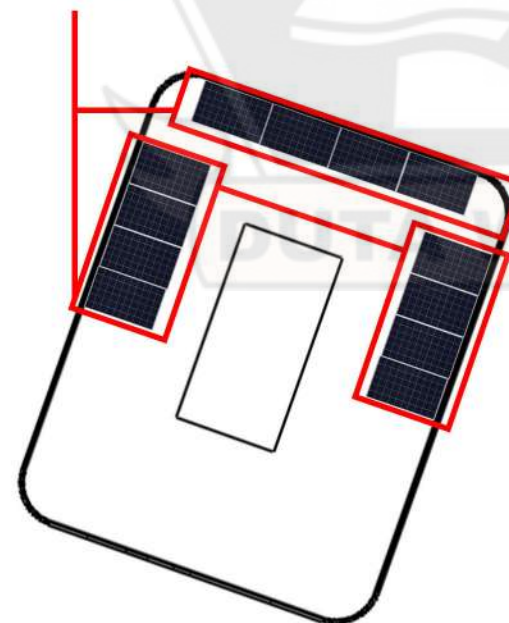
$$\begin{aligned} \text{Total GRK/m}^2\text{/tahun} &= \frac{\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}}{\text{Luas Bangunan}} \\ &= \frac{719.309,50}{11.034,47} = \boxed{65,19 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2} \end{aligned}$$

137,92 → 65,19 **52,7%**

Tahap 5 - PEMANFAATAN PANEL SURYA

Untuk semakin menghemat konsumsi energi bulanan pada bangunan, maka dapat juga memanfaatkan strategi lain, yaitu dengan memanfaatkan panel surya. Pada perancangan kali ini panel surya yang dipilih adalah panel surya dengan daya **200 WP Monocrystalline**. Jumlah panel yang akan dipasang mengikuti luas atap bangunan yang bisa terpakai.

Posisi Pemasangan Panel Surya



Pemasangan diposisikan pada bagian utara menghadap arah gerak matahari sesuai hasil analisis agar dapat bekerja secara optimal. Jumlah panel yang dapat terpasang, yaitu sebanyak **126 panel**.

Daya yang dihasilkan solar panel dalam 1 bulan

Daya 1 panel

$$\begin{aligned} W &= \text{Watt Peak} \times \text{Efisiensi panel} \\ &= 200 \times 18,69\% \\ &= 37,38 \text{ W} \end{aligned}$$

Daya 1 panel dalam sehari

$$\begin{aligned} W &= 37,38 \text{ W} \times \text{Lama Efektivitas Matahari} \\ &= 37,38 \times 5 \text{ jam} \\ &= 186,9 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Total daya yang dihasilkan seluruh panel

$$\begin{aligned} W &= 186,9 \text{ Wh} \times 126 \\ &= 186,9 \times 126 \\ &= 23.549,4 \text{ Wh/hari} \end{aligned}$$

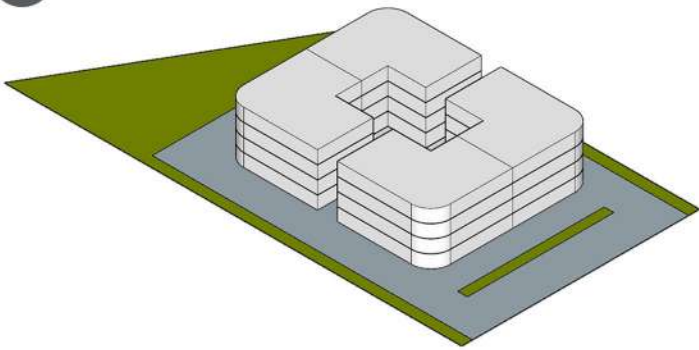
Total daya yang dihasilkan dalam 1 bulan

$$\begin{aligned} W &= 23.549,4 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari} \\ &= \boxed{706.482 \text{ Wh} = 706,49 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

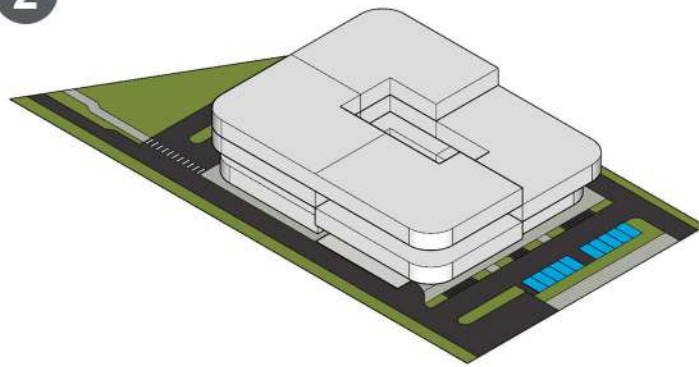
Jadi, dalam 1 bulan panel surya tersebut mampu membantu menyuplai daya sebanyak sebesar **706,49 kWh**



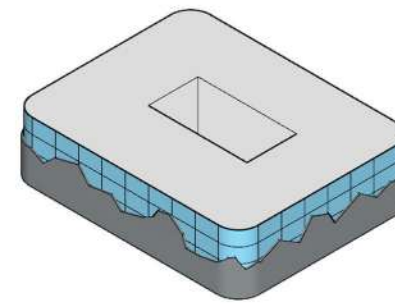
1



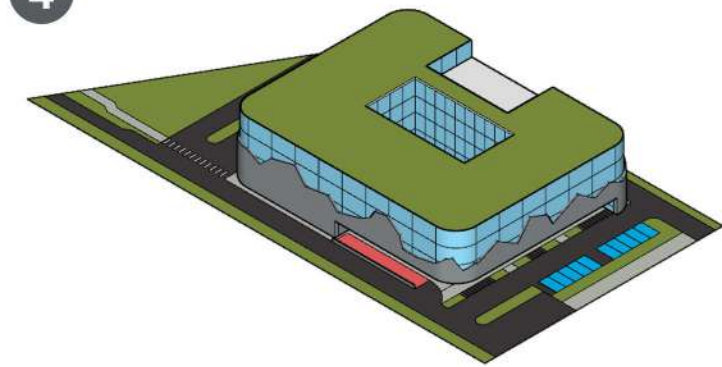
2



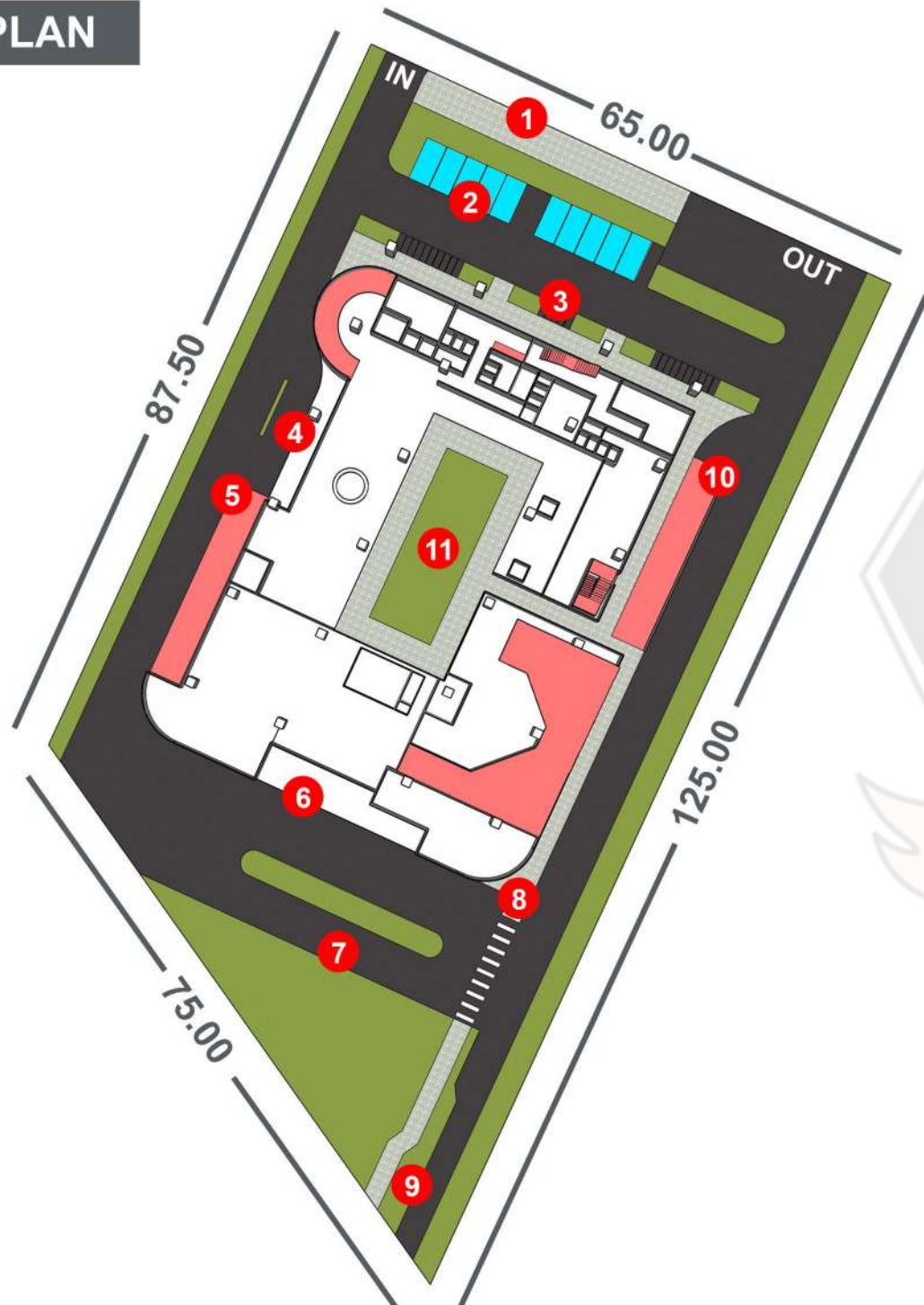
3



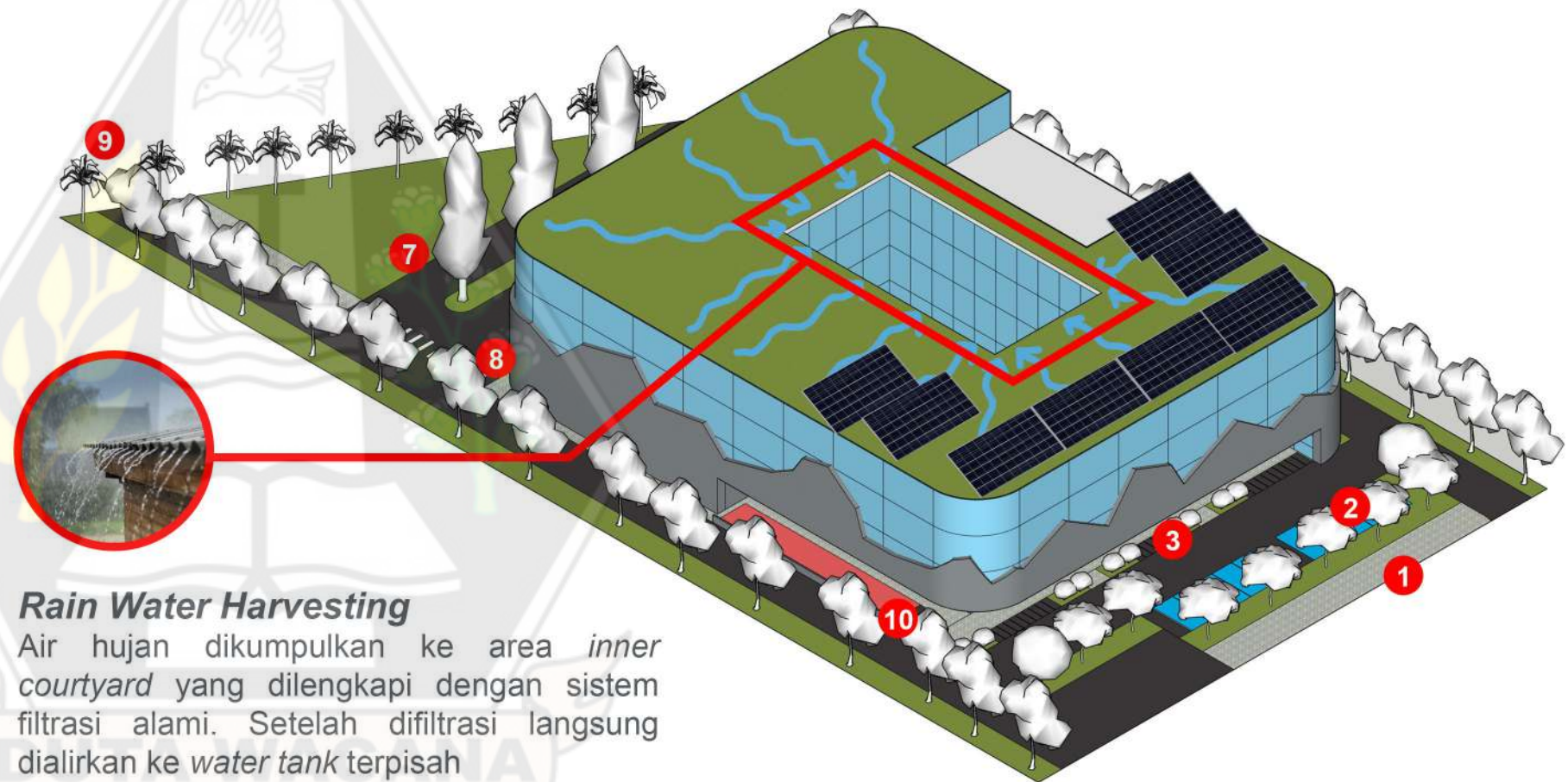
4



SITEPLAN



3D ISOMETRI



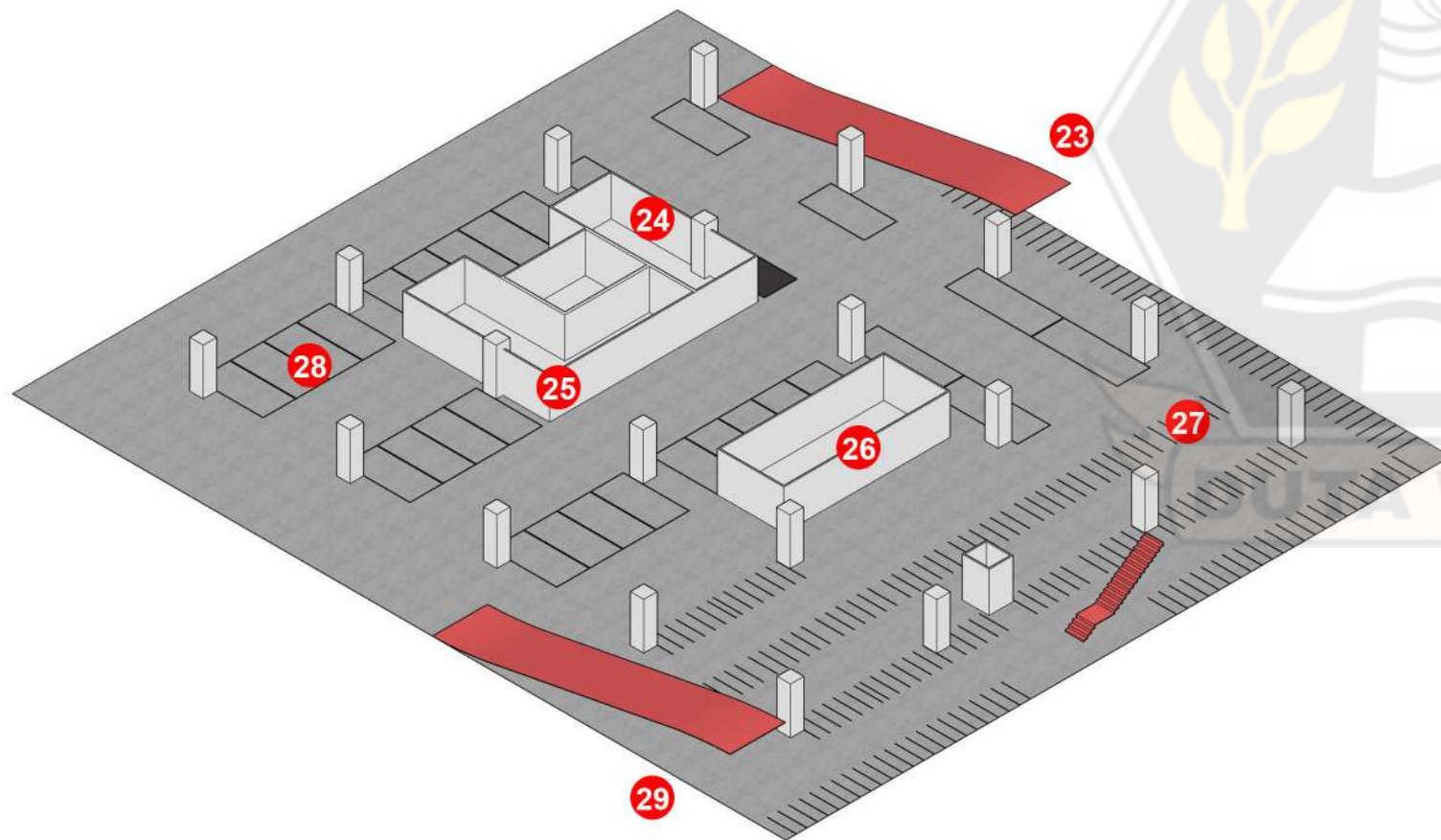
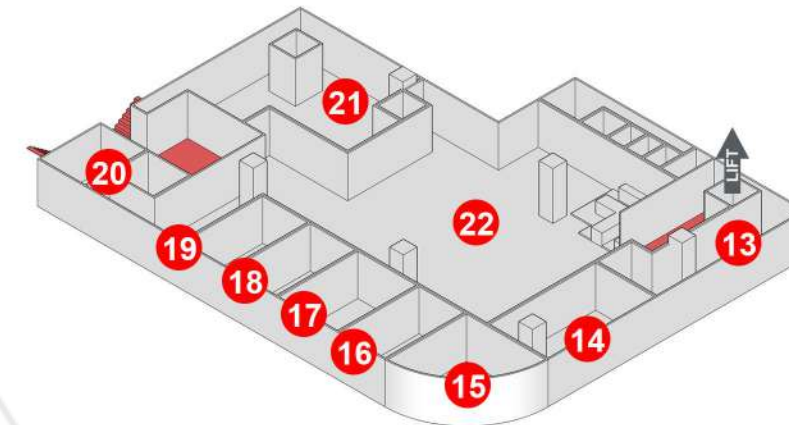
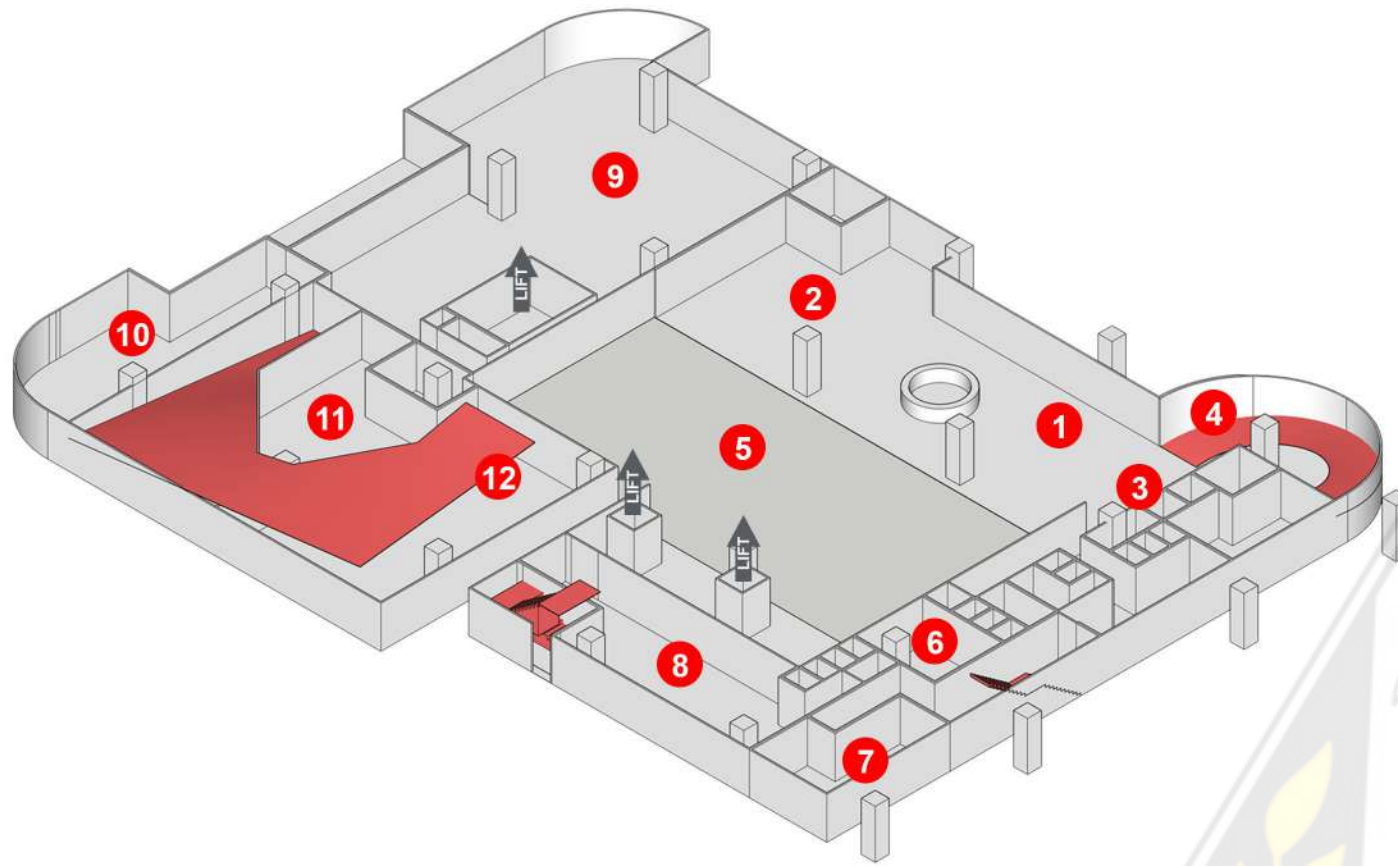
Rain Water Harvesting

Air hujan dikumpulkan ke area *inner courtyard* yang dilengkapi dengan sistem filtrasi alami. Setelah difiltrasi langsung dialirkan ke *water tank* terpisah

- 1. Area Komunal Pedestrian
- 2. Parkir Mobil Listrik
- 3. Parkir Sepeda
- 4. Area Drop Off

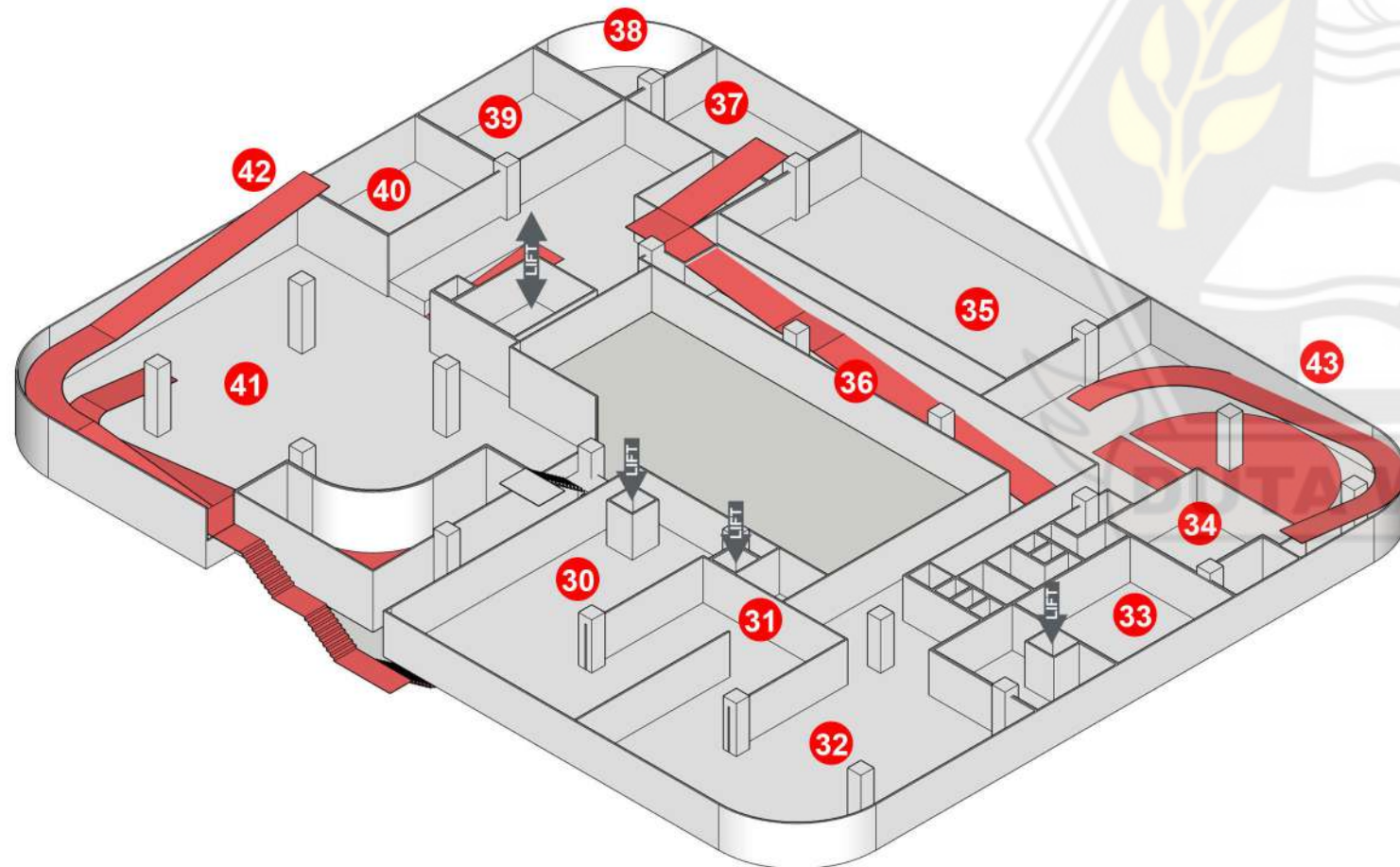
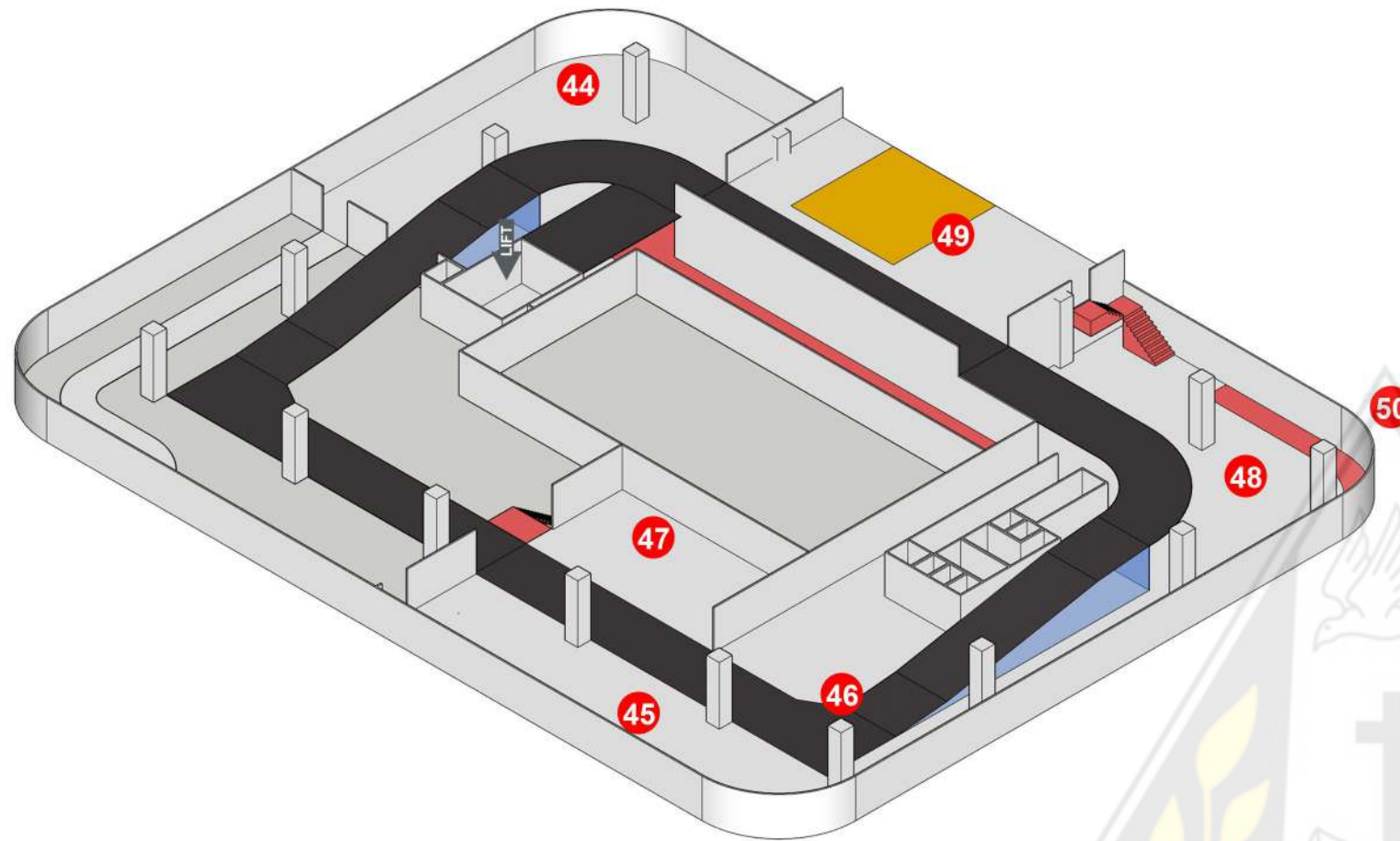
- 5. Masuk Basement
- 6. Loading Dock
- 7. Parkir Bus Besar
- 8. Jalur Pedestrian

- 9. Akses Sekunder
- 10. Keluar Basement
- 11. Inner Courtyard

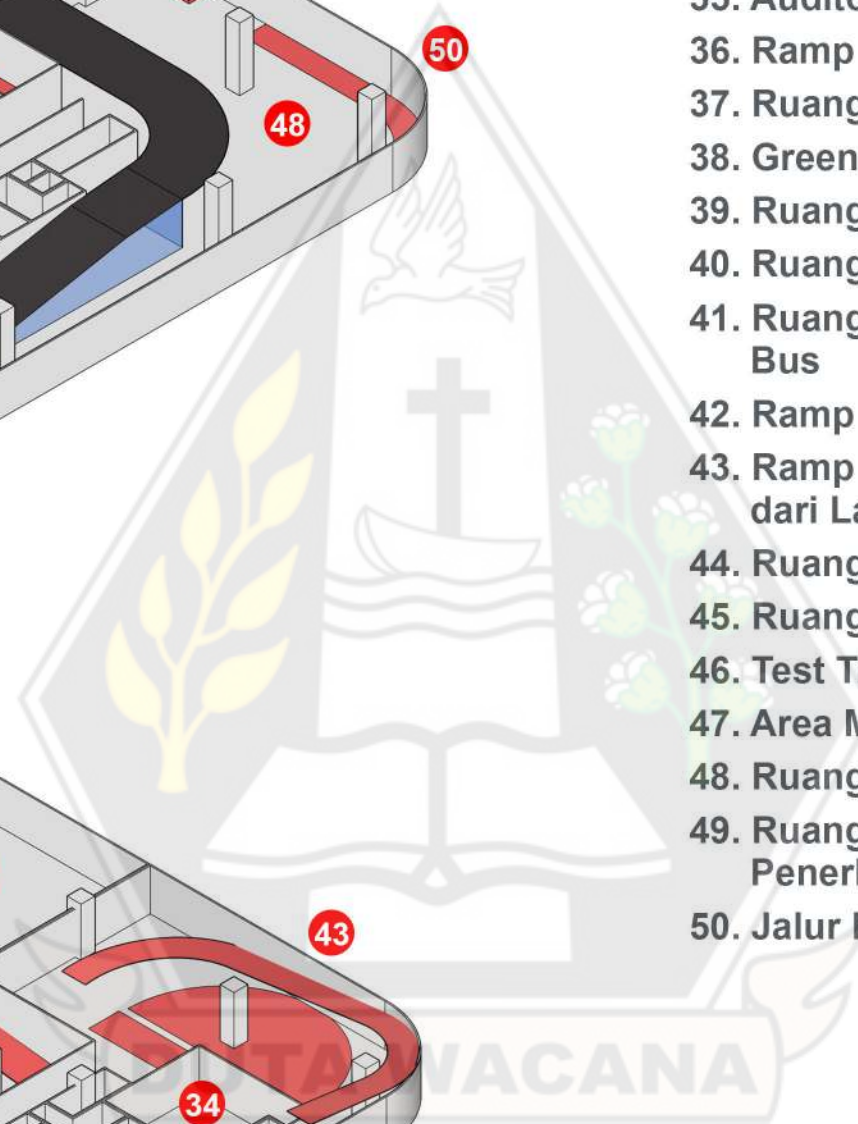


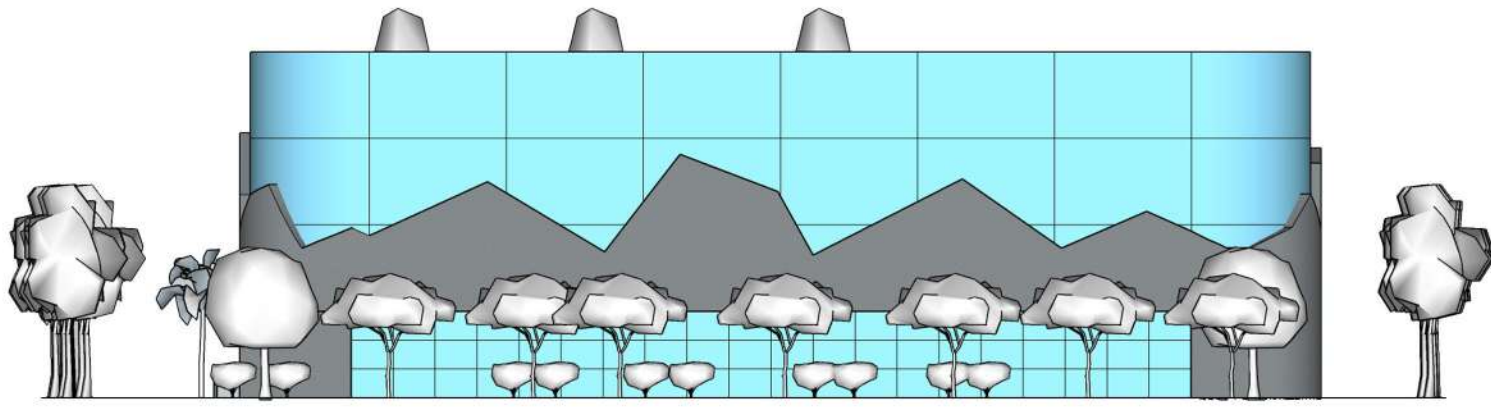
1. Entrance Hall
2. Toko Merchandise
3. Loket Tiket
4. Jalur Keluar dari Pameran
5. Inner Courtyard
6. Ruang Kontrol Pengelola
7. Perpustakaan Pengelola
8. Loker Pegawai
9. Bengkel Service
10. Ruang Penyimpanan & Perawatan Berkala
11. Ruang Penyimpanan Objek Pameran
12. Ramp Service
13. Kantor Creative Media
14. Ruang Rapat
15. Kantor Direktur

16. Kantor Bidang Eksibisi
17. Kantor Bidang Administrasi
18. Kantor Bidang Promosi
19. Kantor TU
20. Gudang Arsip
21. Kantor Bidang Pendidikan
22. Ruang Kerja Komunal
23. Masuk Basement
24. Ruang Genset
25. Ruang Elektrikal
26. Ruang Plumbing
27. Parkir Sepeda Motor
28. Parkir Mobil
29. Keluar Basement

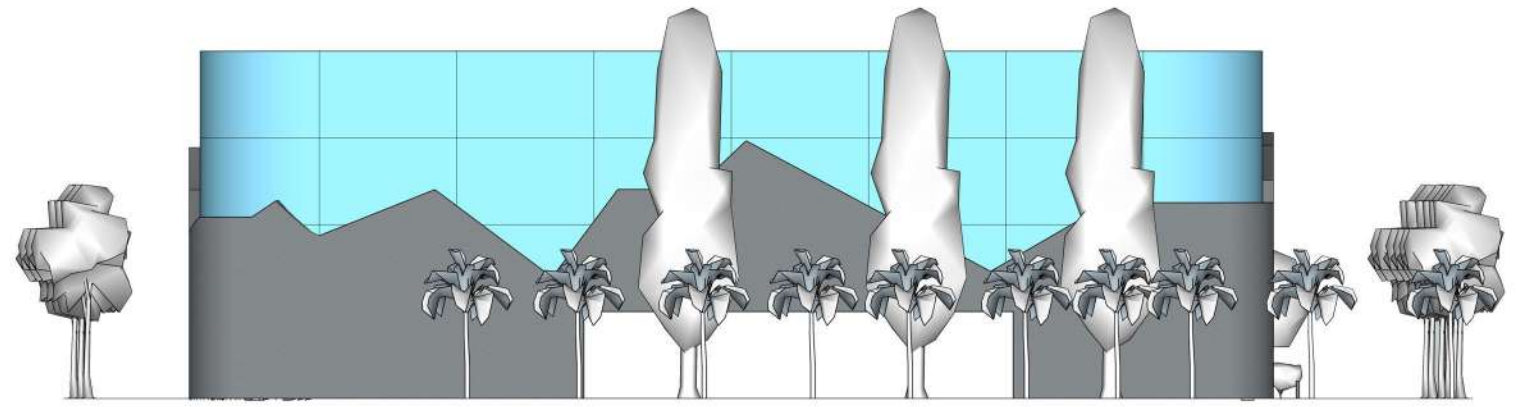


- 30. Ruang Fenomena Pemanasan Global
- 31. Ruang Konsep Clean & Sustainable Mobility
- 32. Ruang Sejarah Transportasi
- 33. Ruang Kelas
- 34. 4D Cinema
- 35. Auditorium
- 36. Ramp Menuju Lantai 4
- 37. Ruang Demonstrasi
- 38. Green Area
- 39. Ruang Workshop 1
- 40. Ruang Workshop 2
- 41. Ruang Pameran Autonomous Bus
- 42. Ramp dari Lantai 4
- 43. Ramp Jalur Keluar Pameran dari Lantai 4
- 44. Ruang Pameran Mobil Listrik
- 45. Ruang Pameran Motor Listrik
- 46. Test Track Area
- 47. Area Makan
- 48. Ruang Pameran Drone Taxi
- 49. Ruang Demonstrasi Penerbangan Drone Taxi
- 50. Jalur Keluar dari Pameran

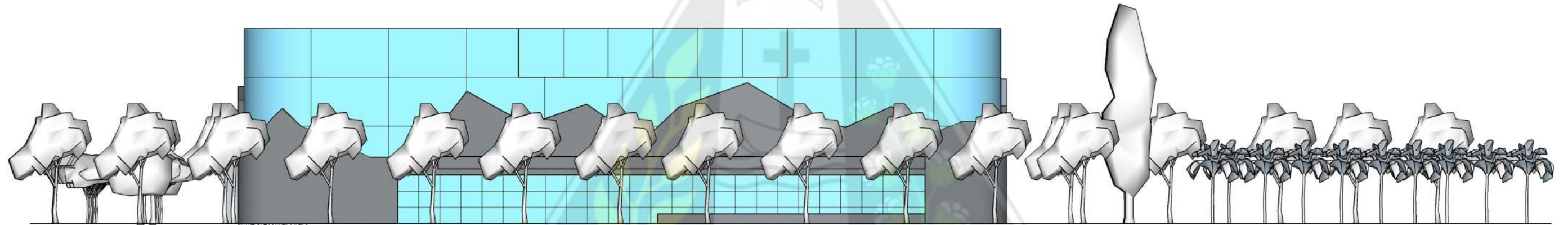




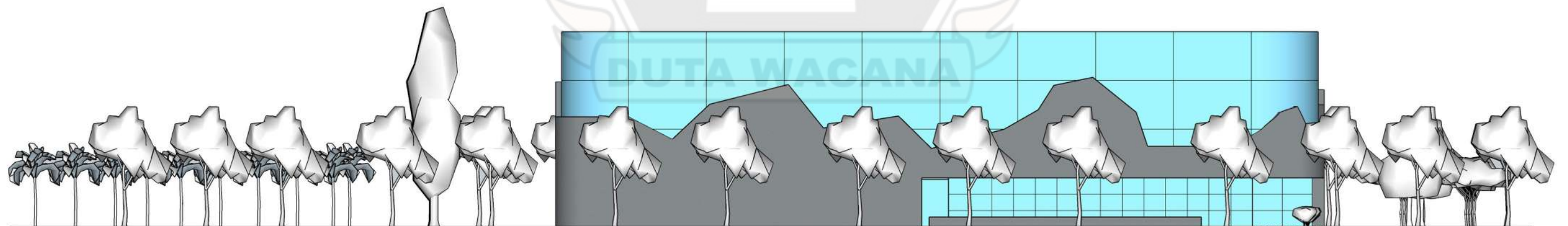
TAMPAK DEPAN



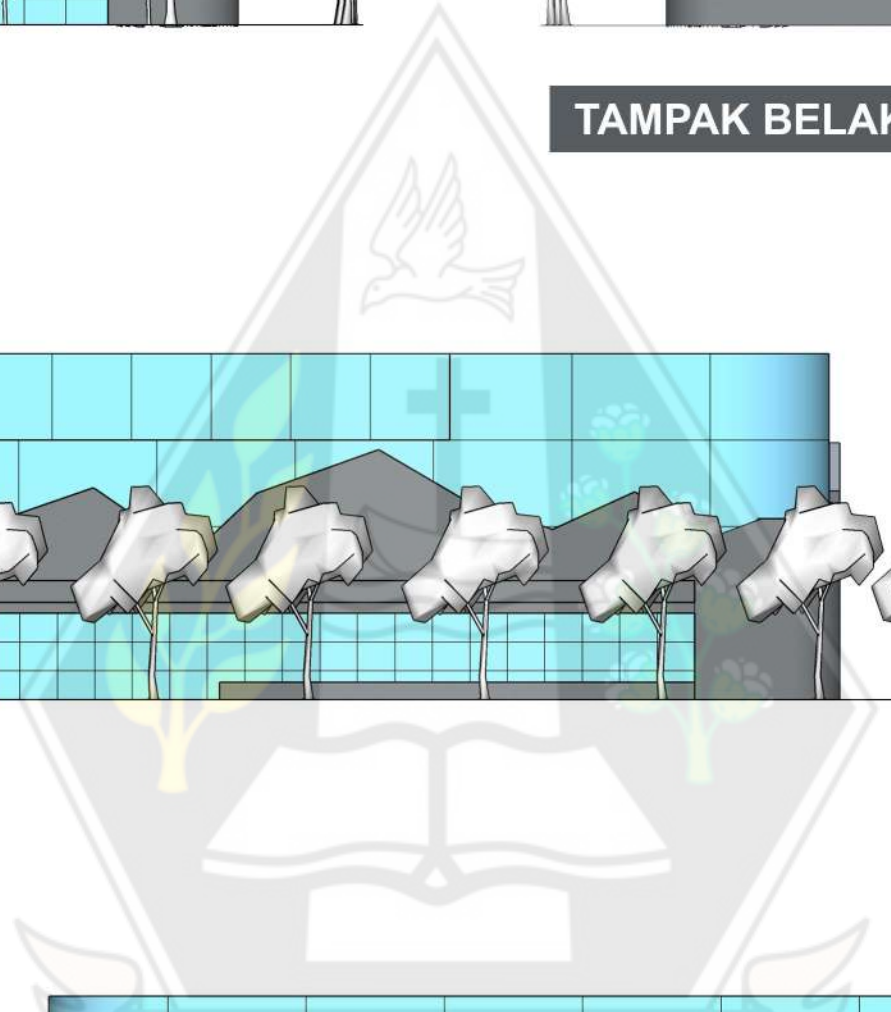
TAMPAK BELAKANG



TAMPAK KANAN



TAMPAK KIRI



DUTA WACANA

- Bhatt, N.. 2016. Low Carbon Building. <https://www.climatecolab.org/contests/2016/buildings/c/proposal/1329602> (diakses pada 15 September 2022 pukul 20.00).
- De Chiara and Callender. 1980. Time Saver Standards for Building Types. McGraw-Hill Inc. United State.
- Eteruddin, H., dkk. 2021. Evaluasi Indeks Konsumsi Energi Listrik di Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru. Jurnal Elementer Volume 7 Nomor 2. Universitas Lancang Kuning. Riau.
- Fikriansyah, I. S. 2022. Populasi Kendaraan di Indonesia Tembus 145 Juta Unit, Paling Banyak Bukan di Jakarta. <https://oto.detik.com/mobil/d-5902120/populasi-kendaraan-di-indonesia-tembus-145-juta-unit-paling-banyak-bukan-di-jakarta> (diakses pada 17 Juli 2022 pukul 19.30).
- Green Building Council Indonesia. 2013. Perangkat Penilaian *GreenShip* untuk Bangunan Baru Versi 1.2. Green Building Council Indonesia. Jakarta.
- Hariyanto, A. 1995. Pusat Peragaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Science Center) di Jakarta: Landasan Konseptual Perencanaan dan Perancangan. Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pemerintah Kota Surakarta. 2016. Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Bangunan Gedung. Pemerintah Daerah Kota Surakarta. Surakarta.
- Pemerintah Kota Surakarta. 2021. Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surakarta Tahun 2021-2041. Pemerintah Daerah Kota Surakarta. Surakarta
- Pynkyawati, T., dkk. 2014. Kajian Efisiensi Desain Sirkulasi pada Fungsi Bangunan Mall dan Hotel BTC. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Rianta, M. G. 2021. Paris Agreement Sebagai Upaya untuk Mencegah Kenaikan Temperatur Global. <https://indonesiare.co.id/id/article/paris-agreement-sebagai-upaya-untuk-mencegah-kenaikan-temperatur-global> (diakses pada 12 Juni 2022 pukul 10.00).
- Ronald Lu and Partners. 2012. <https://www.archdaily.com/282880/zcb-zero-carbon-building-ronald-lu-and-partners> (diakses pada 3 September 2022 pukul 12.00).
- Rosita, A. 2018. Galeri Kerajinan di Kota Klaten dengan Pendekatan Arsitektur Neo Vernakular : Landasan Konseptual Perencanaan dan Perancangan Arsitektur. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Setiawan, A. T. 2001. Museum Geologi dengan Pendekatan Perwujudan Sedimentasi: Landasan Konseptual Perancangan. Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sugiarto, S., dkk. 2017. Pengaplikasian Konsep Interaktif Terhadap Desain Mini Maritime Museum di Surabaya. Jurnal Kreasi Volume 2 Nomor 2. 63-94.
- Tim Redaksi. 2019. 2021 Global Status Report for Buildings and Construction. Global Alliance for Buildings and Construction. Paris.
- Tim Redaksi. 2020. Pengertian Green Architecture, Prinsip, dan Contohnya. <https://www.arsitur.com/2017/09/pengertian-green-architecture-prinsip.html> (diakses pada 16 Juli 2022 pukul 14.00).
- Tim Redaksi. 2022. What Is Sustainable Mobility?. <https://www.neste.com/media/sustainable-mobility/what-is-sustainable-mobility> (diakses pada 15 Juli 2022 pukul 16.00).
- UN Studio. 2017. <https://www.archdaily.com/805982/mercedes-benz-museum-unstudio> (diakses pada 3 September 2022 pukul 10.00).
- Utina, R. 2009. Pemanasan Global : Dampak dan Upaya Meminimalisasinya. Universitas Negeri Gorontalo. Kota Gorontalo.
- Widyastuti, L. R. 2018. Potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan H₂O) di Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Zamani, L. 2021. Jadi Kota Terpadat di Jateng, BPS : Solo Pusat Ekonomi, Wisata, dan Pendidikan. <https://regional.kompas.com/read/2021/03/19/151425578/jadi-kota-terpadat-di-jateng-bps-solo-pusat-ekonomi-wisata-dan-pendidikan?page=all> (diakses pada 13 Juni 2022 pukul 19.00).