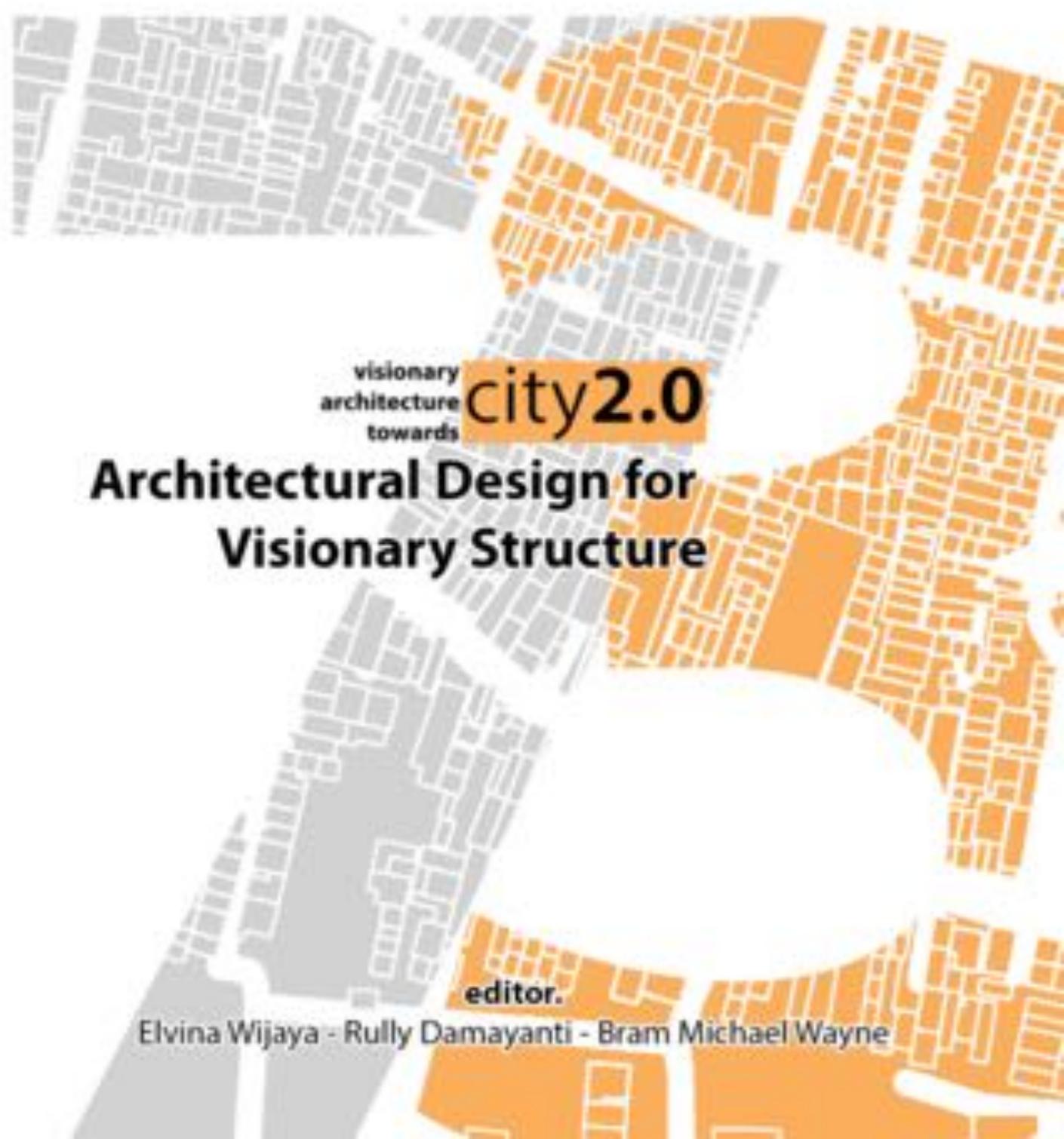




Indonesian Ministry of Public Works and Infrastructure



visionary
architecture
towards **city2.0**

Architectural Design for Visionary Structure

editor.

Elvina Wijaya - Rully Damayanti - Bram Michael Wayne



**Desain Arsitektur –
Pendalaman Struktur Visioner**
(Architectural Design for Visionary Structure)

Editor:
Elvina Wijaya, M.T.
Rully Damayanti, Ph.D
Bram Michael Wayne, M.Ars.



Penerbit:
Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat
PETRA PRESS
Universitas Kristen Petra

Desain Arsitektur – Pendalaman Struktur Visioner (*Architectural Design for Visionary Structure*)
Elvina Wijaya, M.T., Rully Damayanti, Ph.D, Bram Michael Wayne, M.Ars.
Surabaya, Bagian Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas
Kristen Petra, 2020

ISBN: 978-602-5446-27-6

Kutipan Pasal 44

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 100.000.000,- (seratus juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum dalam ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah).

Desain Arsitektur – Pendalaman Struktur Visioner
(*Architectural Design for Visionary Structure*)
Cetakan Pertama, Juni 2021

Editor:

Elvina Wijaya, M.T.
Rully Damayanti, Ph.D,
Bram Michael Wayne, M.Ars.

@Hak cipta ada pada penulis
Hak penerbit pada penerbit

Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa seijin tertulis dari
pengarang dan/atau penerbit

Penerbit:

Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Petra Press
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No. 121-131, Surabaya 60236
Telp. 031-2983139, 2983147; Fax. 031-2983111

DAFTAR ISI BUKU-3

Desain Arsitektur – Pendalaman Struktur Visioner
(Architectural Design for Visionary Structure)

Pengantar	01
A STRUKTUR KONTEKSTUAL	02
01 Struktur dan Arsitektur Elvina Wijaya, ST, MT	03
02 Struktur Bangunan Tinggi Elvina Wijaya, ST, MT	06
Definisi	06
Gaya pada Bangunan Tinggi	07
Alternatif Sistem Struktur Bangunan Tinggi	09
03 Kreasi Struktur Dalam Arsitektur Elvina Wijaya, ST, MT	12
04 Konstruksi: Perspektif Masa Lalu untuk Masa Depan Elvina Wijaya, ST, MT	17
05 Struktur Sebagai Pendekatan Desain Stephen Yona Loanoto, ST, M.Ars	33
B STRUKTUR VISIONER	44
01 Kantor Sewa dan Co-working Space Amadea Nathania	46
02 Student Housing Lidwina Karlia	58
03 Terrace Office Hub Kenneth Nathaniel	82



Pengantar

Fungsi struktur dalam desain arsitektur adalah sebagai penahan dan penyalur beban, selain sebagai pembentuk ruang. Tataan dan bentuk elemen dari struktur dapat menghasilkan irama, kesan dan ekspresi arsitektur tertentu; sehingga dapat digunakan sebagai metode pendekatan dalam sebuah desain arsitektur. Hal ini dalam usaha untuk menjawab kebutuhan atau masalah desain yang ada. Untuk itu, buku ini membahas bagaimana sebuah karya arsitektural dapat dihasilkan dari eksplorasi sistem, tataan dan material struktur, dengan konteks desain massa pada kawasan dengan konsep City 2.0.

Bagian awal dari buku ini menjelaskan tentang bagaimana struktur terkait dengan desain arsitektur, beberapa teori tentang struktur bangunan tingkat menengah – tinggi beserta contoh penerapan desain struktur, juga beberapa update material dan issue dari dunia konstruksi. Bagian kedua dari buku ini berisi tentang hasil karya mahasiswa yang telah melakukan eksplorasi struktur, guna mewujudkan pendalaman struktur yang menjawab masalah arsitektural dalam desainnya. Karya mahasiswa ini adalah dari Prodi Sarjana Arsitektur UK Petra semester 7 pada Mata Kuliah Merancang Tematik tahun 2019/2020.

Buku ini merupakan bagian ketiga dari serial buku Visionary Architecture towards City 2.0, yang khusus menekankan pada pemikiran visionary structure pada arsitektur. Pendekatan yang beragam dan saling melengkapi akan menghasilkan desain yang holistik, untuk pembangunan kehidupan dan lingkungan yang lebih baik di masa depan.

-Elvina Wijaya, ST, MT

A

STRUKTUR KONTEKSTUAL

Elvina Wijaya, ST, MT
Stephen Yona Loanoto, ST, M.Ars

01 Struktur dan Arsitektur

Elvina Wijaya, ST, MT

Berbicara tentang struktur dan kaitannya dengan kreasi arsitektur tidak mungkin terlepas dari pola pikir dan disiplin ilmu para pelakunya, yaitu insinyur dan arsitek. Arsitektur sering dikaitkan dengan bentukan yang menyatakan ekspresi, menyangkut bagaimana kesan sebuah ruang maupun bangunan dirasakan dan dibaca. Insinyur, di lain pihak, berbicara tentang aspek saintifik dari sebuah bangunan, seperti syarat bangunan dapat berdiri: kestabilan, kekuatan, kekakuan, dan sebagainya; hubungan bentuk terhadap penyaluran gaya, dan bagaimana material dapat menghasilkan detail konstruksi yang berbeda untuk desain bentukan yang serupa. Selain aspek saintifik, insinyur juga dituntut untuk menghasilkan optimasi perhitungan struktur dengan tepat untuk alasan keamanan, juga dengan tujuan meminimumkan resource yang digunakan, untuk menghasilkan struktur yang menahan beban paling maksimum, karena berkaitan pula dengan aspek ekonomi dari suatu proyek konstruksi.

Dari uraian di atas, dan dari praktek yang biasa terjadi di lapangan, timbul persepsi dimana arsitek berkewajiban untuk mendesain bangunan, yang salah satu elemennya adalah struktur, dan insinyur harus mensupport pekerjaan arsitek dengan 'desain' perhitungannya, yang terkadang hanya terbatas pada hal – hal yang bersifat teknis. Memang keduanya bekerjasama di suatu proyek konstruksi, namun terkesan ada pembagian bidang dan kewajiban antara keduanya. Persepsi bahwa struktur berada dalam ranah insinyur dan desain menjadi kewajiban arsitek akan menghasilkan desain yang parsial, dengan potensi konflik saat konstruksi dilaksanakan apabila komunikasi kedua pihak tidak baik.

Secara sederhana, struktur sendiri adalah bagian dari bangunan, yang berfungsi sebagai penahan beban – beban yang dialami bangunan. Mereka berfungsi untuk memberikan kekuatan dan kekakuan yang diperlukan, supaya bangunan tersebut tidak runtuh, serta menyalurkan beban dari satu titik ke titik selanjutnya hingga dapat ditahan di tanah.

[1]

Clark dan Pause memiliki pandangan tentang struktur yang lebih dikaitkan dalam desain arsitektural: "... Struktur adalah batang, bidang atau kombinasi keduanya, yang dapat digunakan oleh perancang untuk memperkuat atau mewujudkan ide-ide. Dalam konteks ini, kolom, dinding dan balok dapat dipikirkan sebagai konsep tentang frekuensi (kerapatan/kerenggan), patra/pola, kesederhanaan, keteraturan, keacakan, dan kompleksitas. Dengan demikian, struktur dapat digunakan untuk mendefinisikan ruang, membuat unit, mengartikulasikan sirkulasi, menunjukkan gerakan, atau mengembangkan komposisi dan modulasi. Dengan cara ini, semua itu menjadi terkait erat dengan berbagai elemen yang menghasilkan arsitektur, kualitas dan antusiasme..." [2]

Pada prakteknya, baik dalam proyek yang sederhana, terlebih pada proyek konstruksi besar seperti bangunan bertingkat tinggi, peran arsitek adalah sebagai leader tim, yang didukung oleh konsultan – konsultan ahli lainnya: konsultan struktur, ME, penghawaan, dan sebagainya. Kapabilitas seorang arsitek untuk menjadi leader tim menuntut seorang arsitek untuk menguasai prinsip-prinsip dasar dari bidang-bidang yang dikuasai oleh konsultan spesialis lainnya. [3]

Seorang arsitek yang mendesain ruang dengan memperhatikan tata atur elemen strukturnya akan menghasilkan desain dengan tatanan struktural yang logis, bahkan dari fase awal ide desainnya. Ia dapat menghasilkan desain arsitektural - struktural yang sinergis. Arsitek tersebut dapat mendesain – atau memilih untuk mengaplikasikan – sistem struktur, metode konstruksi atau menggunakan material tertentu sebagai respon dari kebutuhan dan batasan perancangan. Kepekaan untuk memahami masalah dan kebutuhan perancangan, kemudian menemukan pemecahannya lewat konfigurasi sistem struktur – konstruksi dan material tertentu, yang kemudian akan membentuk ruang – ruang dengan kualitas tertentu, patut untuk dilatih dan terus diperjuangkan seorang arsitek.

Jika dikonsepsikan sebagai pendalaman dalam desain, struktur tidak lagi dipandang hanya sebagai syarat sebuah bangunan dapat kokoh berdiri, yang kemudian ditutupi oleh elemen bangunan atau estetika yang lain. Sebagai konsep dan solusi masalah yang ada, struktur adalah estetika tersendiri. Struktur dapat diekspose sebagai pemberi karakter dalam sebuah desain arsitektural.



Gambar 1

Selasar yang dibentuk oleh bidang dan jajaran kolom. Perbedaan dimensi, frekuensi dan bentuk elemen struktural pada selasar, membuat selasar memiliki proporsi dan kesan ruang yang berbeda.

sumber : penulis

02 Struktur Bangunan Tinggi

Elvina Wijaya, ST, MT

Definisi

Pertambahan populasi, terutama yang terjadi di kota – kota besar, mengakibatkan keterbatasan lahan yang menuntut pengoptimalan penggunaan lahan. Bangunan bertingkat banyak adalah salah satu alternatif jawaban dari keterbatasan lahan ini, dimana bangunan bertingkat banyak dapat menyediakan lahan dengan luasan sebesar tanah dimana ia berdiri, sebanyak lantai yang ada padanya.

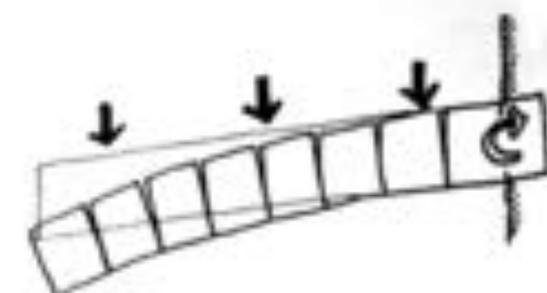
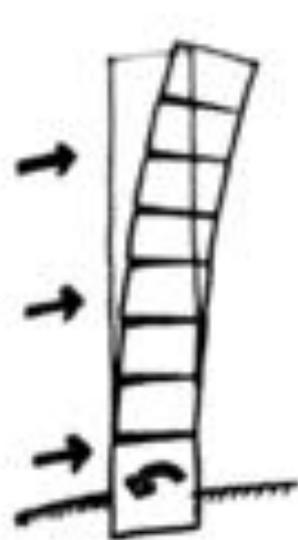
Menilik pada bangunan – bangunan arsitektur yang dicatat dalam sejarah, tidak semuanya menampilkan struktur sebagai elemen estetikanya; banyak dari bangunan – bangunan tersebut yang malah mengabaikan prinsip – prinsip efisiensi struktur dan menutupi elemen strukturalnya. Namun pada bangunan berskala besar, terutama bangunan dengan ketinggian sedang hingga tinggi, juga bangunan berbentuk lebar, peranan struktur dalam memberikan ekspresi bangunan tidak dapat diabaikan begitu saja, karena menyangkut sistem struktur dan material yang lebih kompleks dan dominan terhadap keseluruhan bangunan.[4]

Sekarang, seberapa tinggikah bangunan tinggi itu ? Batasan bangunan tinggi yang digunakan adalah bangunan yang memiliki ketinggian berkisar antara kurang dari 10 lantai hingga lebih dari 100 lantai. Dalam range jumlah lantai yang sangat luas tersebut, terdapat persamaan maupun perbedaan yang akan dialami bangunan yang didirikan, berkaitan dengan ketinggian bangunannya. Setiap bangunan tinggi akan mengalami gaya aksial dan lateral, juga gaya dinamis, namun besarnya gaya – gaya tersebut sangat bervariasi, ditentukan juga dari seberapa tinggi bangunan tersebut. Respon yang dikonsepsikan untuk menjawab masalah struktural (utamanya kekuatan dan kekakuan bangunan), dikombinasikan dengan fungsi, estetika dan biaya, dapat menjadikan parameter desain yang untuk untuk setiap bangunan yang didesain.

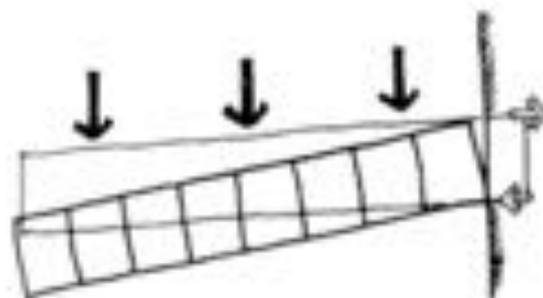
Gaya pada Bangunan Tinggi

Semua struktur yang berdiri di atas tanah, termasuk badan kita sendiri, akan menahan beban sendiri akibat gravitasi (aksial). Hal yang sama terjadi pada bangunan, dimana koordinasi modul struktur dan ruang menempatkan batang maupun bidang tumpuan yang meyalurkan beban tersebut sampai ke tanah. Modul struktur mempengaruhi beban yang harus dipikul oleh elemen struktur vertikal dan lantai/atap.

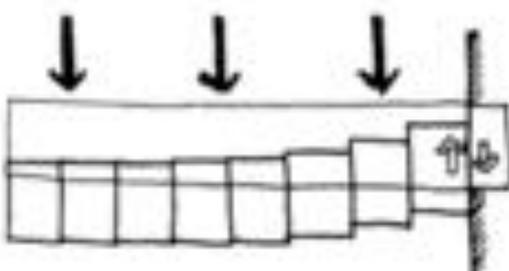
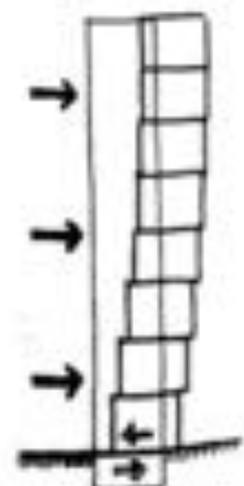
Lebih lanjut, bangunan tinggi memiliki sisi selubung vertikal, yang total luasannya lebih besar dibandingkan selubung horisontalnya. Hal ini menyebabkan bangunan tinggi berperilaku menyerupai kantilever vertikal dengan tumpuan di tanah. Hal ini juga merupakan alasan, bahwa bangunan tinggi akan mengalami beban lateral yang harus diperhitungkan dengan baik. Beban lateral yang dialami sebuah bangunan tinggi biasanya bersifat dinamis, misalnya beban akibat angin dan aktivitas seismik.



Beban lateral yang dialami suatu bangunan tinggi mengakibatkan momen yang terjadi di keseluruhan lantai bangunan, dengan momen terbesar terjadi di tumpuan. Hal ini seperti yang dialami oleh balok kantilever.



Beban lateral di keseluruhan tinggi bangunan akan menimbulkan puntiran yang dapat mengakibatkan patahan.



Akibat beban lateral, setiap lantai pada bangunan tinggi akan cenderung tergeser satu dengan lainnya. Gaya geser paling besar akan dialami pada tumpuan.

Gambar 2

Bangunan Tinggi
Sebagai Kantilever
Vertikal

sumber :
Macdonald, A.J.

Alternatif Sistem Struktur Bangunan Tinggi

Pada prinsipnya, untuk menahan beban lateral, bangunan membutuhkan sistem pengaku pada kedua sumbu bangunan. Plat lantai dapat digunakan sebagai penyalur beban lateral ke elemen struktur vertikal, untuk kemudian disalurkan hingga ke tanah. Terdapat tiga alternatif cara, bagaimana bangunan tinggi menahan gaya lateral, yaitu dengan menggunakan rangka kaku, bracing dan dinding penahan geser (shear wall).

Rangka Kaku

Merupakan sistem yang paling sering digunakan pada awal perkembangan awal bangunan tinggi, yaitu mulai tahun 1890-an, ketika material baja mulai digunakan sebagai material konstruksi, hingga sekarang. Join elemen elemen pada sistem ini menggunakan join kaku yang dapat menahan momen. Rangka kaku ini memungkinkan adanya pembukaan yang optimal pada bangunan. Dari sisi kekakuan, sistem rangka kaku memiliki tingkat kekakuan yang paling tidak kaku dibandingkan alternatif lainnya.

Braced Frame

Sistem ini menggunakan pengaku (bracing) pada trave – trave bangunan tinggi. Sistem ini menambah kekakuan bangunan secara efisien. Penempatan bracing dapat didesain sesuai intensi desain yang diinginkan, untuk mencapai kekakuan yang diperlukan, seperti pemberian lattice truss lintas lantai, atau bracing di sisi trave tertentu di setiap lantai.

Shear Wall

Shear wall adalah bidang masif penahan gaya geser. Shear wall dapat didesain pada perimeter, maupun interior bangunan. Shear wall yang didesain tertutup pada keempat sisinya akan membentuk core (inti) struktural, dengan tingkat kekakuan paling kaku, namun membutuhkan material dan biaya paling banyak dari ketiga alternatif pengaku beban lateral.

Kombinasi antara penggunaan ketiganya dapat menghasilkan beberapa macam alternatif struktur bangunan tinggi :

- Bearing Wall: struktur bearing wall adalah pemikul beban gravitasi. Dalam menahan gaya lateral, bearing wall dapat berfungsi sebagai shear wall apabila dikonstruksikan dengan material bi-directional: dapat diposisikan saling sejajar (tegak lurus terhadap fasad bangunan), sepanjang fasad bangunan maupun saling bersilangan.
- Core struktural penahan geser.
- Rigid Frame (rangka kaku) murni.
- • Wall Beam atau Wall Truss Beam.
 - o Interspasiial (dengan memberi balok berupa bidang atau truss setinggi ketinggian lantai, sehingga pada posisi antar balok, akan tercipta ruangan bebas kolom)
 - o Staggered wall/truss (wall/truss terdapat di setiap lantai, pada posisi yang berselang seling, menghasilkan kekakuan)
- Frame Shear Wall.
- • Flat Slab : struktur bidang horizontal, berupa plat lantai kaku dari beton rata, maupun waffle slab yang ditopang langsung oleh kolom.

Penerapan sistem-sistem ini pada bangunan tinggi, biasanya disertai dengan penataan kolom yang modular dan repetitif, meminimalkan fleksibilitas ruang. Pada tahun 1969, seorang insinyur yang bekerja pada SOM (Skidmore Owings and Merrill) bernama Fazlur R. Khan, bersama dengan arsitek Bruce Graham, yang bekerja pada biro yang sama, mendesain sistem tabung untuk bangunan yang mereka rancang, yaitu John Hancock Center. Cara kerja sistem tabung ini adalah mendesain elemen struktural pada keseluruhan fasad bangunan, sehingga selubung vertikal bangunan akan berperilaku sebagai tabung kantilever. Hal ini dapat mengurangi volume penggunaan material untuk elemen struktural. Untuk menambah kekakuannya, pada John Hancock Center ditambahkan truss silang setinggi 16 lantai, yang diekspose juga pada fasad bangunan. Sistem tabung ini dapat dikonfigurasi menjadi beberapa tabung, juga dikombinasikan dengan core (inti), membentuk struktur tabung dalam tabung.

Sistem – sistem yang dijelaskan di atas adalah merupakan idealisasi yang ditemukan sang perancang, terhadap masalah desain. Pada suatu periode, masalah desain yang ada bisa berupa ketinggian bangunan yang dicapai: bagaimana membangun bangunan yang lebih tinggi dari bangunan yang pernah ada. Di lain waktu, aspek ekonomi dan efisiensi menjadi pemicu inovasi struktur. Dengan adanya masalah dan kebutuhan perancangan, pemecahan yang kontekstual secara struktural juga dapat menciptakan karya arsitektural yang bernilai lebih.

03 Kreasi Struktur dalam Arsitektur

Elvina Wijaya, ST, MT

Terdapat banyak contoh eksplorasi struktur yang telah dilakukan arsitek, dan tim arsitek, dalam menciptakan sebuah bangunan tinggi yang memiliki konsep struktur yang terikat pada konteks masalah desain, dan berperan sebagai pemberi karakter desain dalam bangunan secara keseluruhan, diantaranya :

City Corp Center

Pembangunan: 1974 – 1977

Jumlah lantai: 59

Bangunan ini pada masa itu merupakan satu dari 7 bangunan tertinggi di dunia, dengan ketinggian 280 m dengan 59 lantai. Persyaratan awal: di salah satu pojok area di dalam batas denah Tower akan dibangun ulang Gereja Lutheran Santo Petrus. Untuk merespon kondisi tersebut, LeMessurier sebagai insinyur struktur memutuskan meletakkan 4 buah kolom di tengah bentang masing-masing perimeter denah, bukan pada tiap ujung sisi bangunan seperti bangunan pada umumnya. Hal ini menjelaskan bahwa struktur memandu desain arsitektural sejak awal.

Usulan LeMessurier mengekspose truss diagonal untuk tampilan arsitektural, ditolak oleh arsiteknya. Sebelum gedung diresmikan, diketahui oleh LeMessurier bahwa struktur ini dapat mengalami kegagalan terhadap angin badai yang bertiup dari sisi siku bangunan, yang akan datang kembali setiap 16 tahun (kecepatan 70 mph), sehingga dilakukan retrofitting untuk menghindari pemberitaan dan menghindari kepanikan.



Gambar 3
City Corp Center
(atas)

sumber :

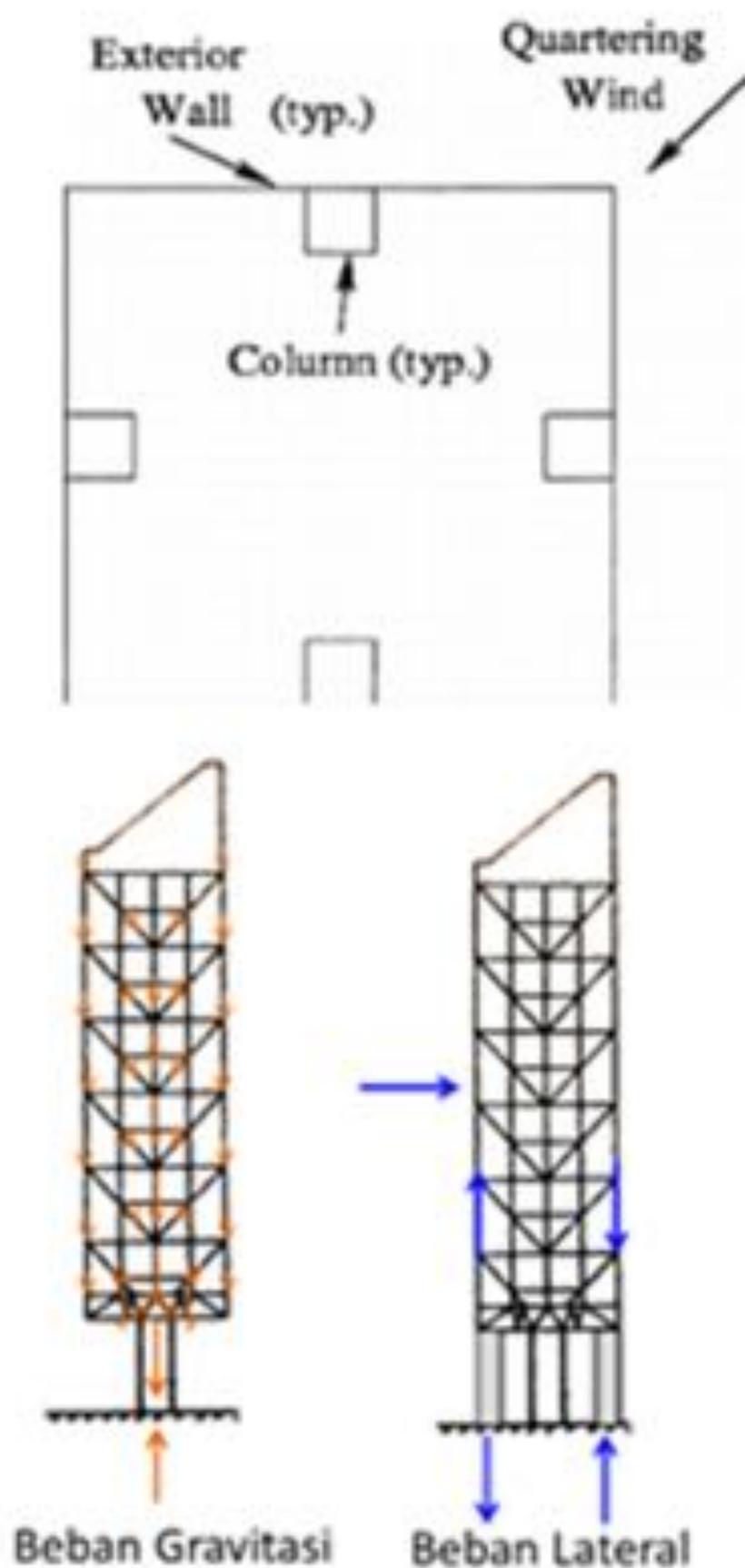
<https://architecturesideas.com/wp-content/uploads/2019/01/most-famous-buildings-in-NY-C-1.jpg>

Posisi kolom struktural pada City Corp Centre, didesain pada tengah bentang tiap sisi bangunan, untuk merespon keberadaan Gereja Santo Petrus.
(bawah)

sumber :

<https://amazing.zone/citigroup-center-skyscraper-collapse-averted-by-student-s-phone-call>





Gambar 3
Denah (atas) dan idealisasi kinerja struktur pada bangunan City Corp Center (bawah).

sumber :
https://www.researchgate.net/figure/Plan-view-of-the-Citicorp-Center_r_fig2_228865013

Hongkong Design Institute Pembangunan: 2008 - 2010

Sebagai fasilitas edukasi, bangunan berlokasi di pusat distrik residensial dan komersial. Maka dari itu, arsitek memiliki intensi untuk menjadikan area institut ini juga sebagai meeting place bagi masyarakat.

Stabilitas struktur dipastikan oleh struktur core diagrid baja. Sistem diagrid dalam baja ini menawarkan kekakuan lateral yang sangat baik yang mendukung platform mengambang dan kerangka eskalator yang membentang sepanjang 60m.

Sistem struktur lantai adalah balok-slab konvensional beton bertulang. Platform "melayang" seluas 100 m x 100 m didukung oleh balok (truss wall-beam) rangka batang komposit:

- Batang atas > beton pre-stressed dan post-stressed
- Balok diagonal > baja
- Batang bawah > beton bertulang mendukung platform melayang.
- Rangka batang komposit eksterior (keliling) ditopang dengan tumpuan sederhana
- Rangka batang interior ditumpu pada core diagrid membentuk kantilever, didistribusikan secara seragam pada platform melayang dalam dua arah ortogonal, digunakan untuk mendukung sistem lantai balok-pelat beton bertulang.



Gambar 4
Hong Kong Design
Institute
(atas)

sumber :
<https://www.dezeen.com/2011/07/02/hong-kong-design-institute-by-caau/>

Potongan Hong Kong
Design Institute
(bawah)

sumber :
<https://www.archdaily.com/334902/hong-kong-institute-of-design-caau>

04 Konstruksi: Perspektif Masa Lalu untuk Masa Depan

Elvina Wijaya, ST, MT

Seperti dinyatakan pada bagian sebelumnya, keberadaan struktur tidak dapat dipisahkan dari desain arsitektural, dimana struktur memungkinkan pembentukan ruang, walaupun pembentukan ruang tidak hanya didasari oleh elemen strukturalnya saja [6]. Jika struktur didefinisikan sebagai konfigurasi elemen – elemen pemikul beban bangunan, maka konstruksi lebih dekat ke proses suatu struktur itu didirikan. Karena berkaitan dengan proses pembangunan, maka konstruksi berkaitan dengan metode dan material.

Seiring berjalannya waktu, berkembangnya teknologi dan pembangunan, desain yang dihasilkan menuntut pemikiran yang holistik. Suatu bangunan dapat dilihat bukan hanya sebagai kesatuan rangkaian struktur yang membentuk ruang, namun juga sebagai peleburan dari berbagai disiplin ilmu. Hal ini menyebabkan titik berat pemilihan sistem struktur maupun konstruksi pada desain arsitektural, khususnya proyek berskala besar seperti bangunan bertingkat tinggi, dapat saling terkait dengan pertimbangan aspek lainnya yang lebih luas, dan tidak lagi hanya diprioritaskan pada keamanan dan efisiensi saja.

Struktur – Konstruksi dan Teknologi

Kerjasama antara bidang manufaktur dan konstruksi memungkinkan produksi massal, yang bergerak dari suatu desain yang modular. Konsep modular ini sendiri bukanlah sebuah konsep baru, namun terus dikembangkan, seiring dengan perkembangan teknologi.

Pada sistem modular, terdapat modul material paling dasar, seperti standar dimensi baja, kayu gergajian dan kaca yang beredar di pasaran, yang mendasari perancangan dimensi ruang – ruang yang terbentuk. Salah satu contoh bangunan terdahulu yang mengoptimalkan modul untuk konstruksinya adalah Empire State Building. Bangunan yang dibangun pada tahun 1930 ini, memiliki 102 lantai, dan diselesaikan dalam waktu 20 bulan saja, serta masih berdiri hingga sekarang.

Selain itu, pada skala terkecil desain arsitektural, sesuatu yang modular itu dapat dirumuskan dalam skala gerak manusia, misalnya, dengan menentukan modul kolom berdasarkan studi luasan manuver parkir basement suatu bangunan tinggi, menentukan bentuk dan luasan modul hunian sesuai dengan studi gerak dan kebutuhan market yang dituju.



Gambar 5
Habitat 67, Montreal
oleh Moshe Safdie.
Bangunan merupakan
rangkain dari satuan
modul hunian
prefabrikasi beton yang
dikonfigurasi
tupaya tiap modulnya
mendapatkan
pencahayaan dan
penghawaan yang
optimal. Bangunan 12
lantai ini dibangun
pada tahun 1967,
dirancang pertam
-tama sebagai karya
tesis dari Moshe Safdie
sendiri.

sumber :
<https://www.archdaily.com/404803/ad-classic-s-habitat-67-moshe-safdie>

Dalam perkembangannya, bagian modular ini diproduksi dalam bentuk yang sudah terangkai di pabrik (prefabricated), misalnya panel dinding, kolom maupun balok, sehingga pengerjaan konstruksi di lapangan dapat bersifat sebagai perakitan modul (assembly). Dalam skala manufaktur yang lebih besar, modul yang diproduksi di pabrik dapat langsung berupa unit satuan modular, yang sudah membentuk ruang. Konsep ini dapat memaksimalkan keuntungan pembangunan dengan sistem modular – prefabrikasi, yaitu minimnya waste dan cacat produksi, karena produksi modul di pabrik menggunakan mesin. Hal ini menyebabkan waktu pendirian bangunan yang lebih cepat, dan imbas yang ditinggalkan ke lingkungan akibat pembangunan yang lebih sedikit. [7]

Seiring perkembangan teknologi, produksi massal mulai menggunakan mesin dengan sistem komputasi, dan pada industri tertentu, dioperasikan juga oleh robot. Sebenarnya, konsep penggunaan robot dalam dunia konstruksi dimulai pada tahun 1950-an, namun masih menjadi bahan riset, hingga pada 1995, dimana komposisi material penyusun beton yang sesuai dengan kebutuhan mesin 3D printer ditemukan, yaitu beton yang tidak cukup cair hingga membutuhkan bekisting, namun tidak terlalu cepat mengeras hingga merusak mesin. Dunia konstruksi dengan sistem modular pun mulai bergeser ke arah pengoperasian – pencetakan otomatis, menggunakan mesin 3D printer beton untuk mencetak modul – modulnya. Dengan mesin 3D printer beton, proses produksi beton meniadakan pekerjaan bekisting, sehingga dapat meningkatkan efisiensi.

Perkembangan 3D printer beton untuk membangun keseluruhan struktur, dilakukan pertama kali di Spanyol, pada proyek riset pembangunan jembatan berbentuk 12 meter dan lebar 1.75 meter. Jembatan tersebut merupakan hasil kerjasama antara Institute of Advance Architecture of Catalonia (IAAC) sebagai desainer, dan ACCIONA, sebuah lembaga riset pengembangan infrastruktur, sebagai perencana struktur, riset material dan pelaksana 3D printing.

Penggunaan 3D printer beton terus dikembangkan. Pada dunia konstruksi masa kini, teknologi ini masih digunakan untuk proyek affordable housing, maupun untuk bangunan bertingkat rendah, karena keterbatasan ukuran 3D printer. Penggunaannya dalam bangunan bertingkat lebih tinggi masih dalam tahapan konsep dan riset, dimana pengaplikasiannya tetap didukung oleh komponen struktural yang lain.



Gambar 6
Jembatan 3D printer
beton pertama di dunia

sumber :
<https://iaac.net/project/3D-printed-bridge/>



Gambar 7
 Konsep Satuan Modul
 Prefabrikasi oleh
 Lianjie Wu, yang
 memenangkan juara
 pertama pada London
 Affordable Housing
 Challenge 2018.

sumber :
<https://beekeepers.com/architecturecompetitions/londonhousing#p1-prize>

Struktur – Konstruksi dan Pembangunan Berkelanjutan

Konstruksi adalah salah satu sektor industri, yang jangka pelaksanaan proyeknya bergantung pada tingkat kerumitan bangunan yang didesain, yang mengakibatkan konsumsi energi yang cukup tinggi. Jika ditarik mundur, energi yang dikonsumsi kebanyakan berasal dari bahan bakar fosil tak terbarukan yang terbatas. Maka dari itu, salah satu hal yang patut dipertimbangkan dalam desain dan proses konstruksi adalah konsep bangunan mendekati net zero carbon building.

Secara garis besar, bangunan yang mendekati net zero carbon adalah bangunan yang meminimalkan penggunaan karbon untuk proses pembangunannya. Yang termasuk dalam usaha meminimalkan karbon, termasuk pada proses produksi – distribusi tiap materialnya. Pemikiran desain dari sisi struktural juga dapat mempertimbangkan. Untuk mendekati desain bangunan yang bersifat net zero carbon, strategi yang digunakan, misalnya :

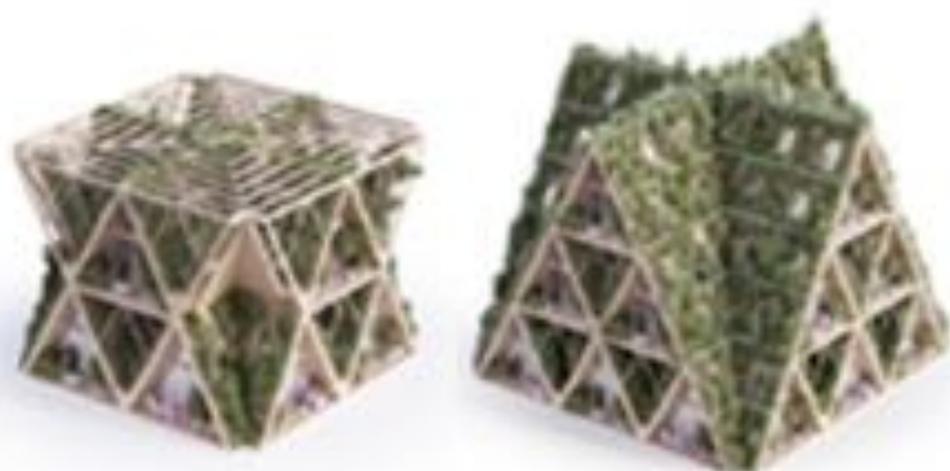
- Pemilihan menggunakan material bangunan lokal daripada impor. Pembakaran bahan bakar untuk distribusi material impor yang digunakan dalam suatu proyek, walaupun material impor tersebut telah mendapat sertifikasi sebagai material hijau, akan mengkonsumsi banyak bahan bakar, dan dapat menjadi sarana pencemaran karbon, yang dapat membuat sifat sustainablenya tidak tercapai.
- Material konstruksi yang diproduksi dengan proses yang lebih lama akan mengkonsumsi lebih banyak energi, yang berakibat menghasilkan lebih banyak gas buang karbon.
- Pemilihan material konstruksi yang dapat digunakan kembali saat bangunan dihancurkan, akan meminimalisir sampah konstruksi.

Salah satu strategi lain untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan gas buang karbon adalah dengan meminimumkan arus transportasi kendaraan bermotor yang terjadi. Dalam desain bangunan – dan kawasan-, hal ini dapat dicapai dengan memilih site bangunan di area yang berada dalam jangkauan jalan kaki atau alat transportasi tidak bermotor dari terminal transportasi umum, serta konsep grow your food, untuk meminimumkan transportasi akibat pengiriman bahan makanan ke bangunan. Dari sisi struktur, strategi grow your food akan menimbulkan beban tambahan terhadap struktur keseluruhan bangunan, yang jika telah dimasukkan dalam konsep perencanaan desain sejak awal, akan dapat mendasari pemilihan sistem dan materi struktur yang mengakomodasi konsep tersebut dengan baik.



Gambar 7
 The Farmhouse oleh
 Precht Architect.
 Arsitek berintensi
 untuk mengembalikan
 aspek agrikultur ke
 dalam kehidupan
 perkotaan yang makin
 jauh dari alam. Desain
 modular tiap unit
 diintegrasikan dengan
 taman tanaman
 pangan untuk
 penghuninya.

sumber :
<https://www.precht.at/the-farmhouse/>



Struktur – Konstruksi dan Material

Isu material yang ramah lingkungan serta energi terbarukan seringkali dikaitkan dengan selubung bangunan, misalnya penggunaan fotovoltaik untuk menghasilkan energi terbarukan, penggunaan kaca low-e yang dapat memasukkan cahaya untuk mengoptimalkan daylighting, namun memantulkan panas radiasi matahari, sehingga mengurangi beban pendinginan bangunan, dan sebagainya.

Walaupun demikian, seperti disebutkan pada bagian sebelumnya dalam buku ini, keberadaan struktur pada bangunan tinggi merupakan elemen yang dominan, termasuk juga dalam hal energi. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh SOM, biro yang mencetuskan sistem struktur tabung 50 tahun yang lalu, desain dan pemilihan material struktur lebih berkaitan erat dengan embodied energy – carbon footprint keseluruhan suatu bangunan, karena sebagian besar volume material yang ada pada proyek konstruksi bangunan tinggi merupakan material struktur.[8]

Mayoritas bangunan tinggi di seluruh dunia, saat ini hanya mengeksplorasi dua material: beton bertulang dan baja. Alasan penggunaan kedua material ini, pertama – tama adalah kekuatan dan kekakuan materialnya, kemudahan pembangunannya, serta ketahanannya terhadap api, selain ekspresi material yang dikonsepsikan oleh arsitek (saat material struktur tersebut diekspose). Walaupun begitu, kedua material tersebut berasal dari sumber daya tak terbarukan (batu kapur untuk semen, bijih besi untuk baja, dan mineral – mineral lain). Di lain pihak, kayu adalah bahan alam yang terbarukan. Sebelum ditemukan proses pemurnian baja dan revolusi industri, bangunan – bangunan di berbagai belahan dunia menggunakan kayu sebagai material utama konstruksi, baik elemen struktural, maupun tidak.

Karakter	Beton		Baja	Kayu
	Cast in situ	Prefab		
Komposisi	Semen + pasir + agregat	Semen + pasir + agregat	Bij. besi + karbon + mineral lain	Serat kayu, yang berbeda - beda pada tiap spesies kayu
Berat jenis (kg/m ³)	2200	2200	7850	640
δ, tekan (kg/cm ²)	Tergantung mutu beton, range antara 4125 - 4800	Tergantung mutu beton, range antara 4125 - 4800	4175	130 (kelas I mutu A)
δ, tarik (kg/cm ²)			4175	130 (kelas I mutu A)
δ, lentur (kg/cm ²)				150 (kelas I mutu A)
Energi produksi	Rendah - Tinggi	Rendah - Tinggi	Tinggi	Rendah
Carbon footprint	Rendah - Tinggi	Rendah - Tinggi	Tinggi	Hanya pada proses pemotongan. Serwaktu pohon tumbuh, pohon akan menyerap karbon
Reuse - Recycle	x	v	v	v

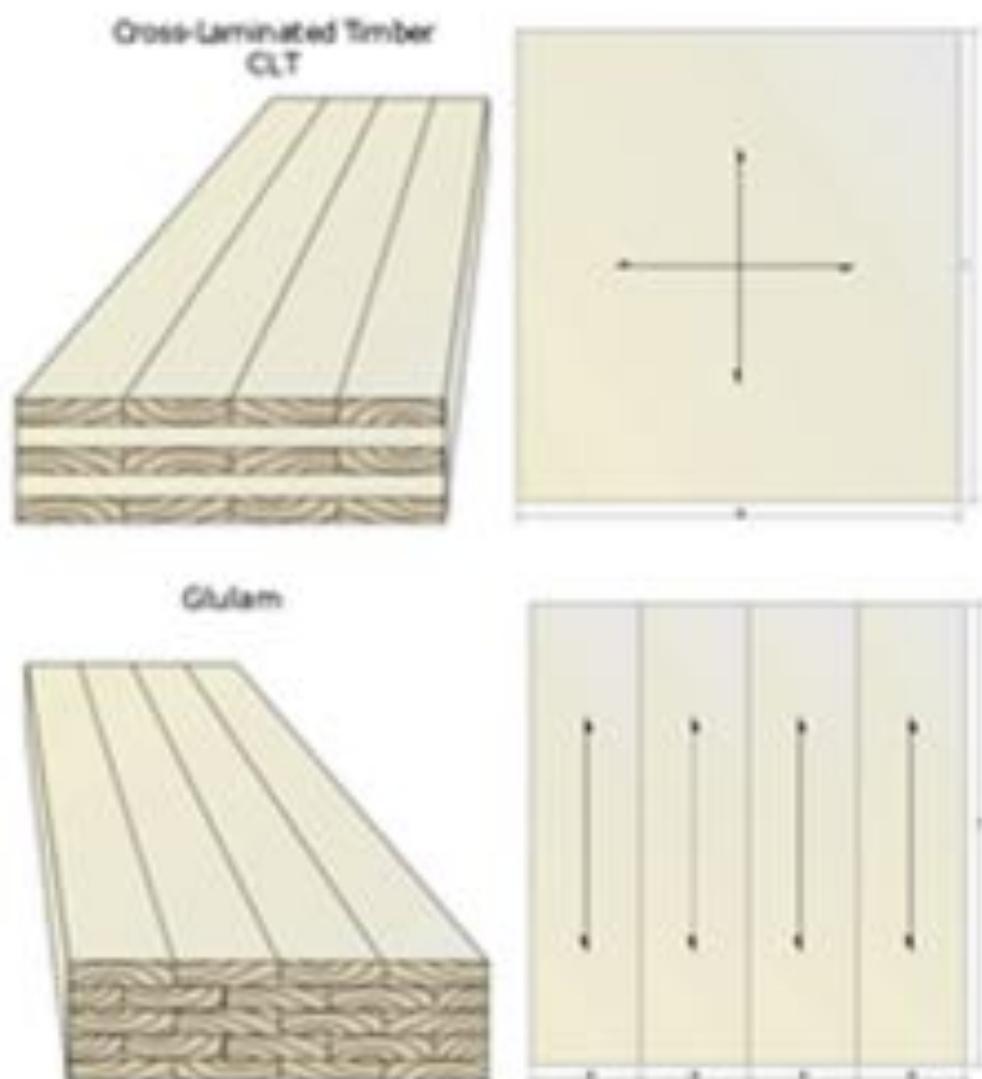
Gambar 8
Tabel perbandingan material konstruksi

sumber :
SOM, 2013

Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang perbandingan tiga material sebelumnya menyimpulkan bahwa kayu memiliki dampak yang paling kecil ke lingkungan dimana ia didirikan [8], [9], [10]. Alasan yang ditemukan dalam penelitian – penelitian tersebut adalah karena :

- Dalam proses pertumbuhannya hingga siap diolah menjadi material konstruksi, kayu menyerap karbon, bukan menghasilkan karbon
 - Kayu memiliki berat jenis paling ringan, sehingga memiliki beban mati yang paling ringan pula. Hal ini berpengaruh pada desain substruktur bangunan, yang akan menimbulkan pekerjaan pondasi dan galian yang lebih dangkal daripada pondasi bangunan dengan material beton dan baja
 - Kayu, seperti baja, dapat digunakan kembali saat konstruksi dihancurkan
 - Kayu memiliki performa termal dan akustik yang baik
 - Kayu memiliki ekspresi natural yang hangat, yang berbeda dengan beton maupun baja. Hal ini sering dikaitkan dengan kesan bangunan, maupun ruangan yang dibentuk dari konfigurasi kayu tersebut
- Karena memiliki karakter yang unggul dalam dampaknya terhadap lingkungan maupun ruang, maka dikembangkan riset untuk mengatasi batasan kemampuan menahan beban pada material kayu, untuk memperluas kemungkinan desain yang dapat diciptakan.

Engineered wood adalah penggabungan dari kayu – kayu yang dipanen dalam jangka waktu tertentu, yang kemudian diolah dan disatukan menggunakan perekat laminasi dan mesin press. Gabungan dari kayu – kayu, awalnya akan berupa papan dengan ketebalan tertentu, yang akan dicetak menggunakan mesin cutting, sesuai profil yang diperlukan arsitek, bahkan untuk bentuk yang sulit saat harus menggunakan kayu gergajian. Engineered wood dengan tipe ini, biasa disebut dengan glued laminated timber (glulam), memiliki kekuatan yang cukup untuk dijadikan elemen struktural. Riset selanjutnya menemukan, bahwa untuk menambah kekakuan dari glulam, arah serat dari tiap lapisan kayu harus ditata dengan rotasi 90° dari arah serat lapisan kayu di bawahnya. Konfigurasi inilah yang disebut dengan cross laminated timber (CLT)



Gambar 9
Perbedaan susunan papan glulam dan CLT. CLT memiliki kekuatan yang sama pada kedua sumbu, karena seratnya yang ditata tegak lurus di setiap lapisnya

sumber :
CLT Handbook US
Edition

CLT dikembangkan mulai tahun 1990 an di Eropa, awalnya merupakan karya disertasi dari Gerhard Schickhofer. Pada tahun 2002, Negara Austria menerbitkan code berdasarkan pengembangan riset disertasi tersebut. Setelah diterbitkannya code tersebut, penggunaan CLT sebagai material struktural bangunan meningkat di seluruh dunia, awalnya di negara – negara dengan iklim sub tropis, seperti Swedia dan Kanada.

Terdapat penelitian yang menyebutkan bahwa penggunaan CLT di area tropis perlu melalui proses lebih lanjut, karena terbukti lebih rentan terhadap jamur dan hama [11]. Namun, dari beberapa riset dan pembangunan terakhir, CLT telah digunakan pula di daerah beriklim tropis di Asia Tenggara. Singapura, sebagai negara Asia Tenggara pertama yang menggunakan CLT pada bangunannya, di tahun 2012, telah mengembangkan penggunaan CLT untuk gedung olahraga berbentuk lebar, dan gedung bertingkat.

Selain itu, terdapat juga riset tentang material non struktural, yang keberadaannya dapat mendukung performa elemen struktur utama bangunan, seperti :

- Kulit batu, batu alam yang dipotong dengan tebal 2 – 3 mm, untuk mendapatkan material fasad yang berkarakter batu alam, namun membebani struktur keseluruhan bangunan dengan ringan
- Self healing concrete, beton yang komposisinya ditambahkan bakteri hidup, yang dapat beraktivitas untuk menutup retak rambut yang terjadi pada beton
- Paving yang dapat ditembus air, sehingga air dapat langsung dialirkan ke sistem perpipaan pada atap bangunan
- Kayu transparan. Kayu memiliki sifat tidak getas, sehingga keberadaan riset kayu transparan ini akan dikembangkan sebagai alternatif curtain wall. Riset ini juga mengarah pada penggunaan kayu sebagai fotovoltaiik

Gambar 10
 Bangunan CLT tertinggi di dunia, berlokasi Vancouver, Kanada. Strukturnya merupakan gabungan antara beton pada core dan kolom – balok lantai dasar, serta CLT secara keseluruhan untuk kolom, balok, lantai dan atap. Keseluruhan pengerjaan lapangan untuk lantai 2 ke atas hanya memakan waktu 70 hari setelah produksi pabrik.

sumber :
<https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouver-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building>





Gambar 11
NTU Sport Hall yang memiliki bentuk bebas kolom selebar 72 meter. Didesain oleh Arsitek Toyo Ito, bangunan ini selesai dibangun pada 2016.

sumber :
https://www.bca.gov.sg/Publications/BuildSmart/other/buildsmart_17issue35.pdf

Selain perkembangan dan isu – isu yang telah dibahas, inovasi di dunia konstruksi pasti terus berjalan, demi meningkatkan kualitas hidup manusia di masa mendatang. Studio Merancang Tematik semester genap 2019 – 2020, dengan subjek: Visionary Architecture towards City 2.0 memberikan kesempatan kepada rekan mahasiswa untuk mendesain super blok dalam cara pandang untuk 10 tahun yang akan datang. Dalam waktu 10 tahun, mungkin belum ada sistem struktur baru, maupun material baru yang dapat teraplikasikan seluruhnya di Indonesia. Namun dengan cara pandang baru, yaitu pandangan yang holistik dan berorientasi kepada pengguna, desain struktur dapat lebih mengakomodasi pemikiran – pemikiran demi perbaikan lingkungan, juga kesejahteraan manusia yang bernaung di dalamnya.

REFERENSI

- Charlesson, A.W., *Structure as Architecture*, Elsevier,UK, 2005.
- Frick, H. dan Purwanto, L.M.F., *Sistem Bentuk Struktur Bangunan*, Kanisius, Yogyakarta, 2007.
- Homer, J.M., "Integrating Architecture and Structural Design in the Comprehensive Design Studio", *Architectural Engineering Conference (AEI)*, Omaha (Nebraska, USA), 2006.
- Karacabeyli, E. & Douglas, B., (2013) *CLT Handbook US Edition*. Diakses pada 15 Agustus 2019 16:00.
- Lestari, R. Y., "CLT (Cross Laminated Timber): Produksi, Karakteristik dan Perkembangannya", *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol.9, No.1, Juni 2017, pp. 41 – 55
- Li, S.H., "Embodied Environmental Burdens of Wood Structure in Taiwan Compared with Reinforced Concrete and Steel Structures with Various Recovery Rate", *Applied Mechanics and Materials*, Vols.174-177, 2012, pp. 202 – 210
- Macdonald, A.J., *Struktur dan Arsitektur*, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta, 2002.
- Moore, F., *Understanding Structures*, WCB McGraw-Hill, USA, 1999.
- Ochshorn, J., "Structure vs. The Expression of Structure", *Proceedings of the Symposium on Architecture and ACSA Technology Conference*, Louisiana State University (Louisiana, USA), 1989.
- Okuda, S., Corpataux, L., Muthukrishnan, S., Wei, K.H., "Cross – Laminated Timber with Renewable, Fast Growing Tropical Species in South East Asia", *2018 World Conference on Timber Engineering*, Korea, 2018
- Schueler, W. , *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*, Refika Aditama, Bandung, 2001.
- SOM. (2013,Mei). *Timber Tower Research Project*. Diakses pada 15 Agustus 2019 14:00.

05 Struktur Sebagai Pendekatan Desain

Stephen Yona Loanoto, ST, M.Ars

Terminologi struktur seakan-akan sudah identik dengan pekerjaan konstruksi dan spesialisasi sendiri. Namun, ada beberapa kasus juga struktur seakan-akan menjadi "momok" dalam sebuah perancangan. Sering kali, struktur dirasa menjadi batasan formal yang harus diselesaikan. Solusi struktur menjadi hal yang mutlak untuk bangunan tersebut dapat berdiri. Struktur sendiri dapat dimaknai sebagai beban – beban atau gaya – gaya yang berlaku dalam sebuah bangunan. Namun sering kali juga struktur sudah dirasa tidak terlalu penting oleh sang perancang bangun, akibat merasa ada spesialis struktur yang akan membantu memikirkan konsep strukturnya. Prioritas ke dalam ruang dan bentuk dalam proses perancangan arsitektur menjadi hal yang sangat umum terjadi.

Arsitektur dan struktur seakan-akan memiliki hubungan love – hate relationship. Sebuah karya arsitektur tidak bisa hidup tanpa struktur sedangkan, sebuah karya struktur tidak akan memiliki nafas bila tanpa adanya arsitektur. Elemen – elemen dalam arsitektur maupun strukturlah yang menjadi pengikat diantara keduanya. Vitruvius, menjabarkan sebuah karya arsitektur haruslah memenuhi 3 faktor utama, yaitu Firmitas(kekuatan), Venustas(Keindahan), dan Utilitas(Kegunaan). Istilah ini sangatlah dipahami oleh seorang arsitek. Dimulai dengan sebuah proporsi orang Vitruvius, yang di baliknya menyatakan makna bahwa sebuah karya arsitektur seakan-akan mirip dengan tubuh manusia. Tubuh yang sama memiliki, kekuatan, keindahan serta fungsi yang mendukung satu dengan yang lainnya. Dalam gambar Vitruvian man oleh Leonardo Da Vinci dapat menunjukkan itu semua, beserta proporsi, skala dan keindahan yang tampil bersamaan di dalamnya. Meski ternyata melihat pemikiran timur juga muncul penggambaran-penggambaran humanoid yang serupa. Sebuah proporsi, skala, dan struktur manusia muncul dalam ranah standar, konsepsi pemikiran atau penggambaran sebuah bangunan gedung maupun karya seni.



The undiscovered *Hans Purush*
from *Vishnudharmottaram Puranam*



The *Vitruvian Man* of
Leonardo Da Vinci

Gambar 12
Gambar 1. Vitruvian
man barat dan timur.

tumber :
www.HindustanTimes.com

Arsitektur dan struktur seakan-akan memiliki hubungan love – hate relationship yang cukup kuat. Beberapa pemikir mengatakan bahwa struktur bila digambarkan sebagai makhluk hidup, struktur seakan-akan seperti tulang. Sedangkan kulit, otot, nadi dan semua organ lainnya seperti arsitektur. Namun, dalam beberapa pengalaman dalam desain sering kali, elemen struktur dapat masuk diakhir sebuah proses perancangan. Dalam pemikiran Vitruvius, sebuah karya arsitektur muncul dengan 3 elemen terkait yaitu firmitas, venustas, dan utilitas. Sedangkan, pemikiran lokal Mangunwijaya, menunjukkan bahwa arsitektur berbicara mengenai guna dan citra. Firmitas dalam pemikiran Vitruvius mendefinisikan sebuah kekuatan. Kekuatan itulah yang dapat didefinisikan menjadi struktur. Tapi dalam koridor guna dan citra pertanyaannya adalah apakah struktur tersebut berguna atau tidak, ataupun ber-citra atau tidak.

Struktur Membentuk Bentuk

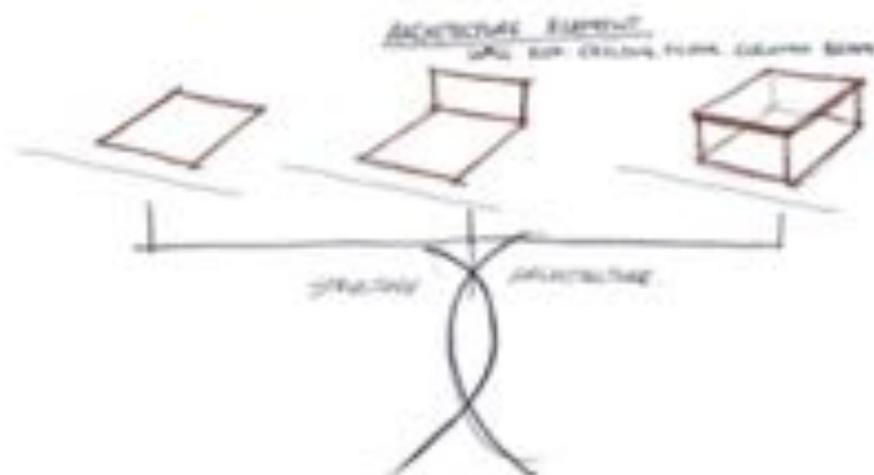
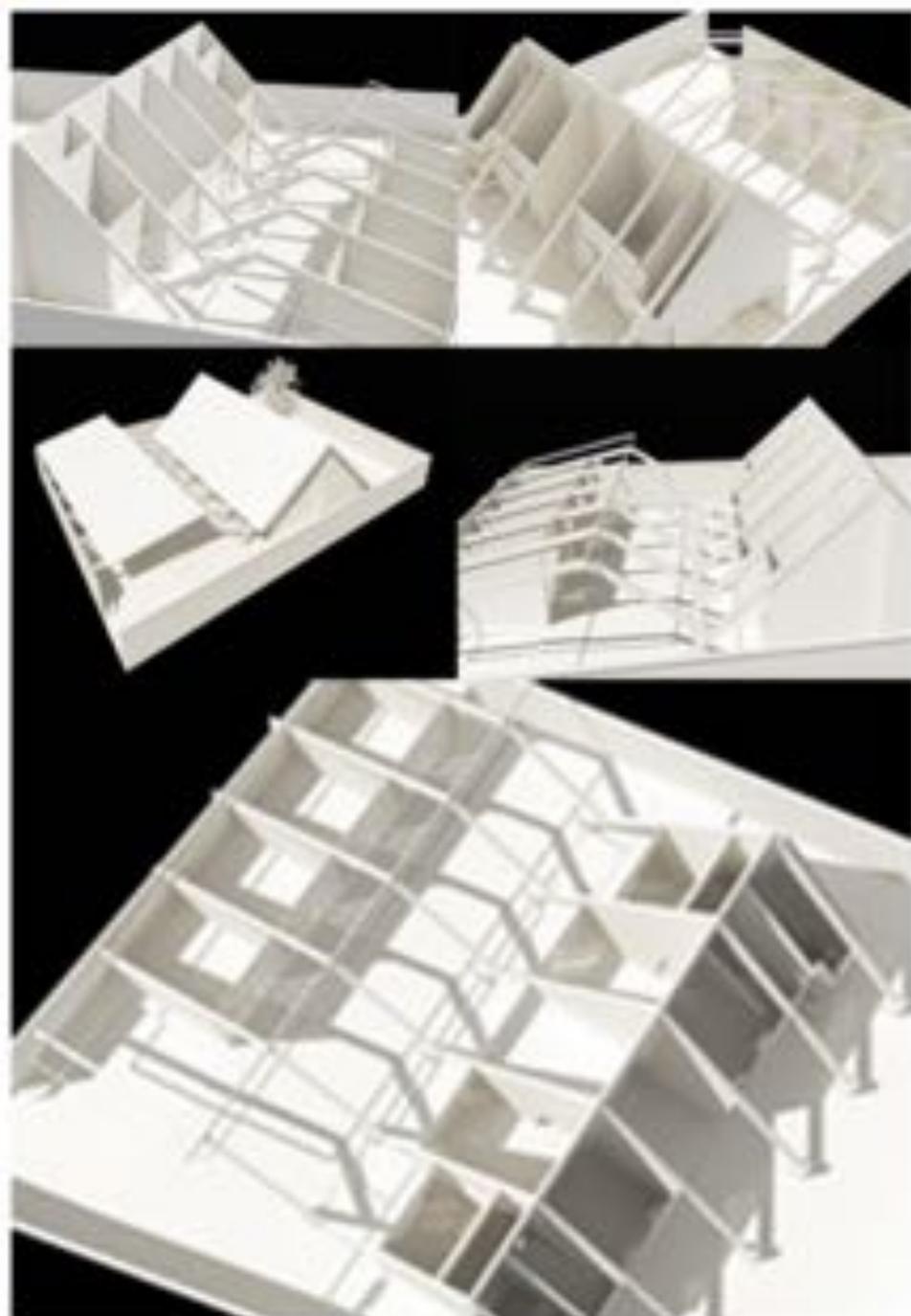
Struktur bukan hanya sebagai pelengkap dari sebuah keindahan arsitektur. Struktur bahkan dapat menembus menjadi dasar pemikiran terjadinya sebuah bentuk. Proses penggambaran salah satu vila di Bali. Menunjukkan adanya proses berpikir struktur yang digunakan untuk membentuk sebuah bentuk. Dimulai dengan sebuah struktur kuda – kuda yang menjadi rangka bentuk dasar dari sebuah bangunan. Struktur tersebut membentuk keseluruhan bangunan, membentuk ruang, membentuk ruang dalam, ruang luar maupun ruang transisinya.

Struktur Membentuk Ruang

"In the construction of architecture, structural elements are called upon to span spaces and transmit their loads through vertical supports to the foundation system of a building." – Francis D.K. Ching.

Sebuah keharusan dalam arsitektur bahwa struktur seharusnya membentuk sebuah ruang. Struktur memang memiliki fungsi utama untuk menyalurkan beban – beban yang terjadi dalam sebuah bangunan. Namun, struktur dapat membentuk sebuah ruangan. Hubungan antara struktur dan ruang tercermin dalam elemen-elemen struktur yang ada. Dinding, atap, kolom, maupun lantai merupakan elemen arsitektural maupun struktural. Elemen tersebut adalah elemen pembentuk ruang dalam arsitektur sedangkan di dalam konsepsi struktur elemen-elemen tersebut adalah penyalur beban bangunan. Sehingga dalam hal ini seharusnya struktur pastilah bisa membentuk ruang.

"Together, beams and columns form a skeletal structural framework that defines modules of space." – Francis D.K. Ching.



Gambar 13
 Sebuah desain villa
 dimana struktur
 membentuk sebuah
 bentuk.
 (atas)

Diagram bertemunya
 struktur dan arsitektur
 dalam elemen
 arsitektur.
 (bawah)

sumber : penulis

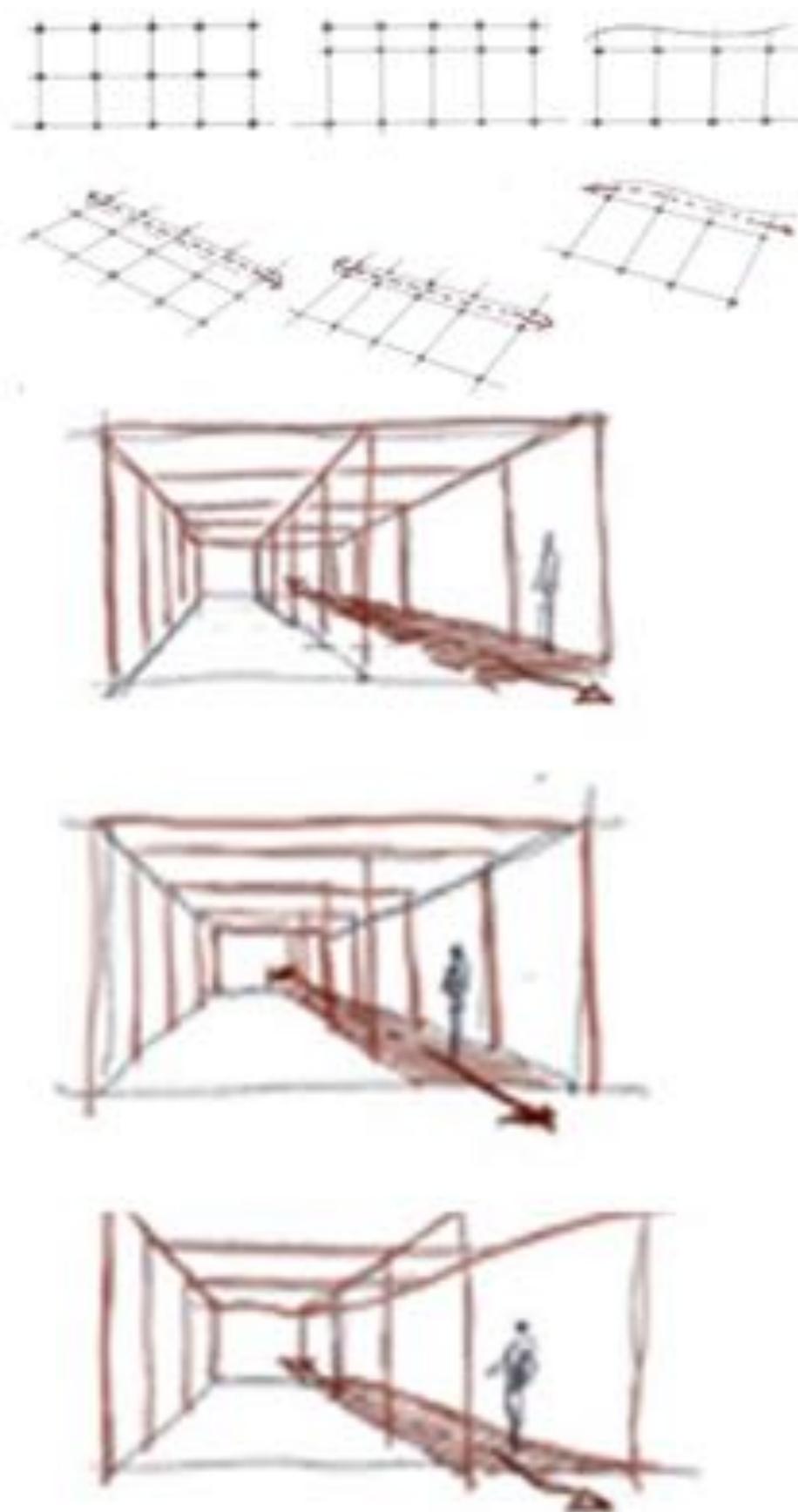
Struktur Membentuk Sirkulasi

Struktur dapat hadir dengan sebuah bentuk yang sangat tidak beraturan, tidak bermodul. Tetapi struktur lebih baik, efisien, dan efektif ketika adanya sebuah modul dalam pembuatan struktur tersebut. Seperti konsepsi penyaluran beban, sebuah beban lebih baik disalurkan merata kesemua elemen yang ada. Pengulangan modul elemen struktur ini yang dapat berfungsi sebagai pembentuk sirkulasi dalam arsitektur. Sirkulasi tampil dengan adanya arah, elemen pembentuknya sirkulasi, serta fungsi di dalamnya. Namun, struktur dapat sebagai salah satu elemen sirkulasi dalam sebuah karya arsitektur. Repetisi dari struktur tersebut membentuk sirkulasi dan membentuk arah, membentuk ruang yang dapat di definisikan menjadi sebuah ruang sirkulasi.

Struktur Membentuk Makna

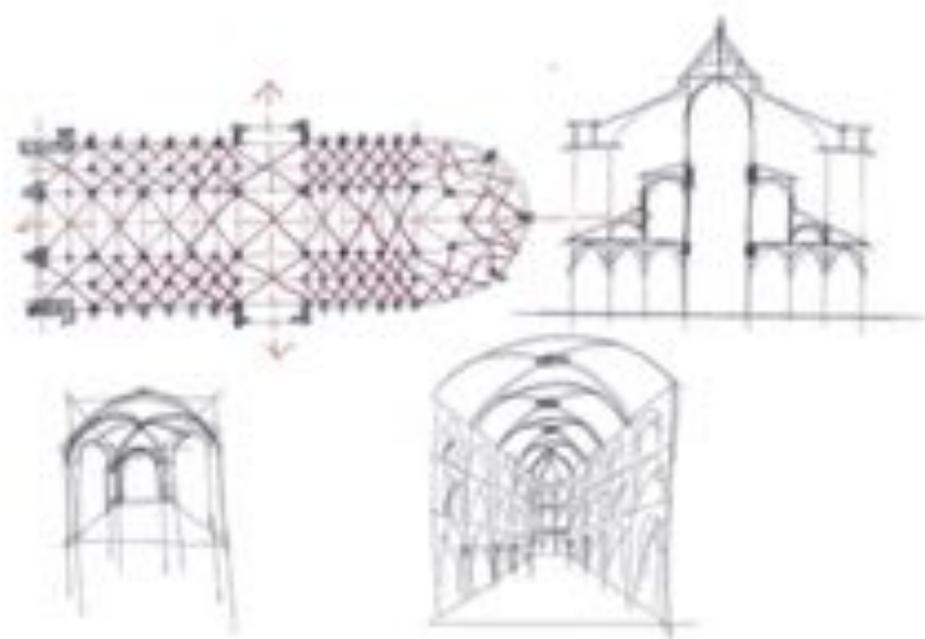
Sebuah struktur dapat mencerminkan makna, Menara Eiffel dengan segala kemegahan strukturnya membuatnya menjadi sebuah penanda sebuah kota. Sebuah struktur yang dapat memiliki makna sebagai penanda sebuah kawasan. Bangunan Santiago Calatrava yang menceritakan makna struktur dari perilaku strukturnya menghasilkan karya-karya yang juga menyiratkan makna. Sebuah bentuk struktur gazebo di Kawasan sendangsono yang dirancang oleh Mangunwijaya juga menyiratkan kesederhanaan dan kebersatuan dengan konteks sitenya. Struktur sering kali terlupakan dalam pusran pemikiran makna. Seakan-akan struktur adalah suatu hal yang objektif dan pasti. Walaupun di tengahnya kepastian struktur, sebenarnya struktur juga mengungkapkan makna dan mewarnai keindahan sebuah bangunan tersebut.

Gambar sketsa denah, potongan , dan perspektif ruang gereja Notre Dame, menunjukkan sebuah makna yang tercermin dalam strukturnya. Sebuah makna kemegahan, skala struktur yang tinggi dan besar serta tatanannya menciptakan aksis, konsep betapa kecilnya manusia dihadapan Tuhan yang begitu besar. Struktur vault yang dipadukan dengan kolom-kolom yang besar serta rapat menunjukkan pemikiran struktur yang paling sesuai dengan kondisi teknologi dalam masanya. Hadirnya bentang yang besar dengan bentuk arch yang berguna untuk meminimalisir momen yang terjadi. Struktur rib pengaku di bagian samping untuk menahan beban-beban lateral yang terjadi juga merupakan sebuah pemikiran struktur dalam mengejar makna yang ingin di capai pada masa itu.



Gambar 14
Studi struktur dan
sirkulasi.

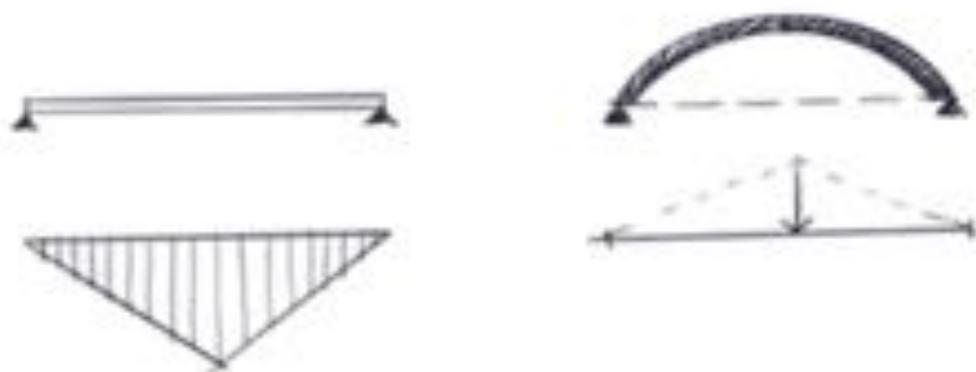
sumber : penulis



Gambar 15
 Sketsa studi modul
 struktur dan makna
 Notre-Dame.
 (atas)

Sketsa studi momen
 balok lurus dan
 lengkung
 (bawah)

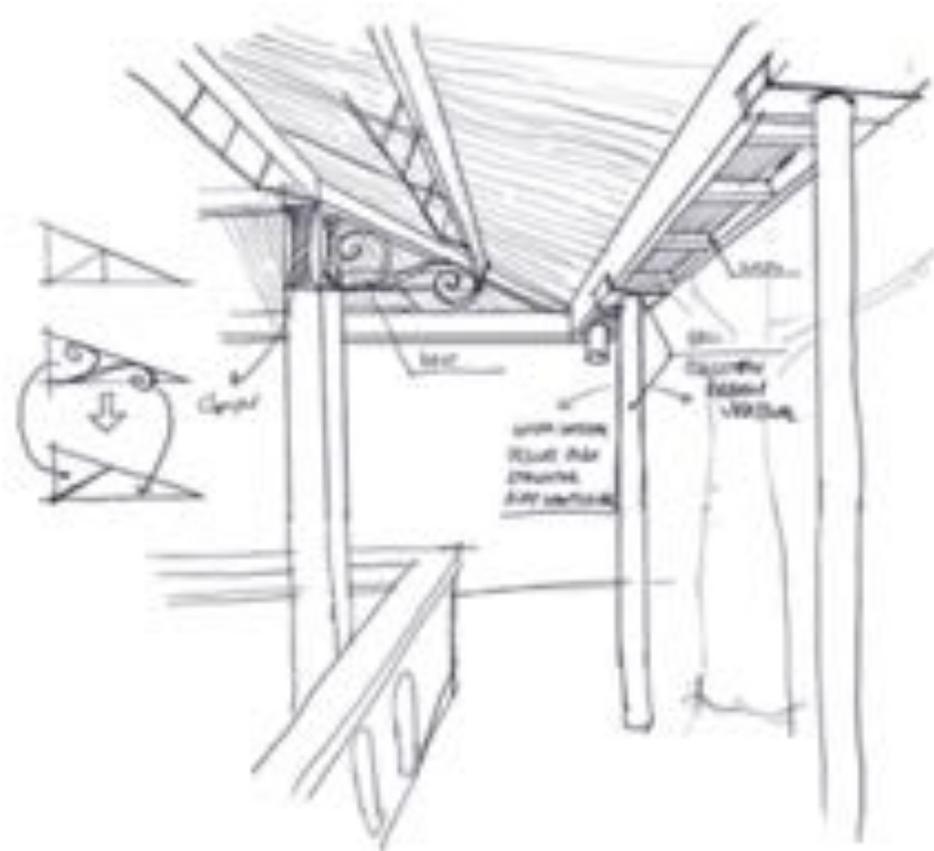
sumber : penulis



Struktur Membentuk Detail

Tectonics in architecture is defined as "the science or art of construction, both in relation to use and artistic design." It refers not just to the "activity of making the materially requisite; construction that answers certain needs, but rather to the activity that raises this construction to an art form." – Robert Maulden

Detail arsitektur dibentuk dengan pertanggung jawaban bahwa sebuah karya tersebut dapat di bangun sesuai dengan konsepsi seorang arsitek. Pemikiran tektonika tidak lepas dari konsepsi struktur dan karakter bahan yang digunakan. Sebuah tektonika yang baik adalah sebuah ilmu konstruksi yang mempertemukan antara seni dan fungsi. Sebuah pemahaman struktur yang baik pasti menghasilkan detail yang baik. Detail yang tidak hanya mengisi keindahan visual belaka tapi detail tersebut bermakna, berkarakter, dan terpasang sesuai kegunaannya. Penyusunan bata yang berselang-seling setengah, menggambarkan sebuah konsepsi karakter bata itu sendiri untuk mengikat antara satu dengan yang lainnya. Pembuatan talang di luar dengan struktur yang berdiri sendiri juga dapat menjadi sebuah detail tektonika yang memikirkan strukturnya. Sebagai contoh karya arsitek Eko Prawoto dalam desain rumah Butet. Dapat dilihat dan dipahami dengan konteks pendapa solo yang tidak memiliki talang, kemudian di tambahkan talang dengan struktur yang terlepas dari atap utama dari pendapa itu sendiri. Menghasilkan, sebuah detail yang baik. Hal ini pasti dipahami dengan pemikiran struktur dan bagaimana sebuah detail talang tersebut dapat terpasang dan menanggung beban air hujan yang terjadi di atap pendapa tersebut. Sebuah detail talang yang dapat berdiri sendiri, dengan mempunyai kekuatan untuk menahan beban vertikal dari air hujan. Sedangkan beban lateralnya dikatkan dengan struktur atap dari tambahan pendapa itu sendiri. Penahan sororan atap tambahan pendapa menggunakan struktur besi yang sama kemudian diberikan permainan ornamen detail yang sebenarnya memiliki dasar konsep struktur yang tepat. Pemikiran struktur menjadi landasan terbentuknya sebuah detail arsitektural tersebut.



Gambar 10
Sketsa detail talang
rumah Butet.

sumber : penulis

Penutup

Sebagai penutup, tulisan ini bukan bertujuan untuk membentuk arti teoritis dari struktur. Tapi bertujuan untuk membuka wawasan berpikir bahwa sebenarnya struktur bukanlah momok dalam sebuah karya arsitektur, ataupun sebaliknya struktur tidak termasuk di dalam daerah seorang arsitek, sehingga seorang arsitek tidak memerlukannya. Seharusnya posisi arsitektur dan struktur harus bersatu dalam rangkaian yang indah dan benar. Mengutip tulisan mangunwijaya "indah karena benar". Jadi semua, keindahan itu haruslah didukung oleh kebenaran. Sebuah keindahan tidak mungkin dapat dinikmati oleh semua orang bila keindahan tersebut tidak bisa terealisasikan menjadi sebuah karya arsitektur yang nyata dan dapat dinikmati secara keseluruhan. Struktur bukan hanya bisa menjadi elemen pendukung arsitektural, tetapi juga dapat menjadi sebuah pendekatan untuk mendesain sebuah karya arsitektural.

REFERENSI

Vitruvius, Pollio, and M H. Morgan. *Vitruvius: The Ten Books on Architecture*. New York: Dover Publications, 1960. Print

"This author claims that India should get credit for da Vinci's Vitruvian man". *Hindustanimes.com*. 28 Juni 2020. <https://www.hindustanimes.com/books/this-author-claims-that-india-should-get-credit-for-da-vinci-s-vitruvian-man/story-701FoqbVTJv7zHEejqr8ZL.html>. 28 Juni 2020

Maulden, Robert. (2013). *Tectonics in architecture: from the physical to the meta-physical*.

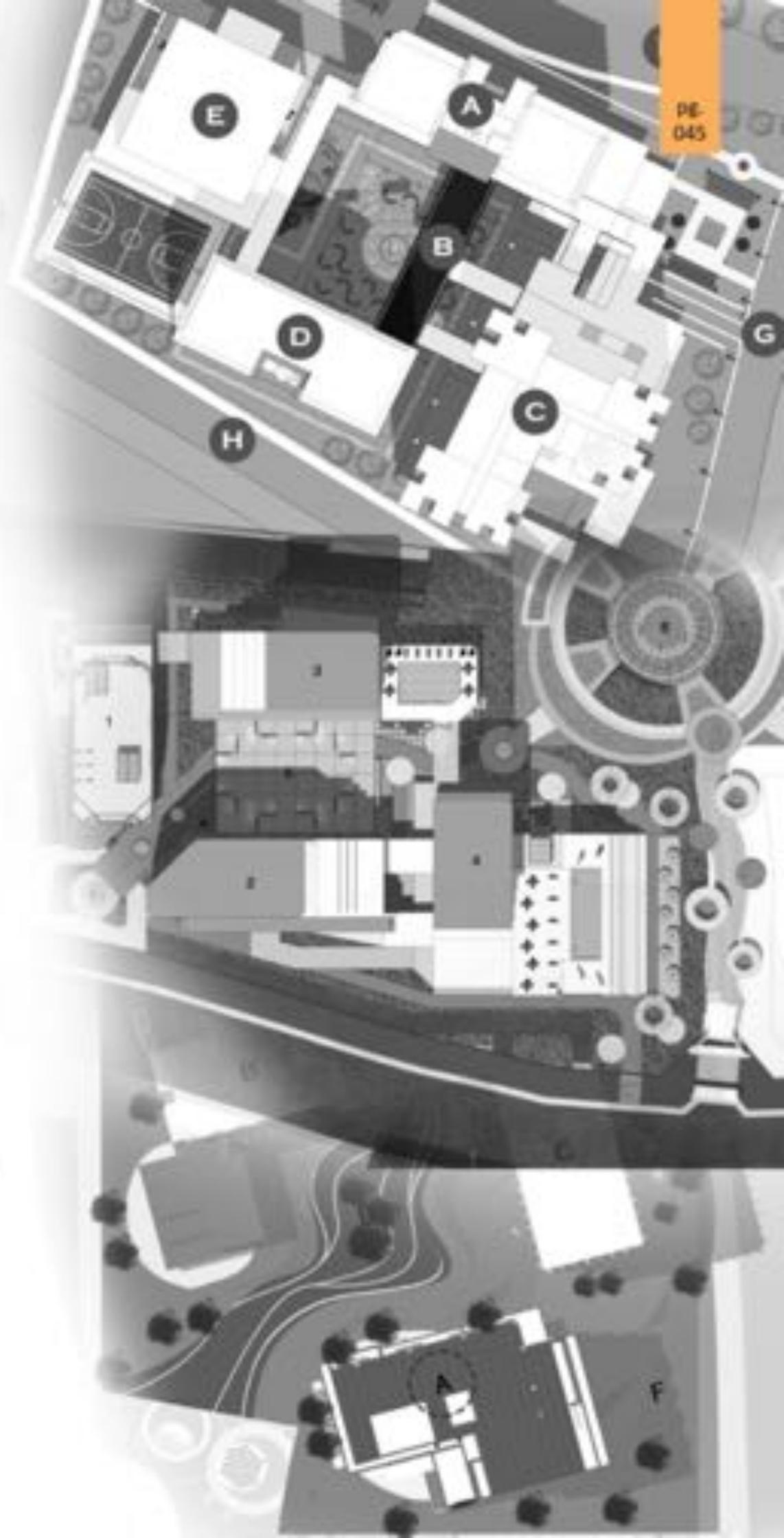
Ching, Francis D. K. *Architecture: Form, Space, & Order*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2007. Print.

Y.B. Mangunwijaya. *Wastu Citra : Pengantar ke Ilmu Budaya Bentuk Arsitektur Sendi-Sendi Filsafatnya serta Contoh-Contoh Praktis*. Jakarta : Gramedia, 2013. Print

B

STRUKTUR VISIONER

Amadea Nathania
Lidwina Karlia
Kenneth Nathaniel



Kantor Sewa & Co - Working Space

Amadea Nathania



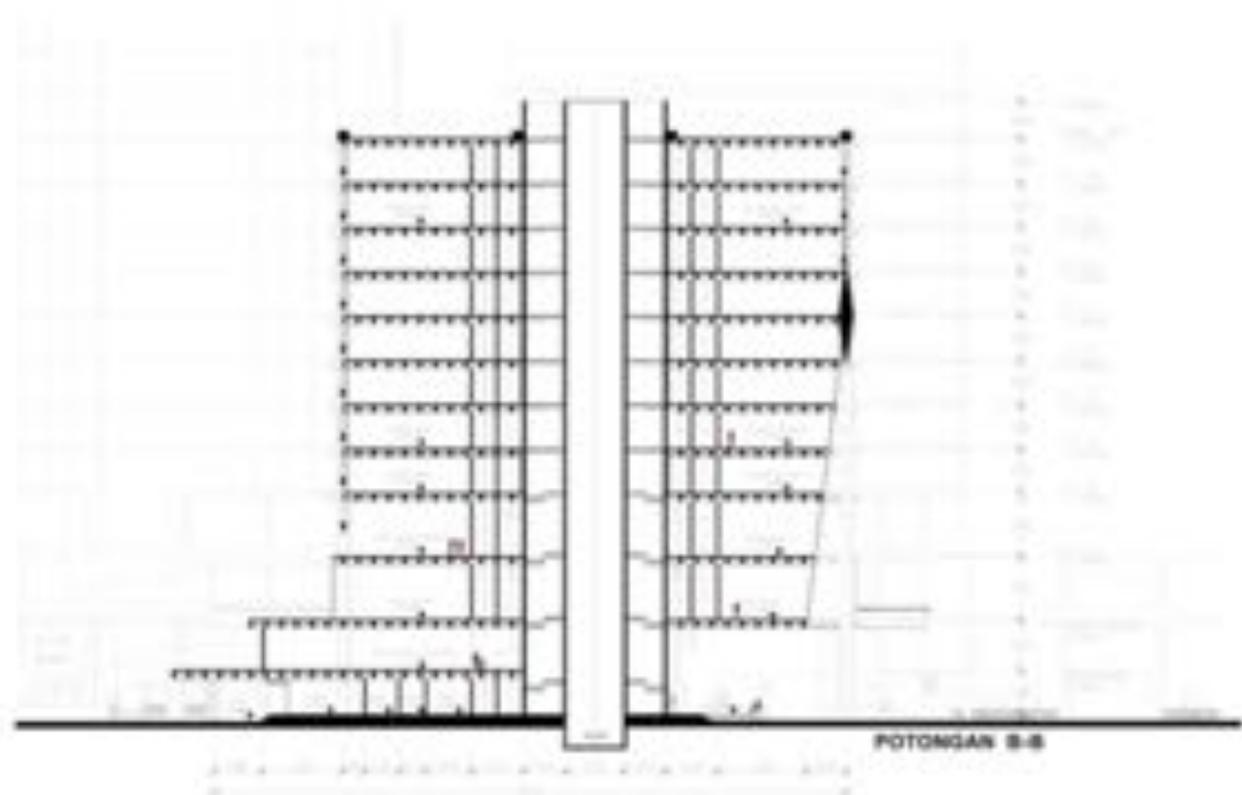
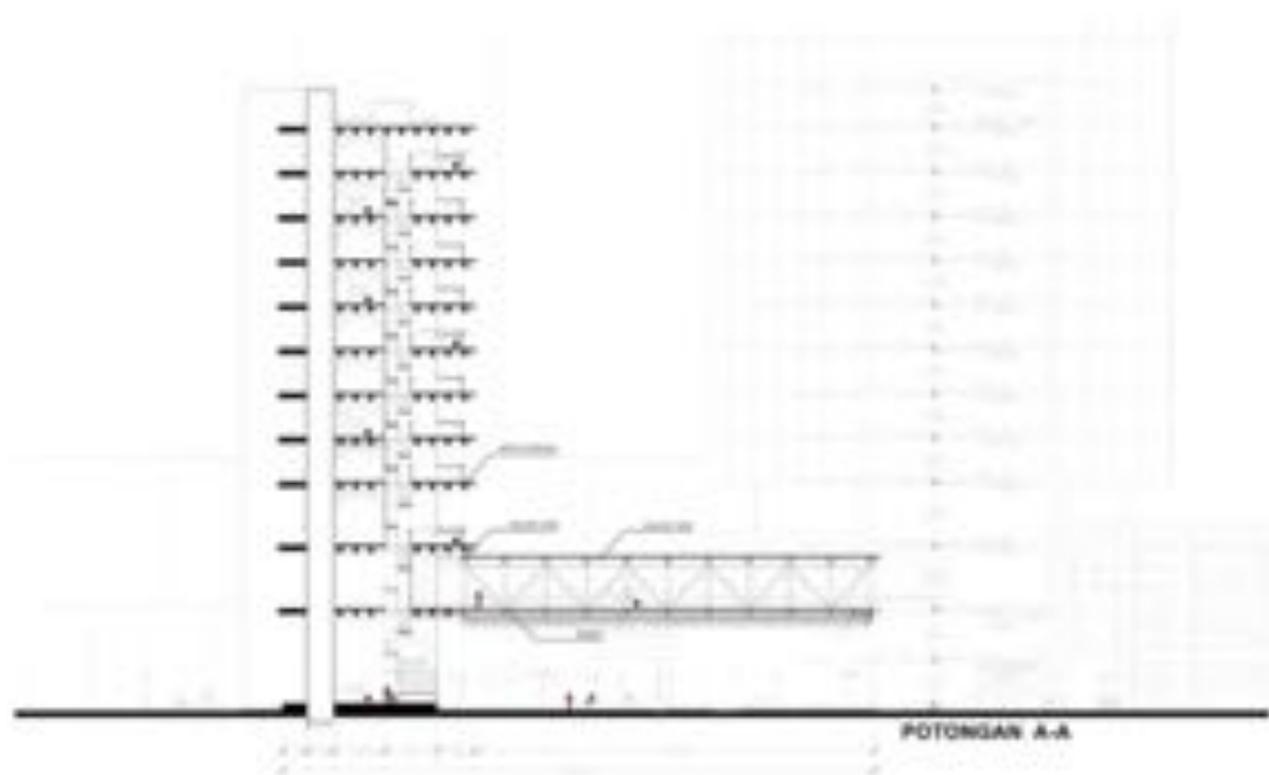




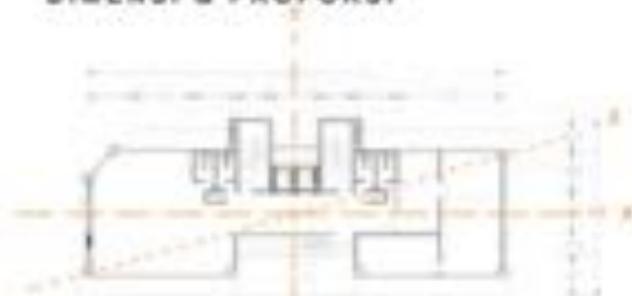
2ND FLOOR



3RD-10TH TYPICAL FLOOR



BENTUK DIMENSI & PROPORSI



STRUKTUR BAWAH 1 DIBAWAH:
 1. TIGAS BERTUMBUH
 2. BERTUMBUH
 3. TIGAS BERTUMBUH
(TIGAS BERTUMBUH - SIMETRIS)

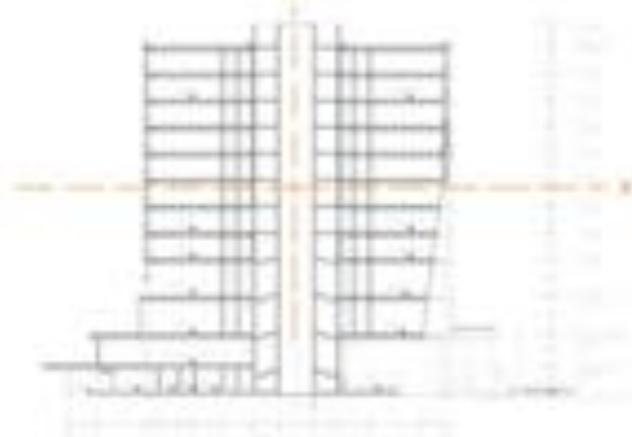
SKALA PROPOSAL:
 1/50
 10.000 x 5
 5.000 x 5

STRUKTUR SEMPIT LANGSUNG - BAWAH BAWAH BERTUMBUH BERTUMBUH

TUMBUHAN TUMBUHAN
 5 x 10.0
 5 x 10.0
 5 x 5

5 x 10.0
 10.0 x 5.0
 10.0 x 5.0

(TIGAS BERTUMBUH - BAWAH BAWAH BERTUMBUH)



STRUKTUR SEMPIT 2 DIBAWAH:
 1. TIGAS BERTUMBUH
 2. TIGAS BERTUMBUH

TUMBUHAN TUMBUHAN
 5 x 10.0
 10.0 x 10.0
 10.0 x 10.0

(BERTUMBUH BERTUMBUH)

SKALA PROPOSAL:

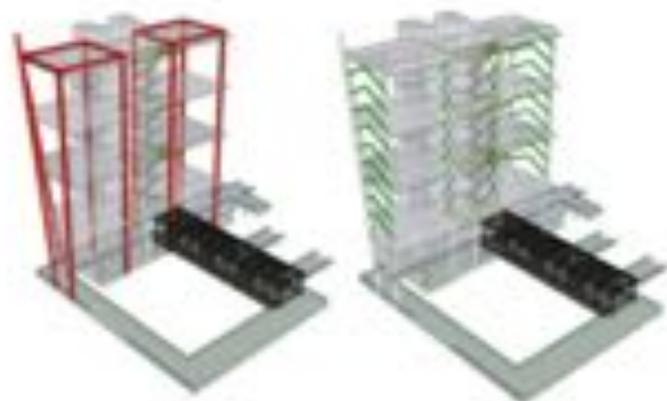
1/50
 10.000 x 5
 5.000 x 5

5 x 10.0
 10.0 x 5.0
 5.0 x 5.0

(STRUKTUR SEMPIT LANGSUNG - BAWAH BAWAH BERTUMBUH)

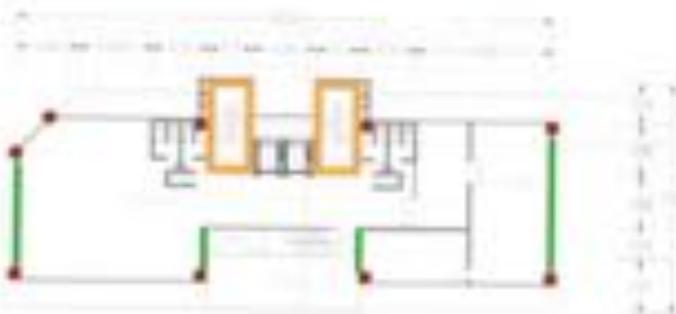
ANALISA KONFIGURASI

TATA LETAK ELEMEN STRUKTURAL



PENCARAN SOFT STORY

- 1. SOFT STORY DITENTUKAN DENGAN ADANYA KOLON
- 2. SOFT STORY DITENTUKAN DENGAN ADANYA BENTANG BAWAH TANGGA BERTUMBUH BERTUMBUH
- 3. SOFT STORY DITENTUKAN DENGAN ADANYA BENTANG BAWAH TANGGA BERTUMBUH BERTUMBUH

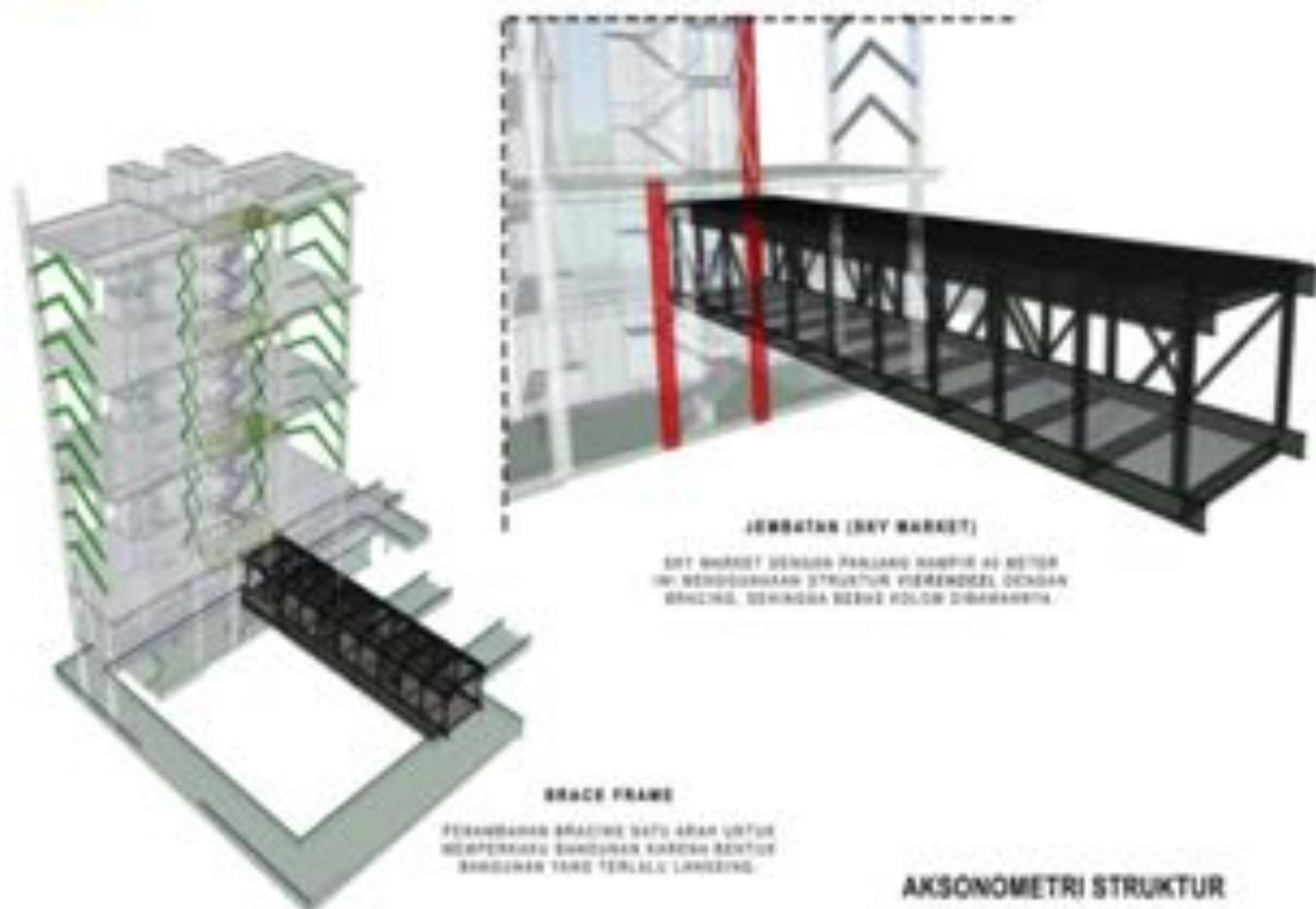


POTONGAN
 BAWAH (1/50) 5 METER (FLEKSIKEL)
 TUMBUHAN (1/50) 5.0 METER (KAKI)

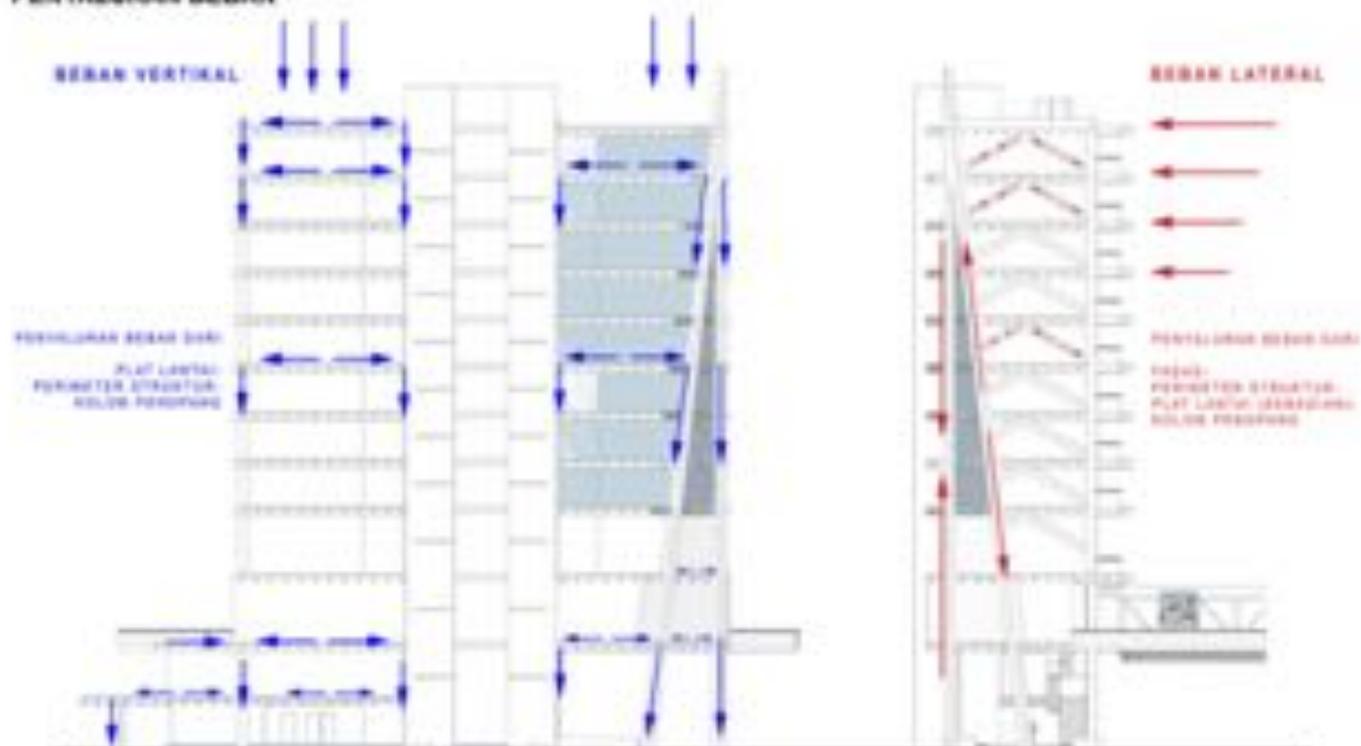
STRUKTUR
 1.000 x 5.000
 5.000 x 5.000
 5.000 x 5.000

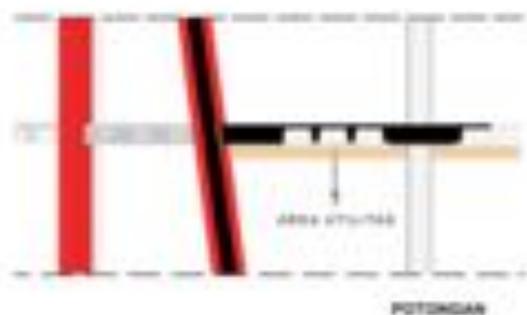
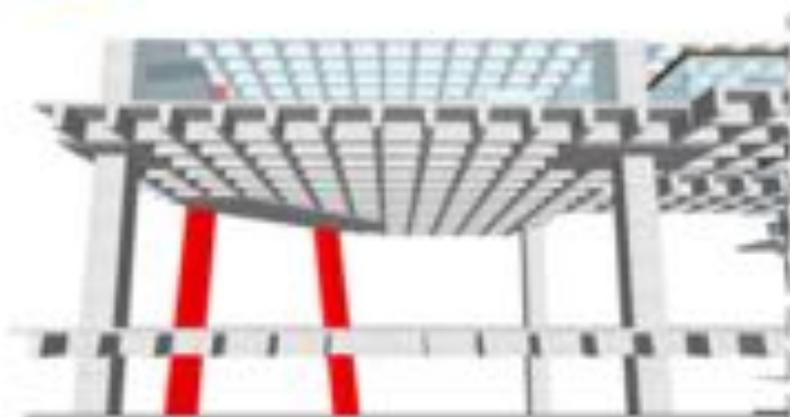
(STRUKTUR SOFT STORY)

ANALISA KONFIGURASI

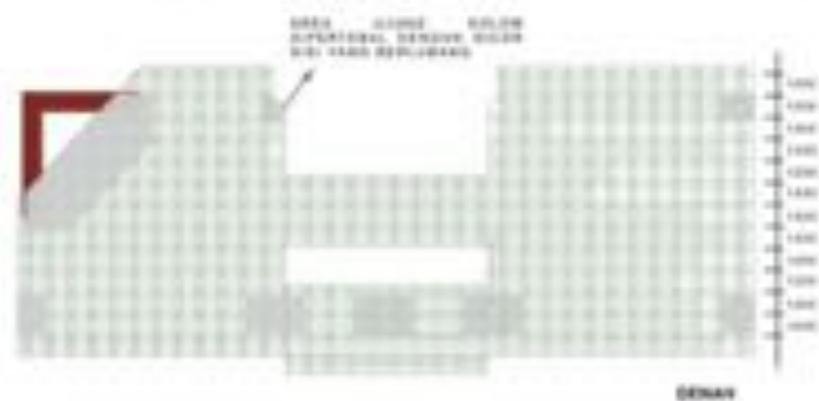


PENYALURAN BEBAN





POTONGAN



DEKAT

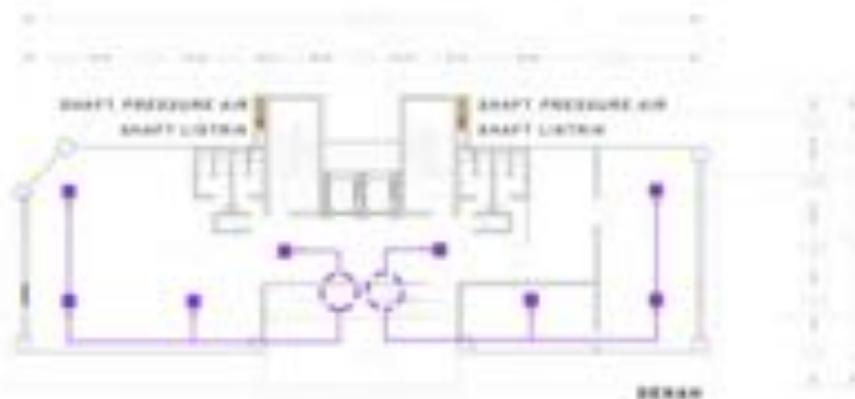
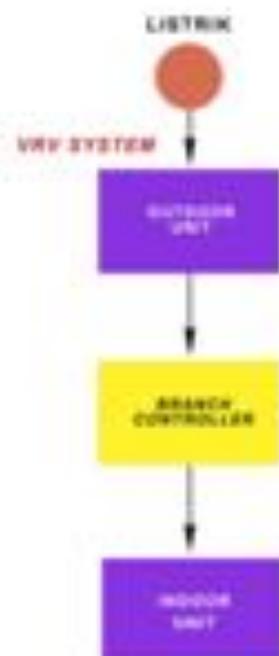
DETAIL *UTILITY*



ISOMETRI



POTONGAN



DEKAT

UTILITAS PENGAHWAAN







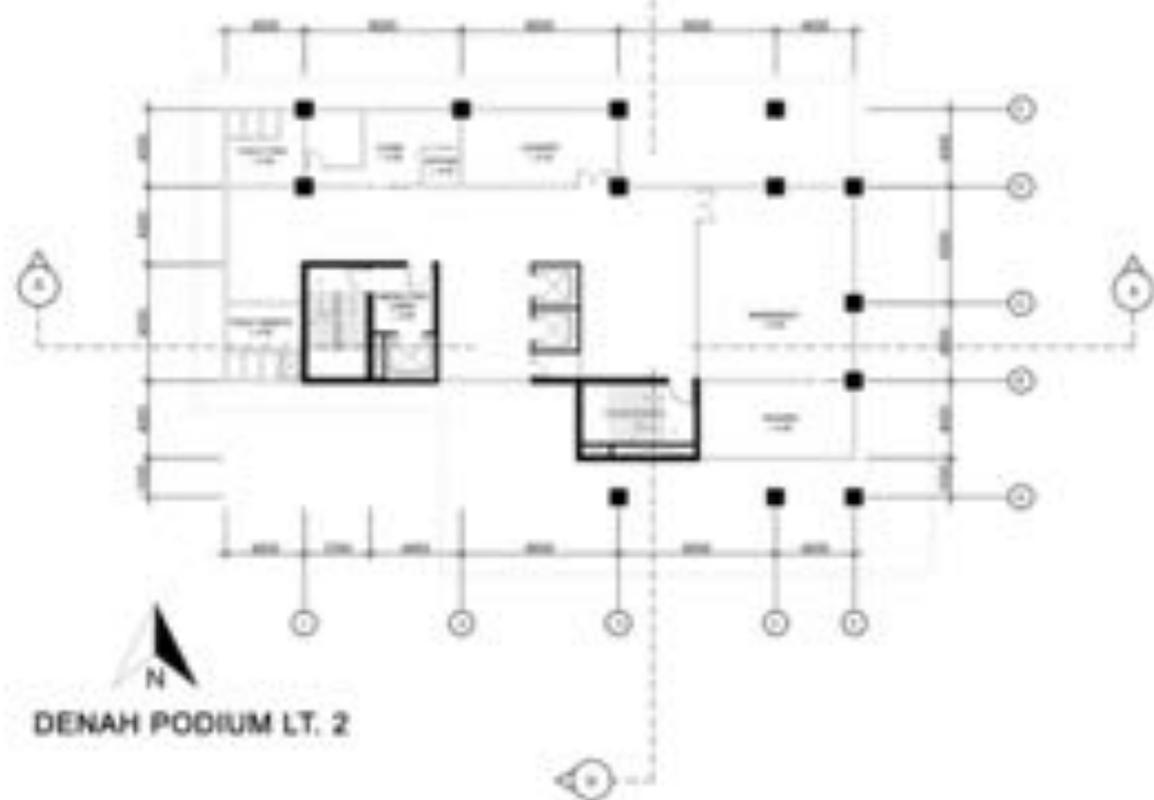
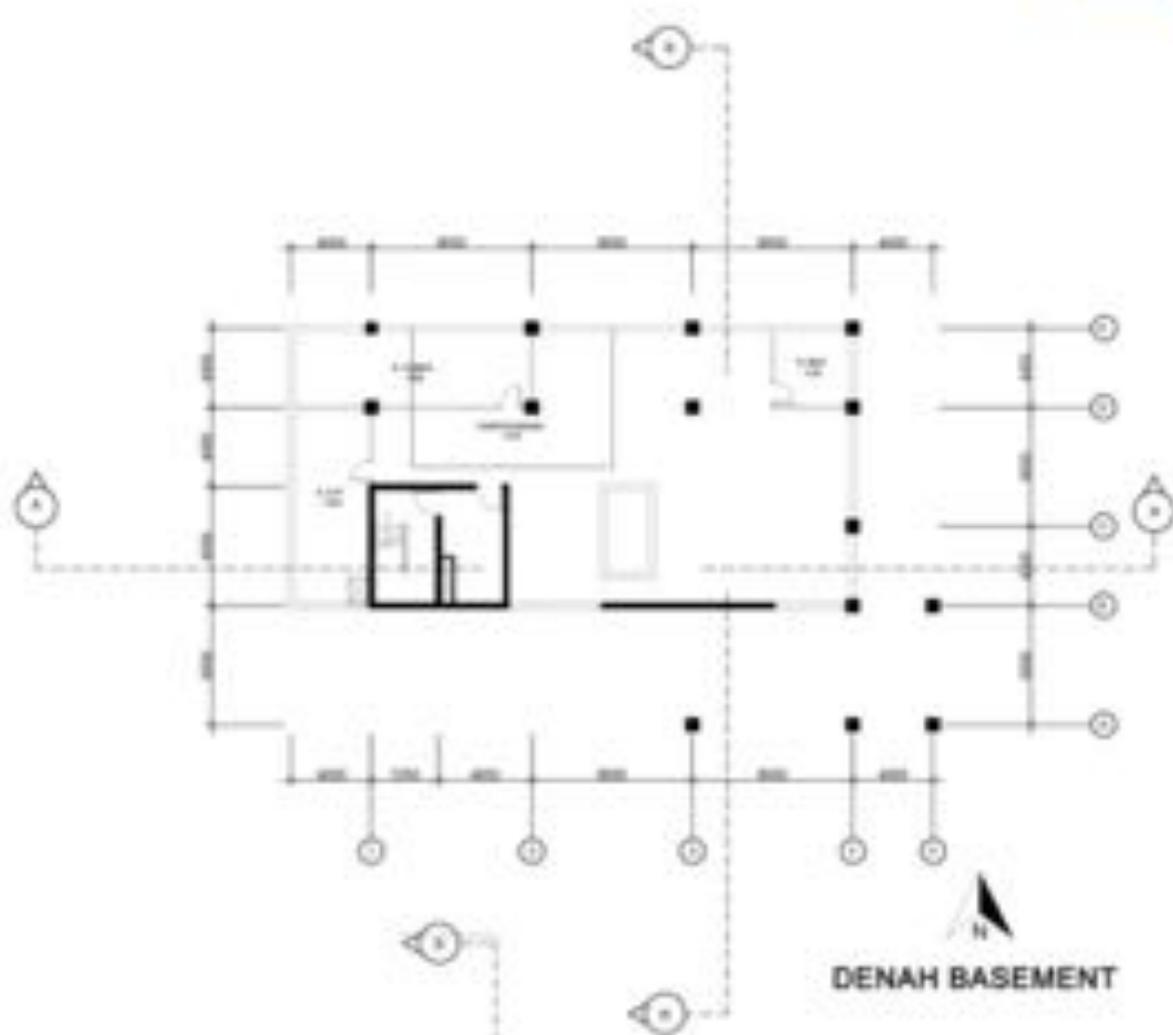
STUDENT HOUSING

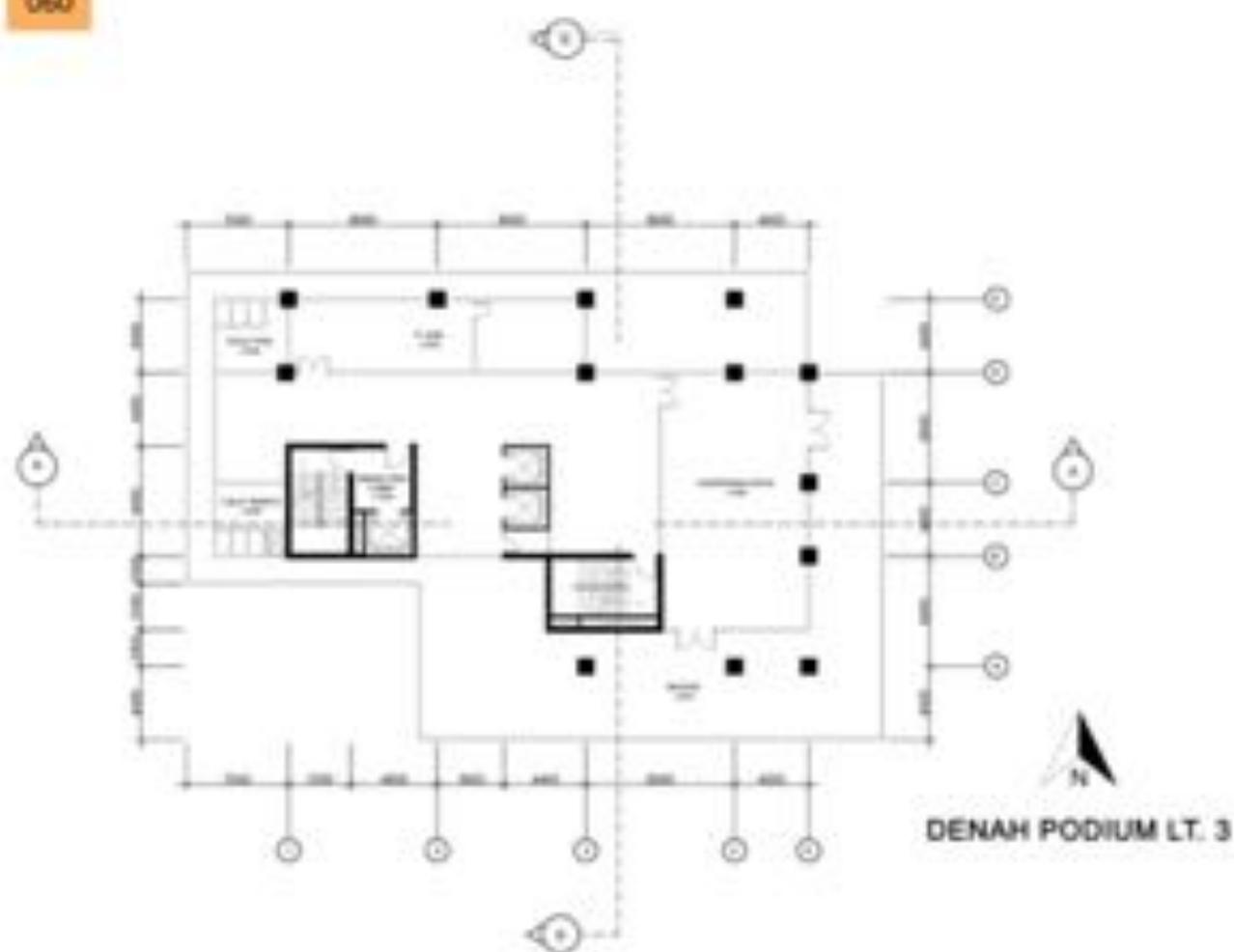
Lidwina Karlia

LEGENDA :

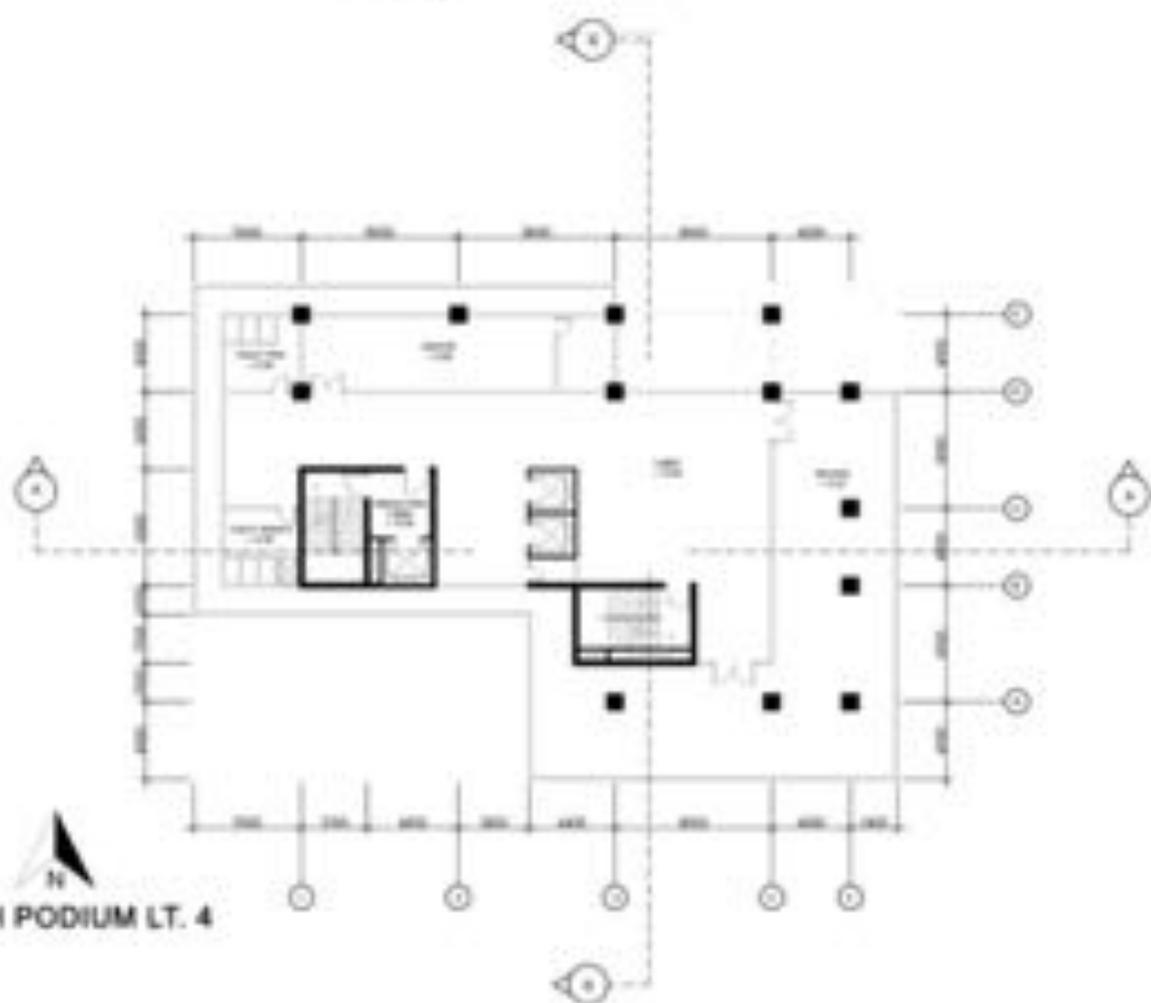
- A. STUDENT HOUSING
- B. APARTMENT
- C. COMMERCIAL BUILDING
- D. AREA KOMUNAL DAN JALAN BUKIT
- E. AREA KOMUNAL SUPERBLOCK
- F. PLAZA ENTRANCE 1
- G. PLAZA ENTRANCE 2







DENAH PODIUM LT. 3



DENAH PODIUM LT. 4

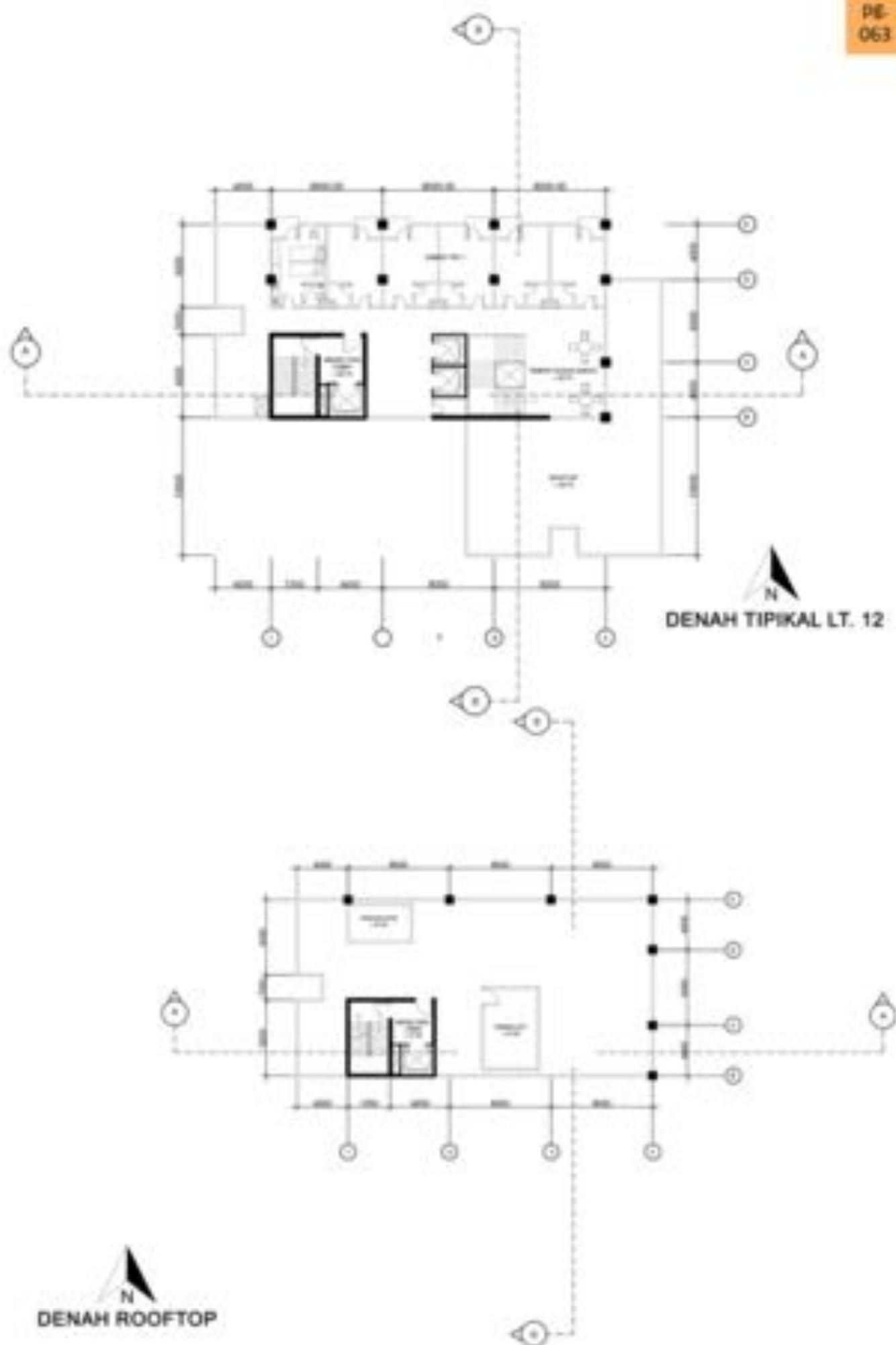




DENAH TIPIKAL LT. 8



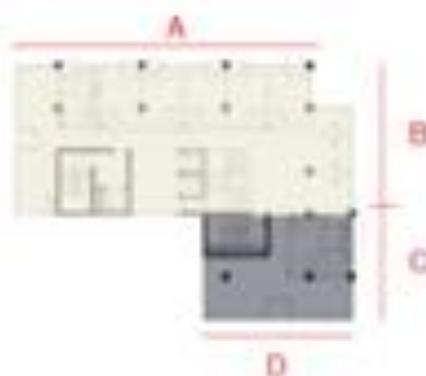
DENAH TIPIKAL LT. 9



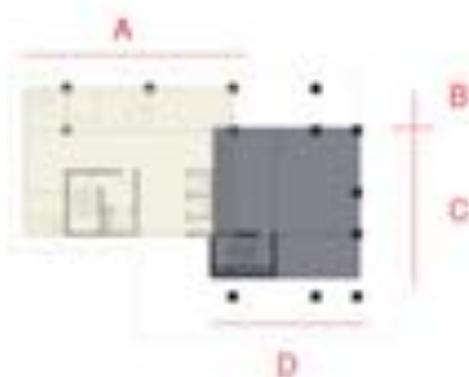
DENAH ROOFTOP

DENAH TIPIKAL LT. 12

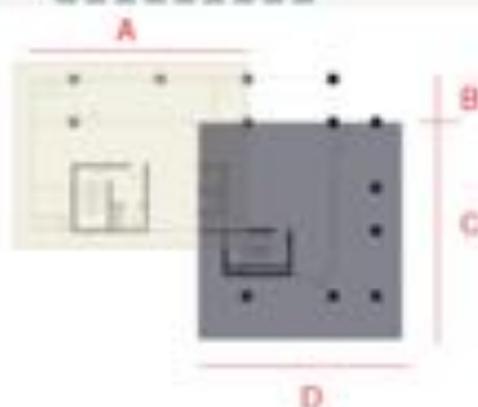
ANALISA KONFIGURSI



DENAH TIPIKAL



DENAH PODIUM LT. 2



DENAH PODIUM LT. 4

DENAH beraturan bila :

$$D > 1/2 C$$

$$C < 1/4 B$$

Denah Tipikal

$$D = 14 \text{ m}$$

$$C = 10 \text{ m}$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$D > 1/2 C$$

$$14 > 5$$

$$C < 1/4 B$$

$$10 > 1 \text{ (berlengan)}$$

Denah Podium 2

$$D = 14 \text{ m}$$

$$C = 14 \text{ m}$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$D > 1/2 C$$

$$14 > 7 \text{ m}$$

$$C < 1/4 B$$

$$14 > 1 \text{ (berlengan)}$$

Denah Podium 4

$$D = 18 \text{ m}$$

$$C = 20 \text{ m}$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$D > 1/2 C$$

$$18 > 10$$

$$C < 1/4 B$$

$$20 > 1 \text{ (berlengan)}$$



POTONGAN beraturan bila :

$$b1 > 75\% b$$

Potongan

$$b1 = 14 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ m}$$

$$b1 > 75\% b$$

$$14 \text{ m} < 18.75 \text{ (tidak beraturan)}$$

Kegagalan Softstorey bila :

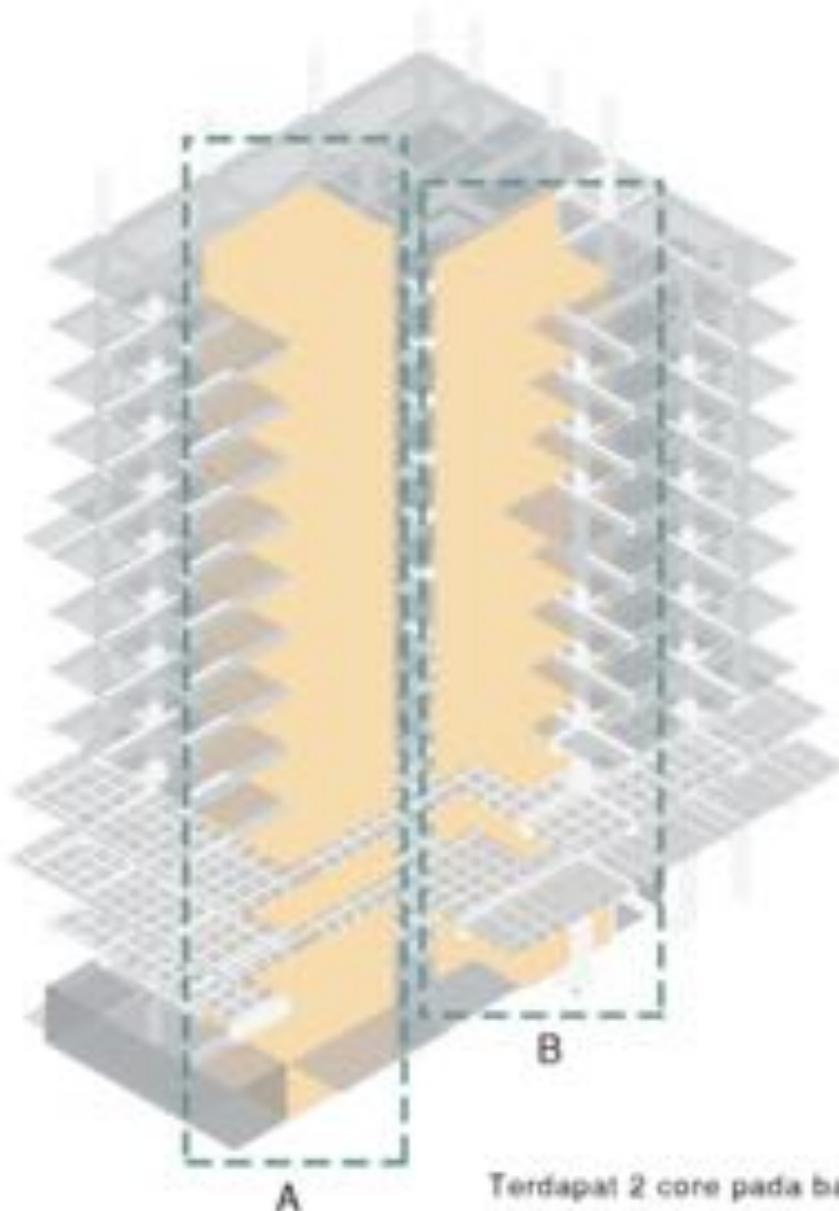
$$h1/h2 < 2/3$$

$$h1 = 4.32 \text{ m}$$

$$h2 = 3.78 \text{ m}$$

$$h1/h2 < 2/3$$

$$4.32/3.78 > 2/3 \text{ (Potongan beraturan)}$$



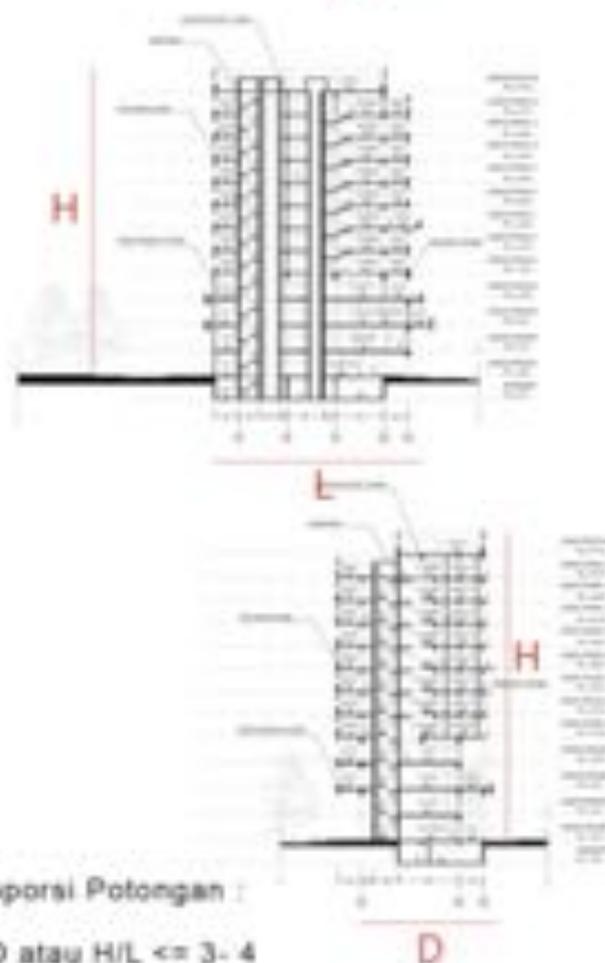
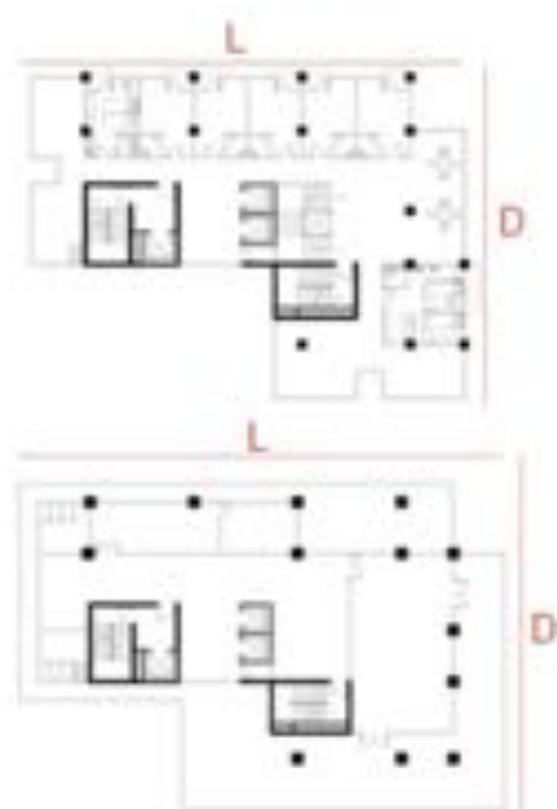
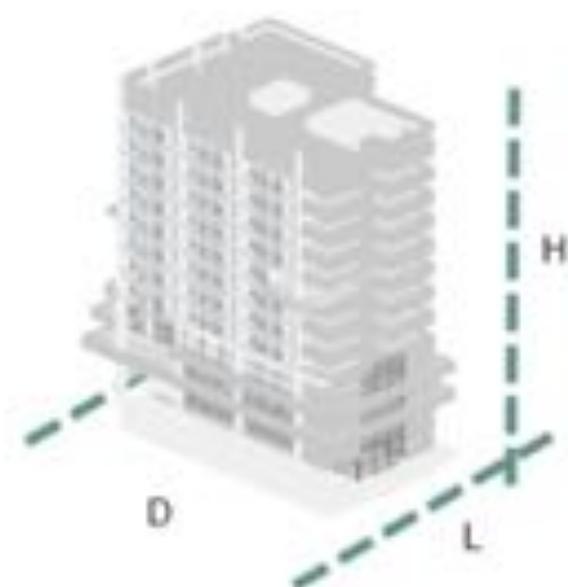
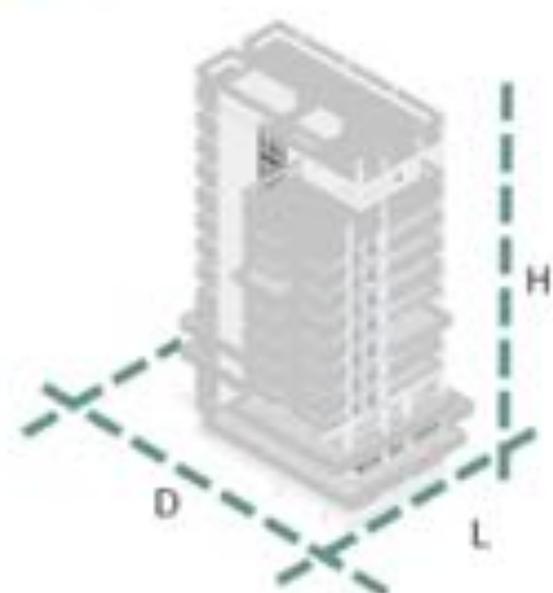
Terdapat 2 core pada bangunan dan 1 shearwall.

Core A : Memperkaku bangunan terhadap gaya lateral dan gaya vertikal pada bentuk bangunan memanjang.

Core B + Shear Wall : Membentuk siku pada daerah bentuk berlengan untuk menyelesaikan masalah Torsi sehingga dapat menahan gaya lateral.

KESIMPULAN : Bentuk bangunan berlengan atau tidak beraturan.

Kemungkinan mekanisme kegagalan yang terjadi adalah Torsi dan tidak terjadi Soft Storey.



Proporsi Denah :

$$L/D \leq 5$$

$$L = 28 \text{ m}$$

$$D = 20 \text{ m}$$

$$L/D \leq 5$$

$28/20 < 5$ (Tidak terlalu langsing)

Proporsi Potongan :

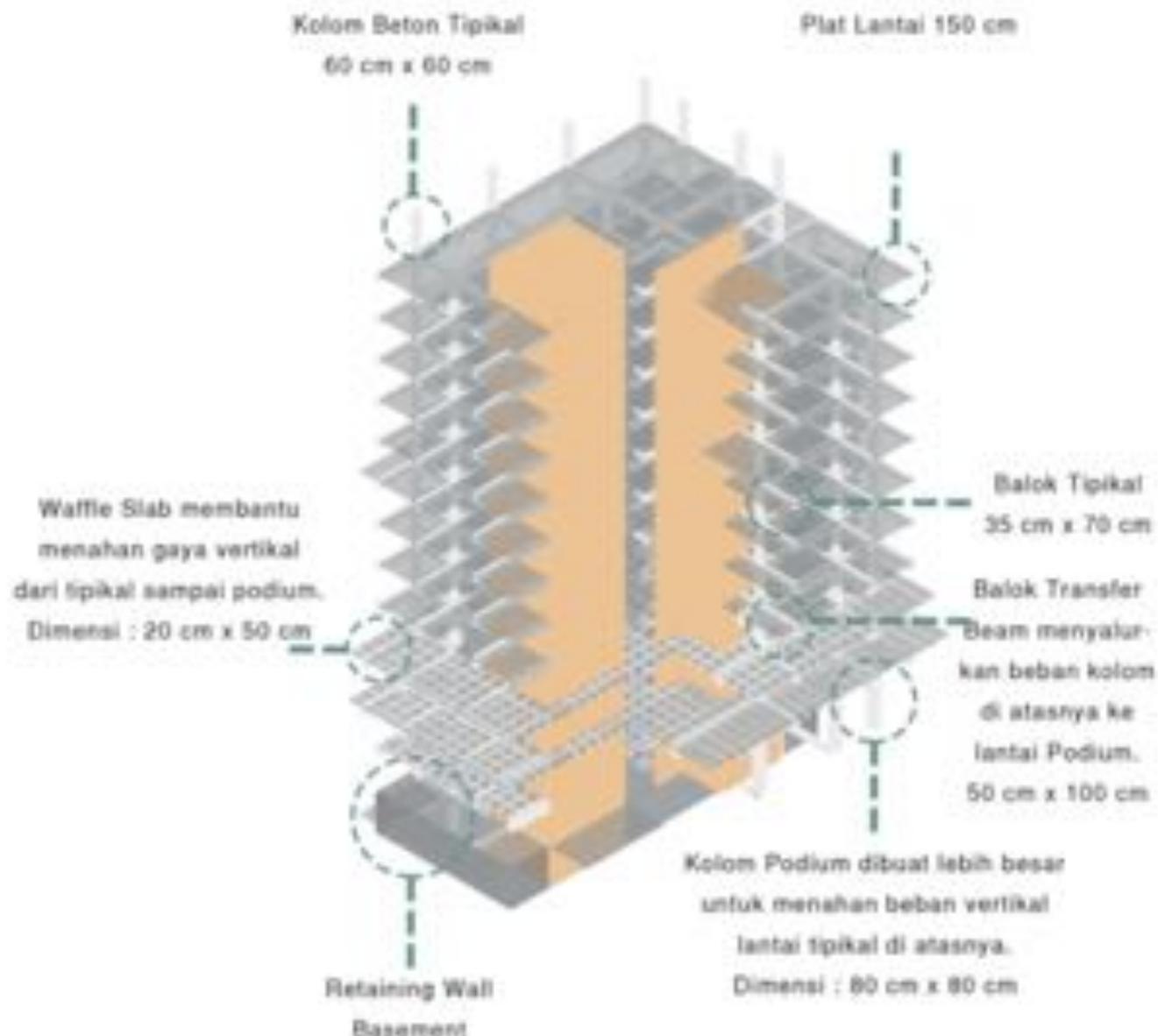
$$H/D \text{ atau } H/L \leq 3-4$$

$$H = 47.52 \text{ m}$$

$$L = 28 \text{ m}$$

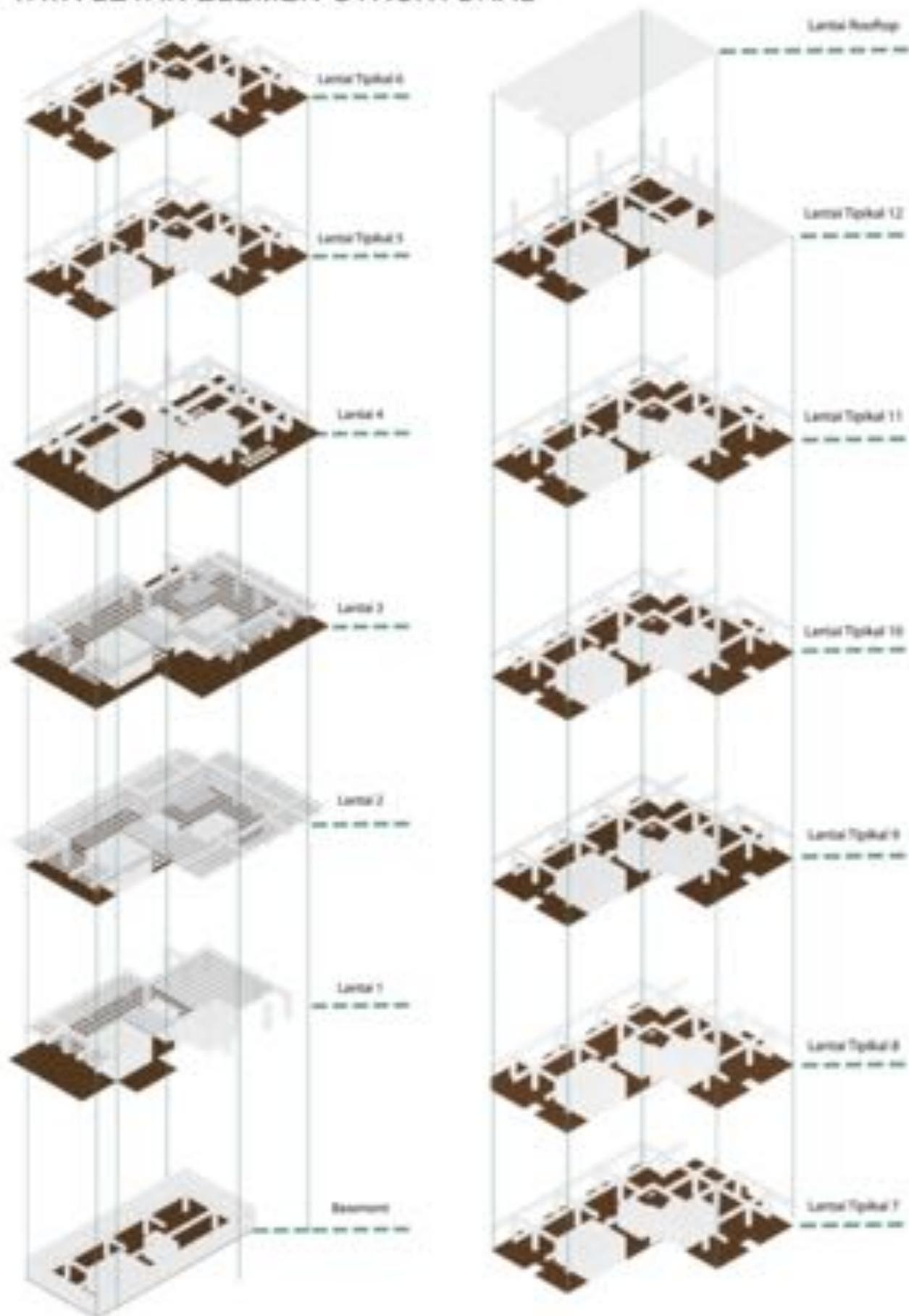
$$H/L > 4$$

$47.52/28 < 4$ (tidak terlalu langsing)



KESIMPULAN : Tidak terjadi kegagalan struktur karena terbukti bangunan tidak terlalu langsing dan cukup kaku.

TATA LETAK ELEMEN STRUKTURAL



DETAIL STRUKTUR

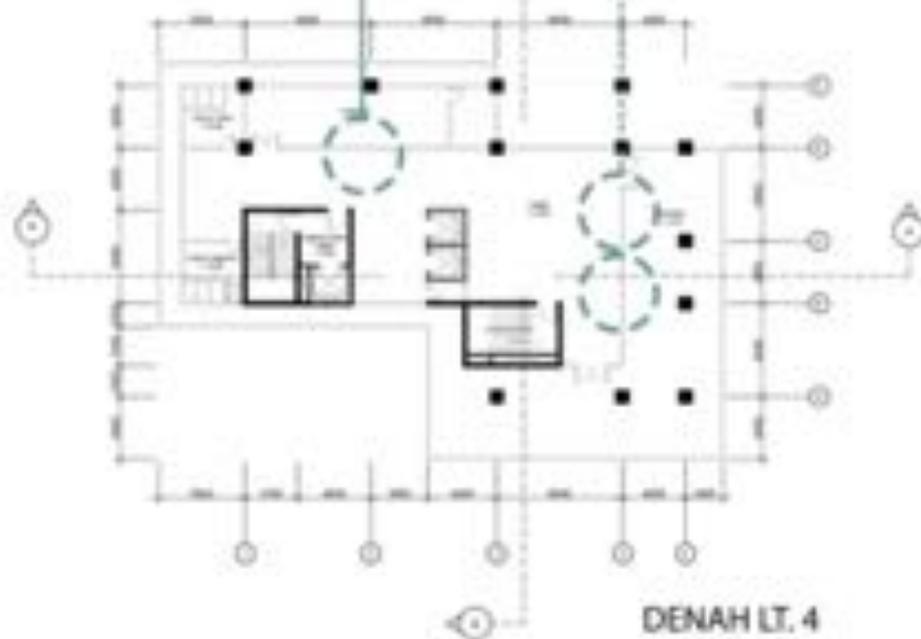


DENAH LT. 5

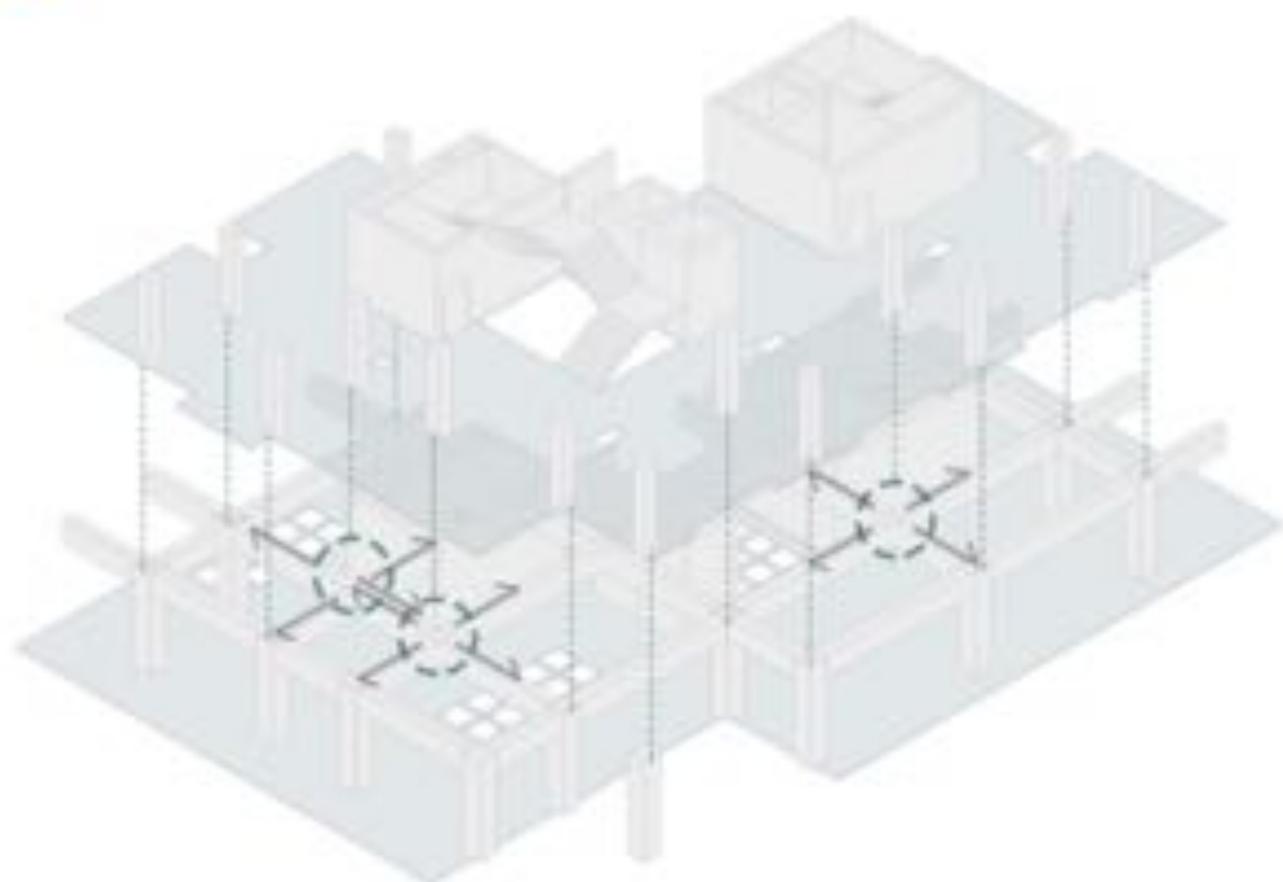
Dimensi Kolom Tipikal : 60 cm x 60 cm

Dimensi Kolom Podium : 80 cm x 80 cm

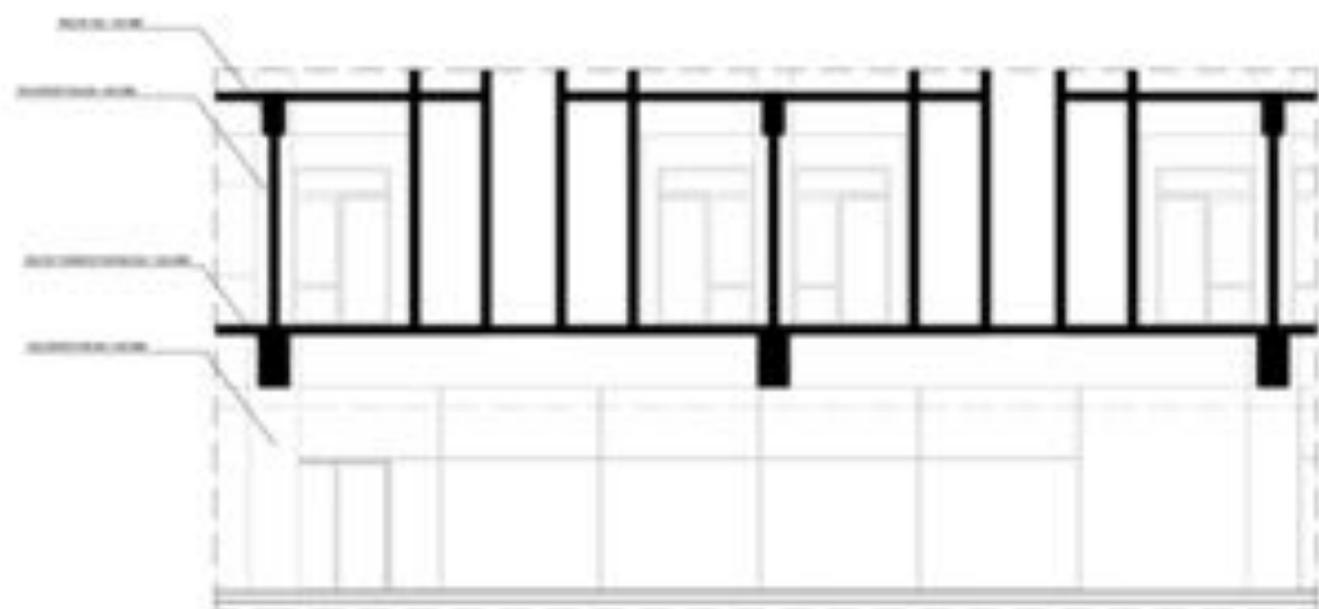
Kolom diperbesar untuk menopang beban vertikal dari lantai di atasnya dan dibantu disalurkan oleh balok Transfer Beam.



DENAH LT. 4

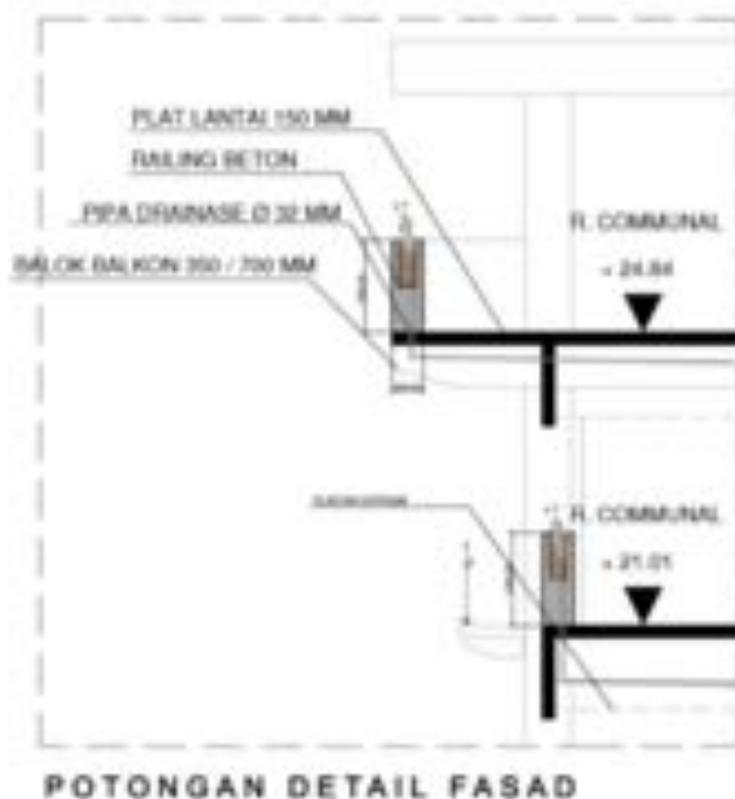
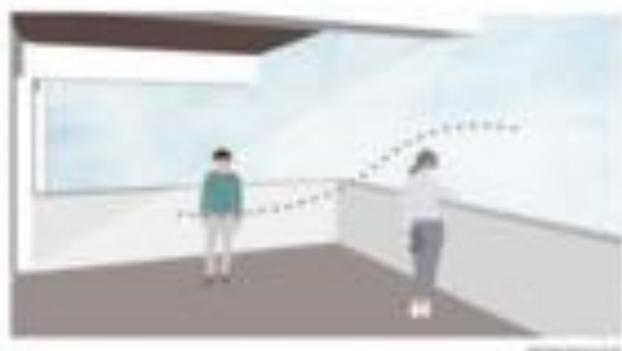


Kolom tipikal berhenti pada lantai 5 yang ditopang oleh balok pada lantai podium lantai 4. Balok pada lantai 4 memikul beban kolom dan plat lantai di atasnya lebih besar karena tidak ada kolom yang membantu menopang dibawahnya sehingga dimensi balok Transfer Beam diperbesar. Bentang balok yang cukup jauh juga mempengaruhi dimensi balok akibat jarak kolom yang cukup jauh. Beban gaya vertikal dari lantai atas disalurkan secara merata agar kolom pada lantai podium dapat menerimanya.



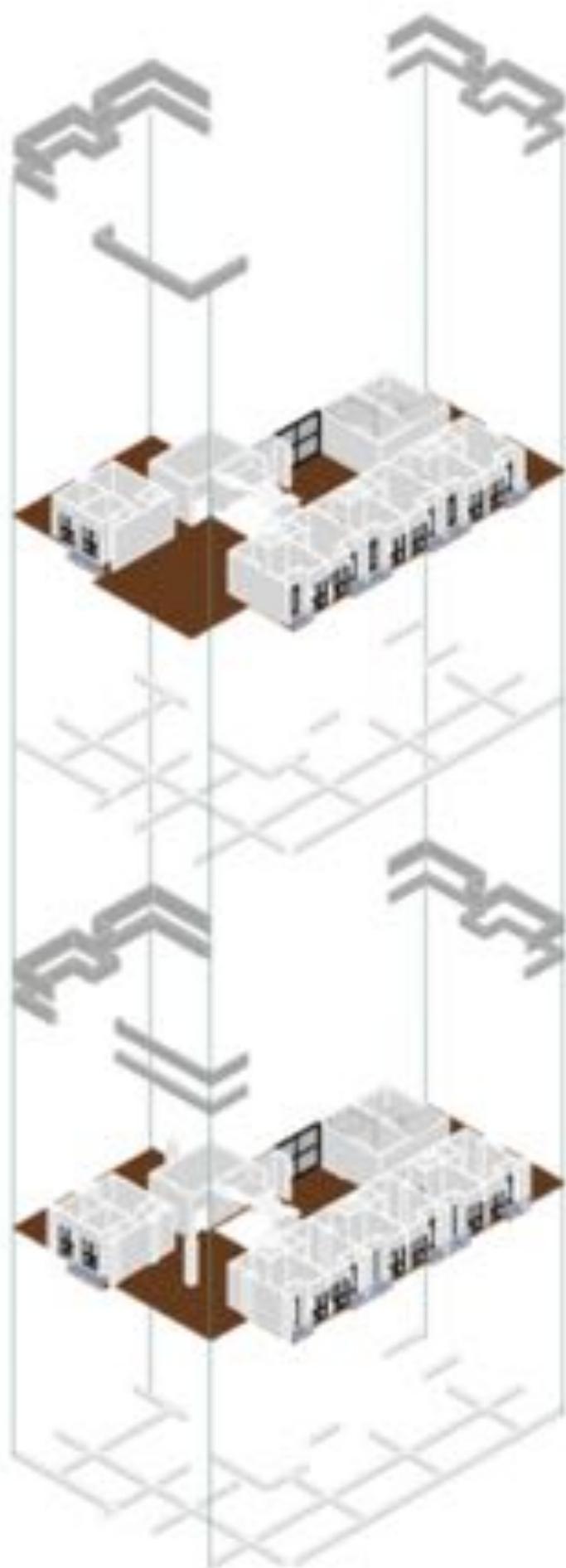
POTONGAN DETAIL

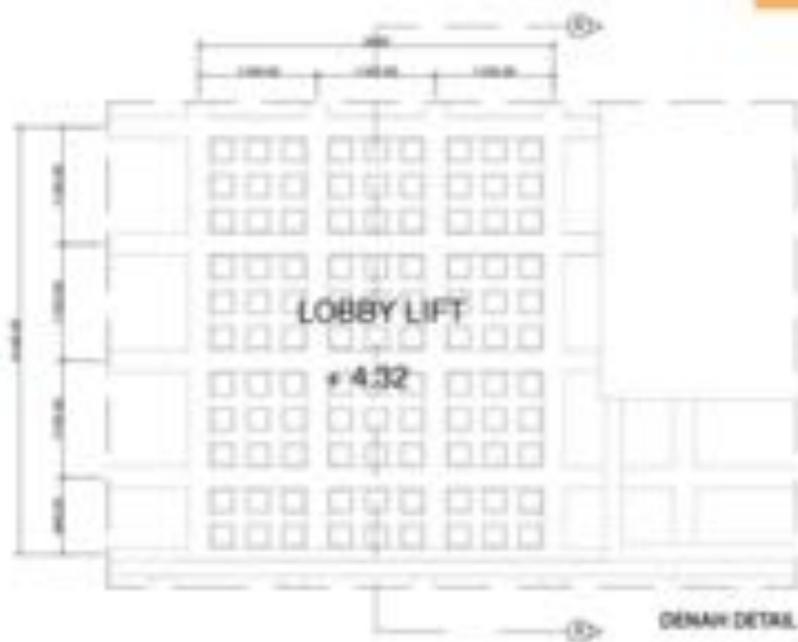
DETAIL FASAD



Pipa drainase pada pot untuk pembuangan air tanaman mengalir dan melewati shaft tipikal dan shaft utama pada lantai podium. Pipa drainase ada pada beberapa titik pot fasad tersebut. Detail fasad balkonis ini bertujuan untuk sirkulasi udara alami dan pencahayaan alami masuk ke dalam bangunan. Tempat ini sekaligus untuk area komunal penghuni.

DETAIL FASAD





DENAH DETAIL



Detail view of window frame and glass unit showing the location of the window frame and glass unit.



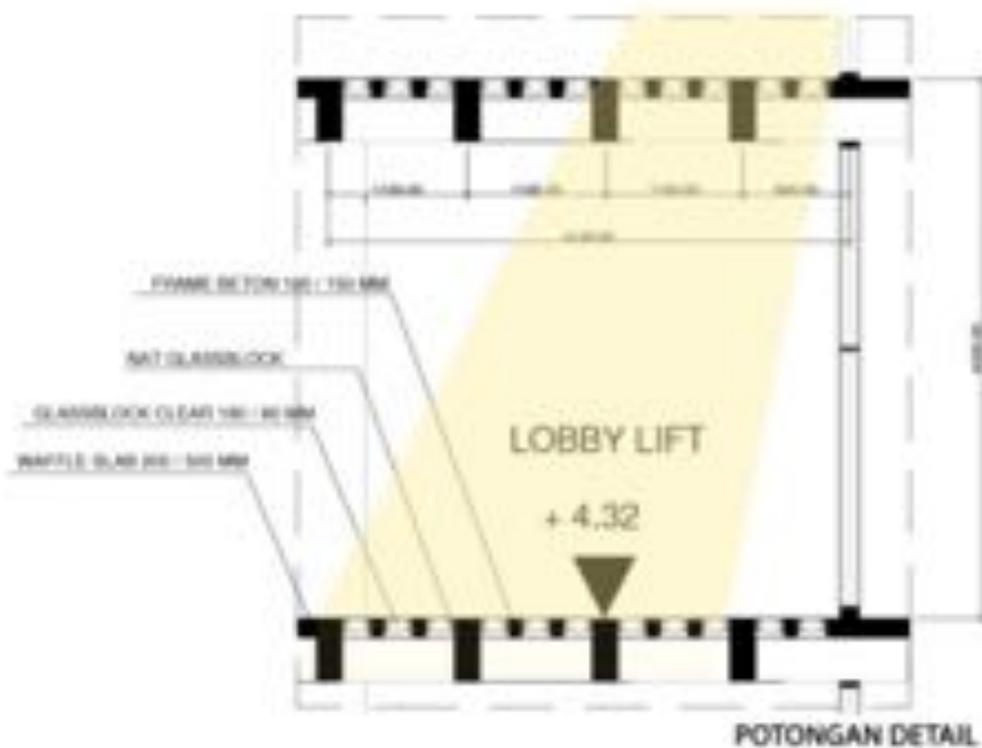
DETAIL DETAIL WINDOW FRAME AND GLASS UNIT



Detail view of window frame and glass unit showing the location of the window frame and glass unit.

Detail view of window frame and glass unit showing the location of the window frame and glass unit.

Detail view of window frame and glass unit showing the location of the window frame and glass unit.

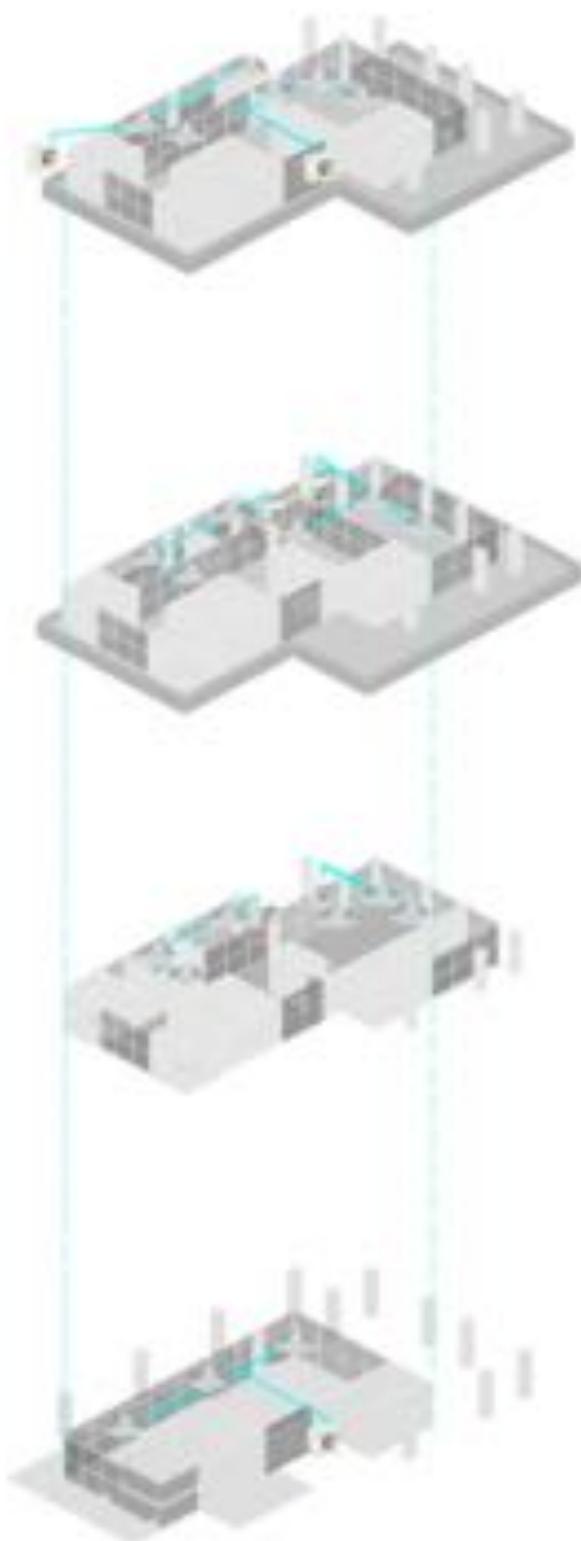


POTONGAN DETAIL

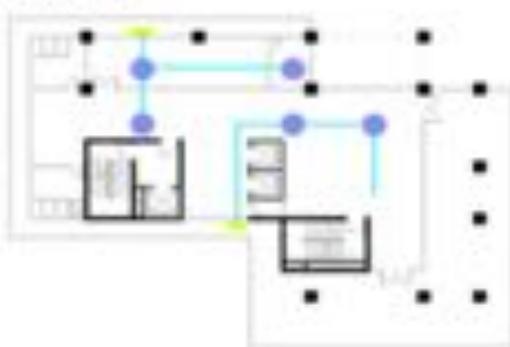
SISTEM PENGHAWAAN

Penghawaan Aktif

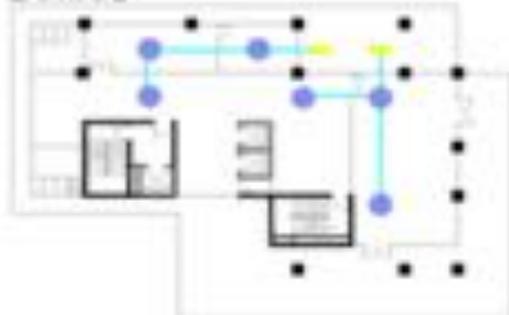
Lantai Podium : Menggunakan sistem AC Multisplit dengan 1 outdoor dan 3 indoor. Pada mesin AC indoor menggunakan sistem AC Ceiling Type.



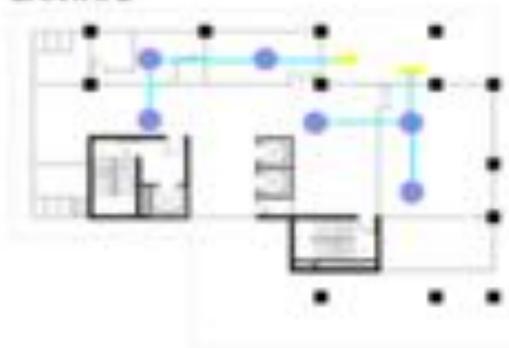
LANTAI 4



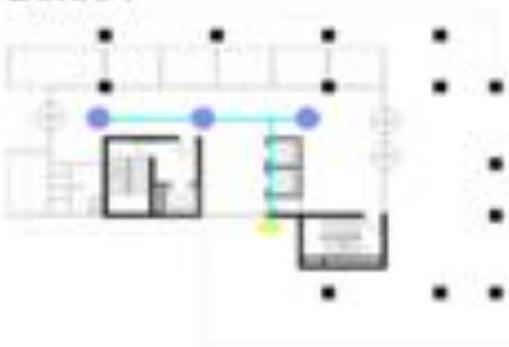
LANTAI 3



LANTAI 2



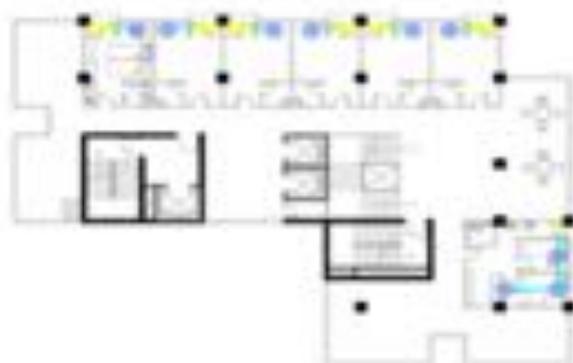
LANTAI 1



Lantai Tipikal : Menggunakan sistem AC Split 1 outdoor, 1 indoor pada kamar tipe 1 dan sistem Multisplit pada kamar tipe 2 yaitu 1 outdoor, 3 indoor AC.



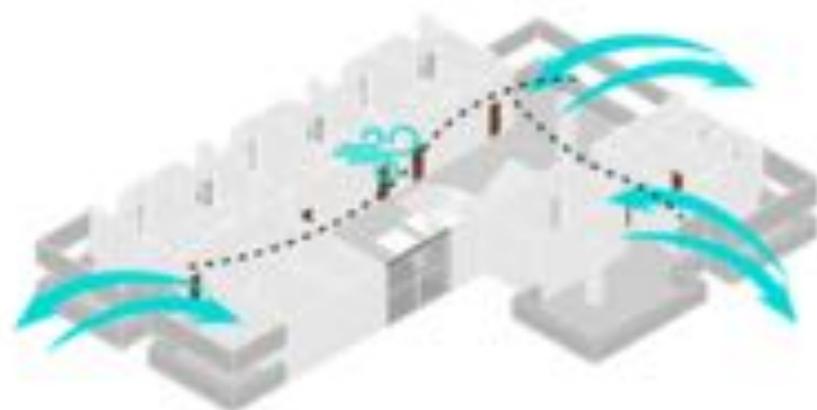
LANTAI TIPIKAL 5-6, 10-11



KETERANGAN :

- AC Indoor
- AC Outdoor
- Saluran AC

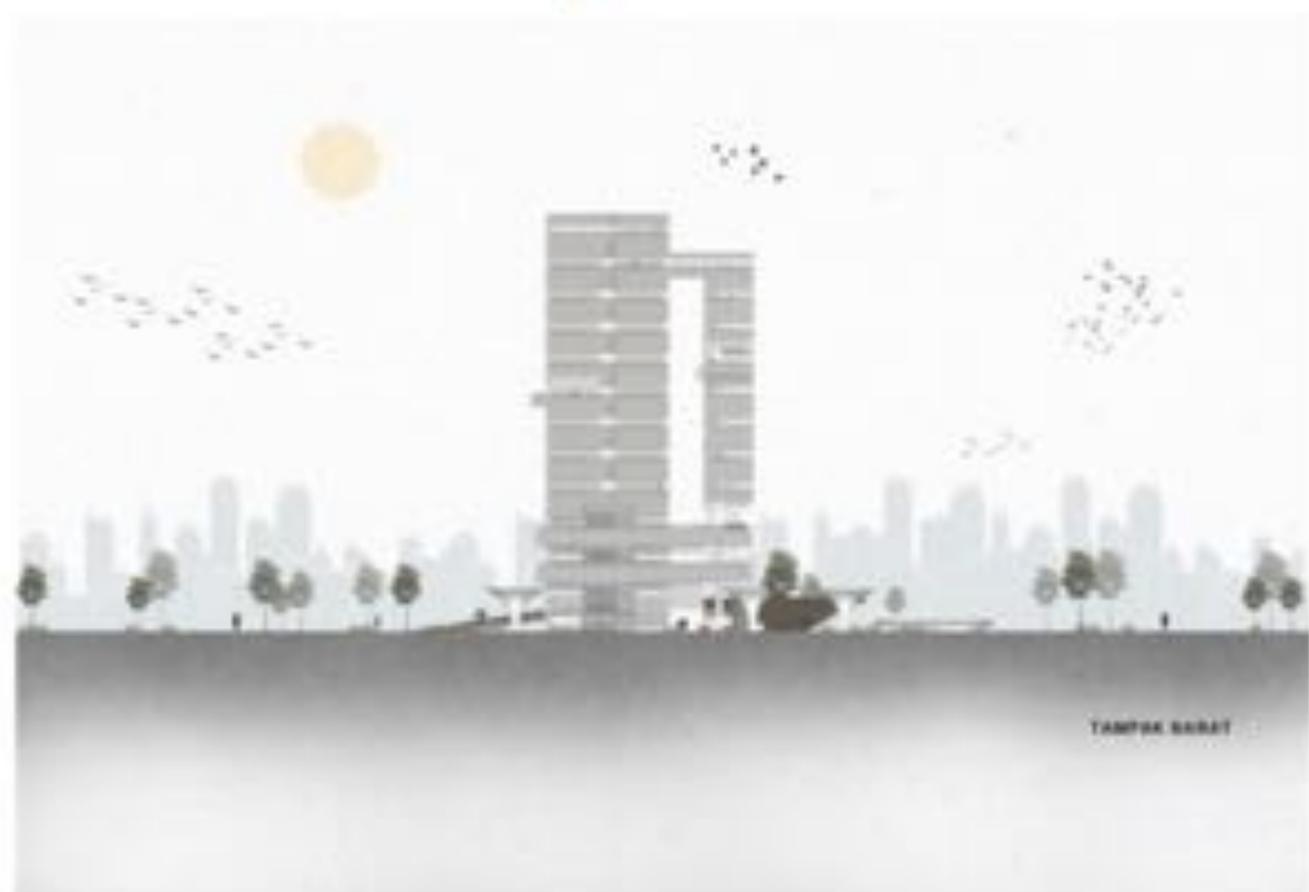
Pada lantai podium mesin AC Outdoor diletakkan pada balkon supaya tidak mengganggu fasad bangunan. Sedangkan pada lantai tipikal diletakkan di atas balkon. Penggunaan sistem AC Multisplit ini untuk lebih menghemat tempat bangunan karena memiliki 1 outdoor dan bisa akses untuk 3 indoor AC. Selain itu, mengurangi hawa panas akibat pembuangan angin.



Penghawaan Pasif

Pada penghawaan koridor lantai tipikal dibantu dengan adanya ventilasi udara untuk menerima dan mengeluarkan udara yang ada di dalam bangunan dan di luar bangunan. Penghawaan ini lebih terasa sejuk karena dibantu dengan balkon yang terdapat beberapa tanaman.

LANTAI TIPIKAL 5-6, 10-11



TAMPAK BARAT







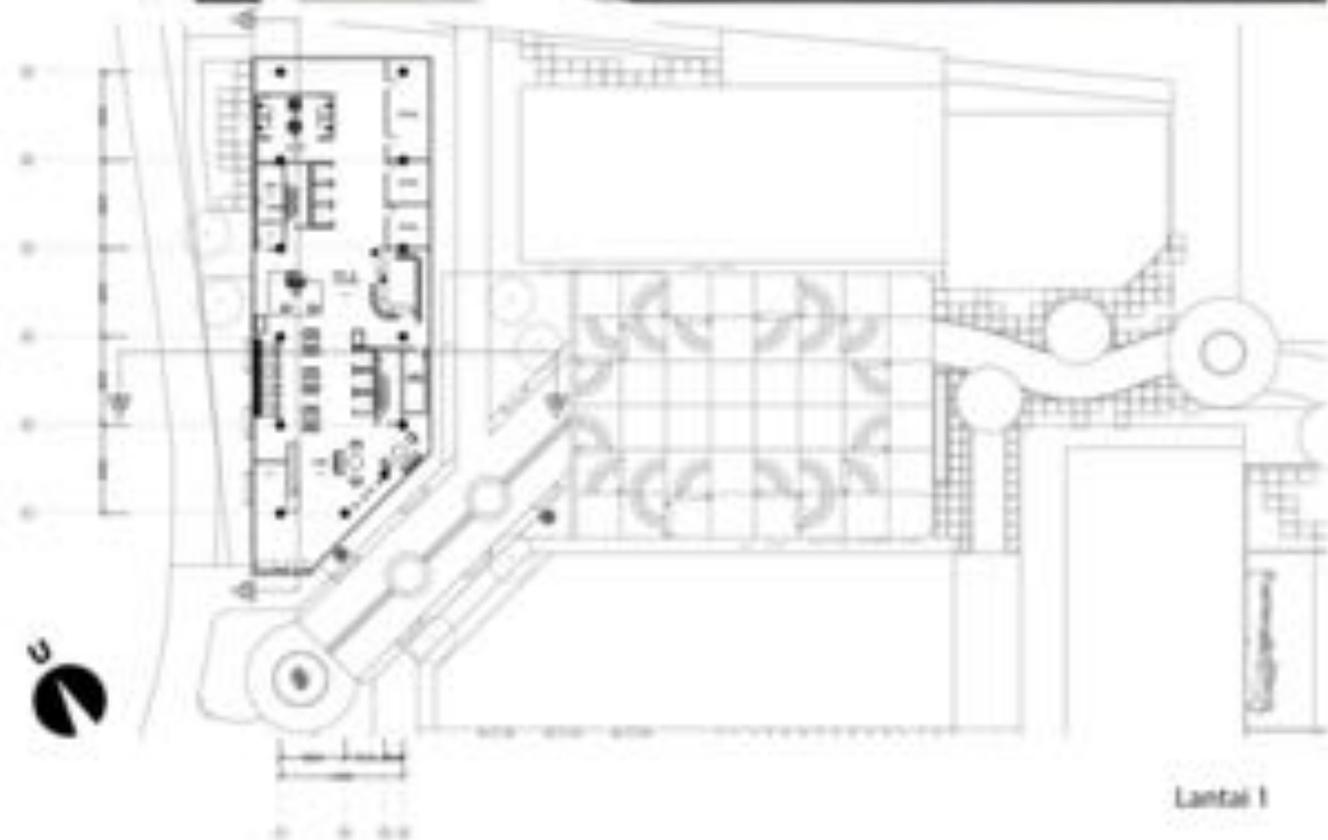
TERRACE OFFICE HUB

Kenneth Nathaniel



LEGENDA

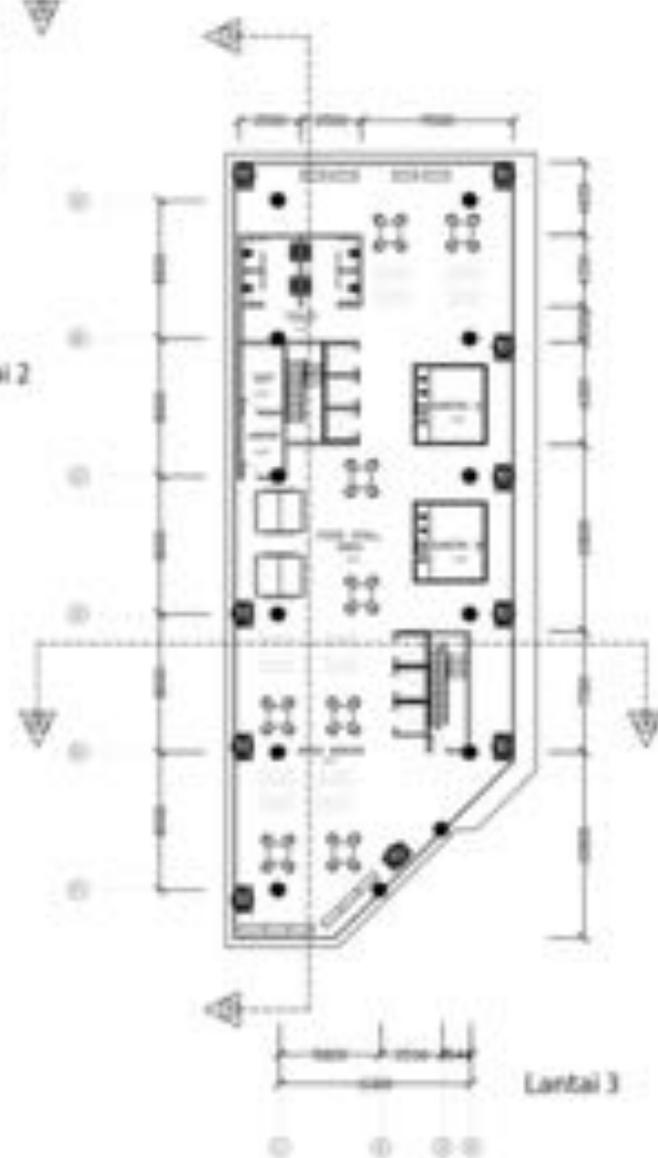
- 1. Tower Office
- 2. Tower Office
- 3. Tower Office
- 4. Tower Office
- 5. Parking Space
- 6. Area Landscape



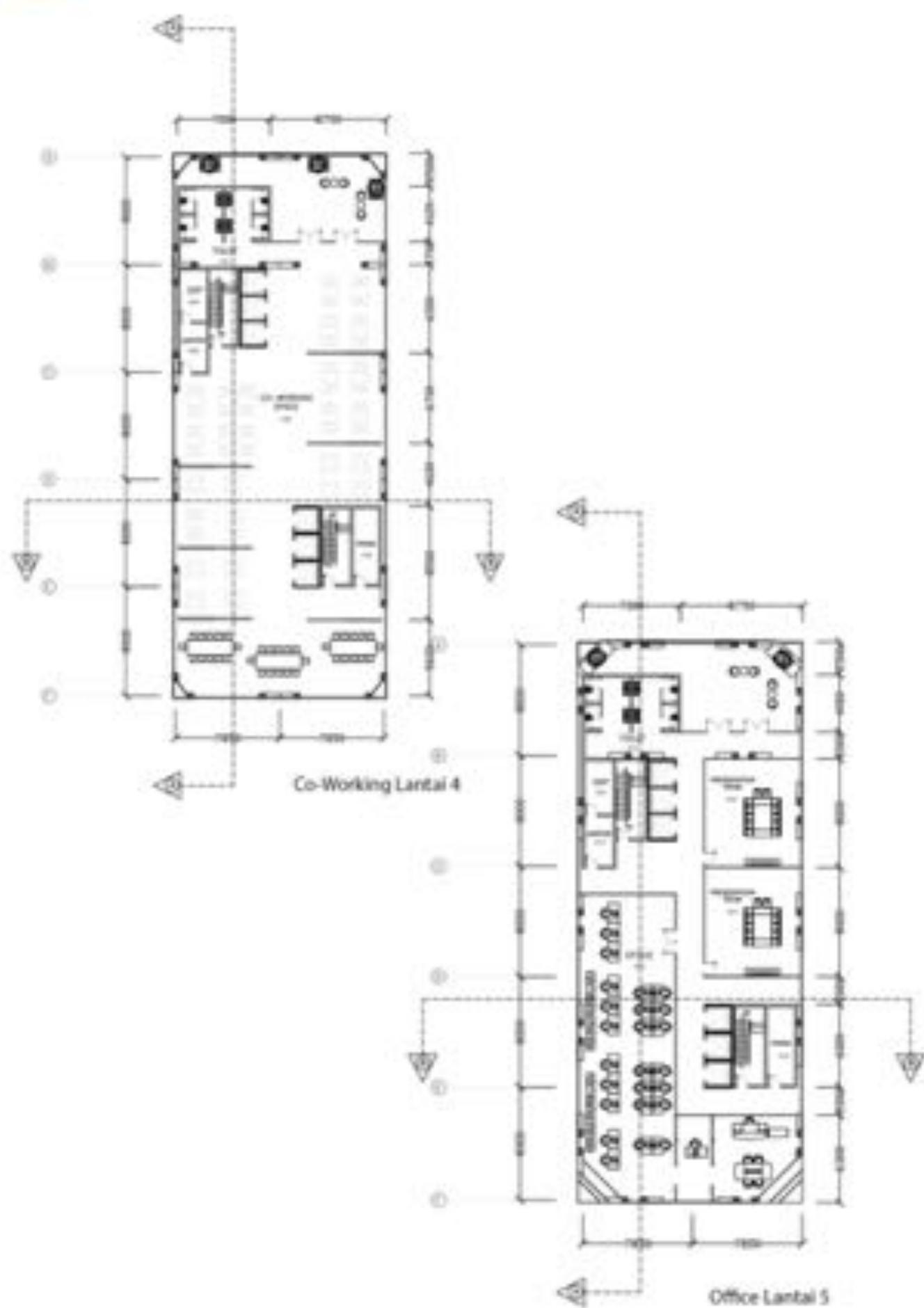
Lantai 1

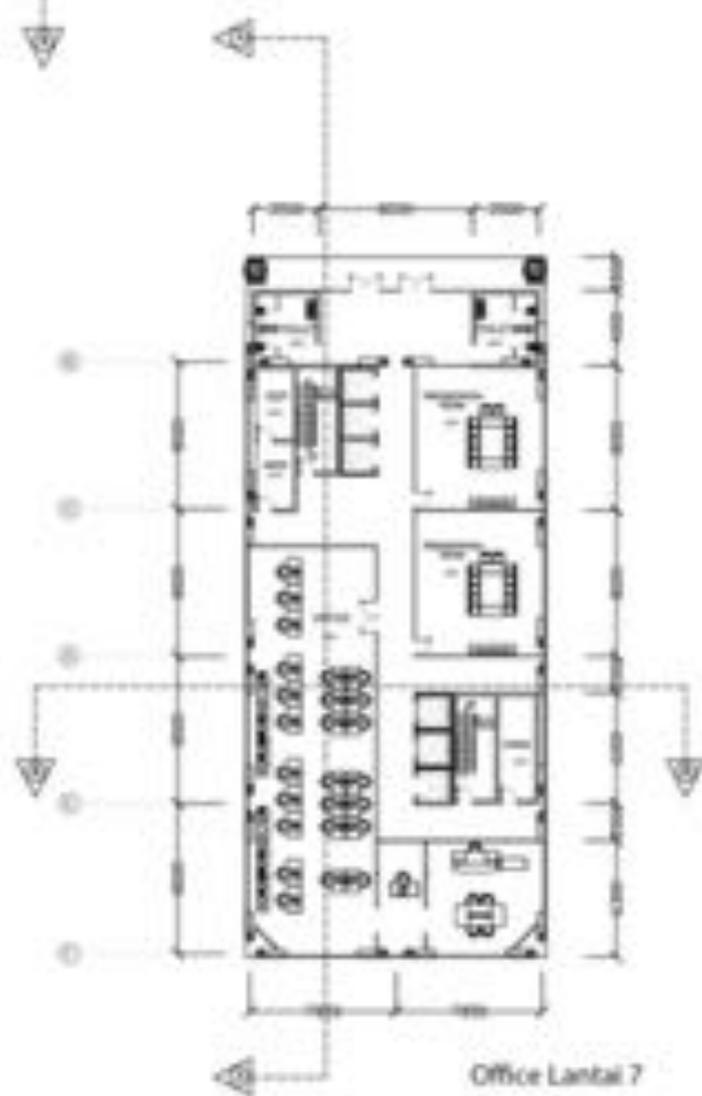


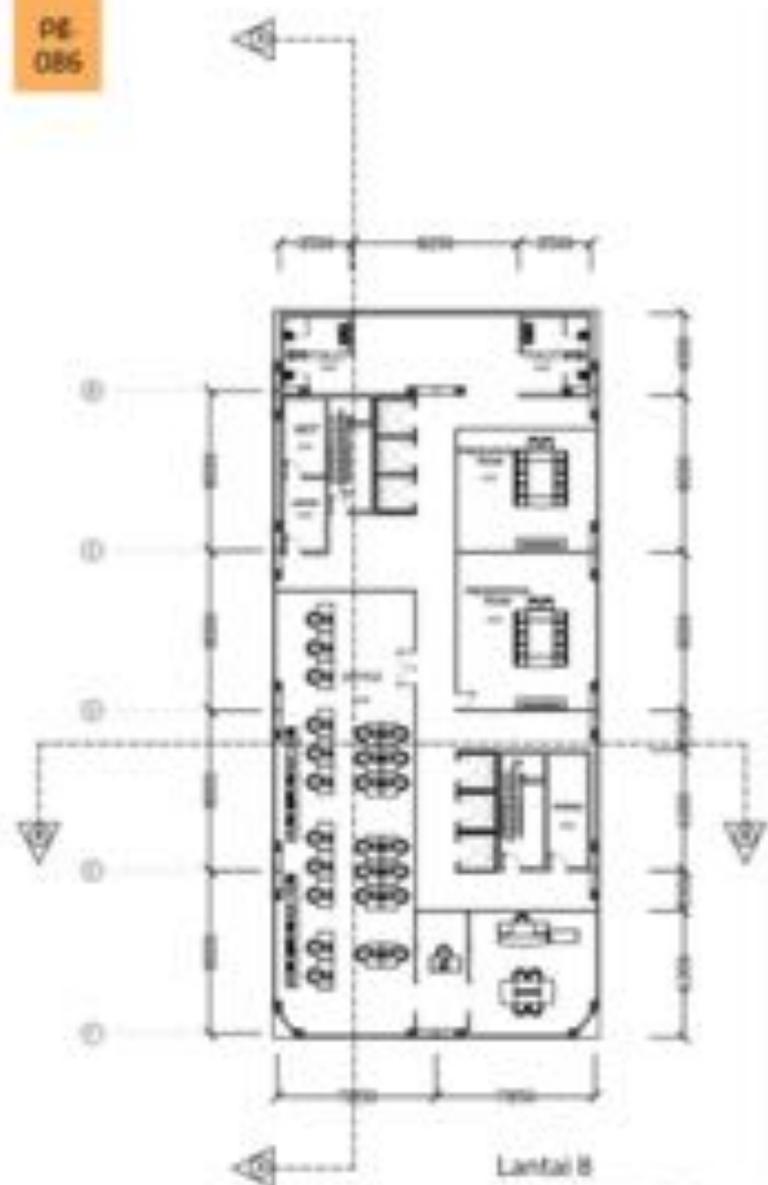
Lantai 2



Lantai 3







Potongan B-B







Analisis Konfigurasi

1. Bentuk : beraturan bila $b1 > 75\% b2$

1. Bentuk : beraturan bila

$$b1 = 40m$$



H Office = 21.45 m

H Podium = 15.86 m

$$b2 = 46.5m$$

$$40m > 46.5m \cdot 0.75$$

$$40m > 34.87m$$

Maka beraturan

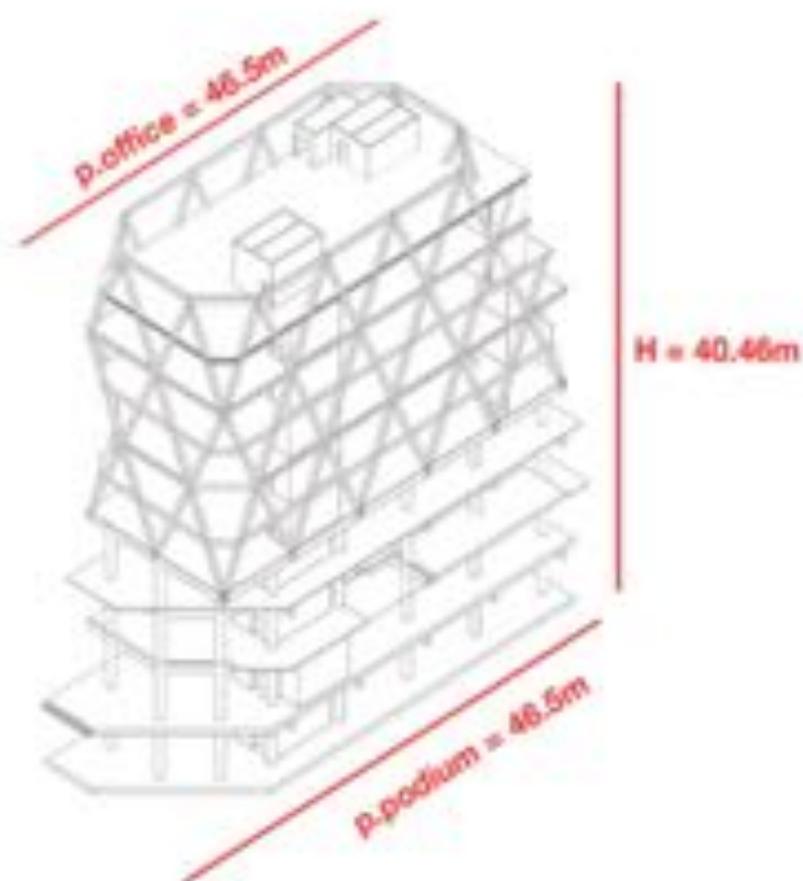
2. Dimensi dan Proporsi

H < atau = 10 lantai (40m)

P < atau = 50m

L < atau = 50m

Maka masih proporsional



3. Denah Podium

Proporsi Denah : L/D < atau = 5

Proporsi Potongan : H/D atau H/L < atau = 3-4

Dimensi dan Proporsi - Denah & Potongan Podium

Denah = 46.5m : 16m
= 2.9

Tidak terlalu langsing

Potongan = 14.78m : 16m
= 0.9

Tidak terlalu langsing



4. Denah Office

Dimensi dan Proporsi - Denah & Potongan Office

Denah = 40m : 16m
= 2.5

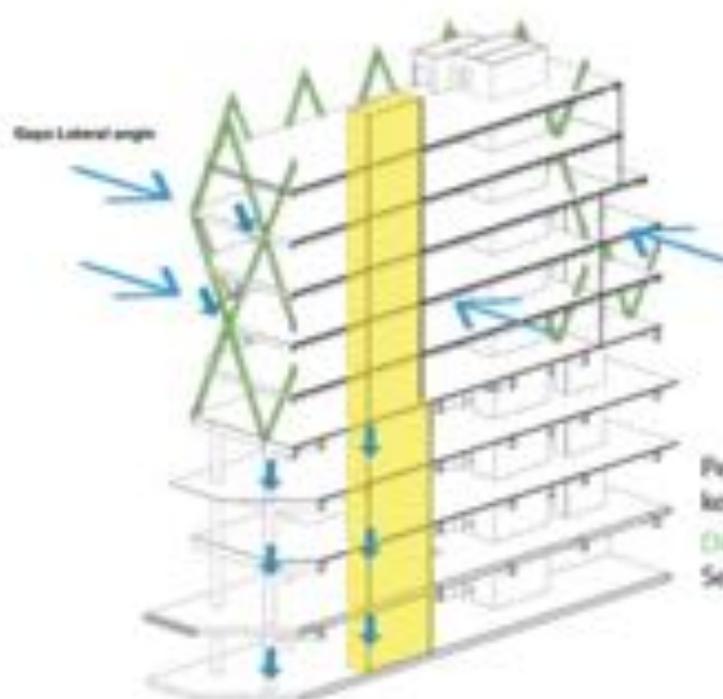
Tidak terlalu langsing

Potongan = 25m : 16m
= 1.5

Tidak terlalu langsing



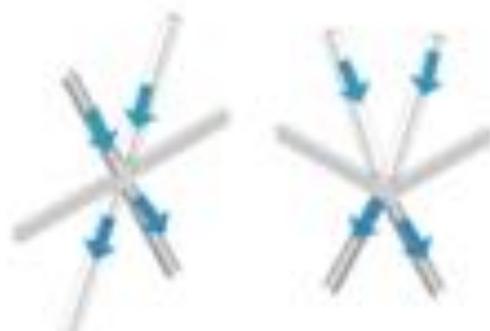
Permasalahan Torsi Akibat Lateral

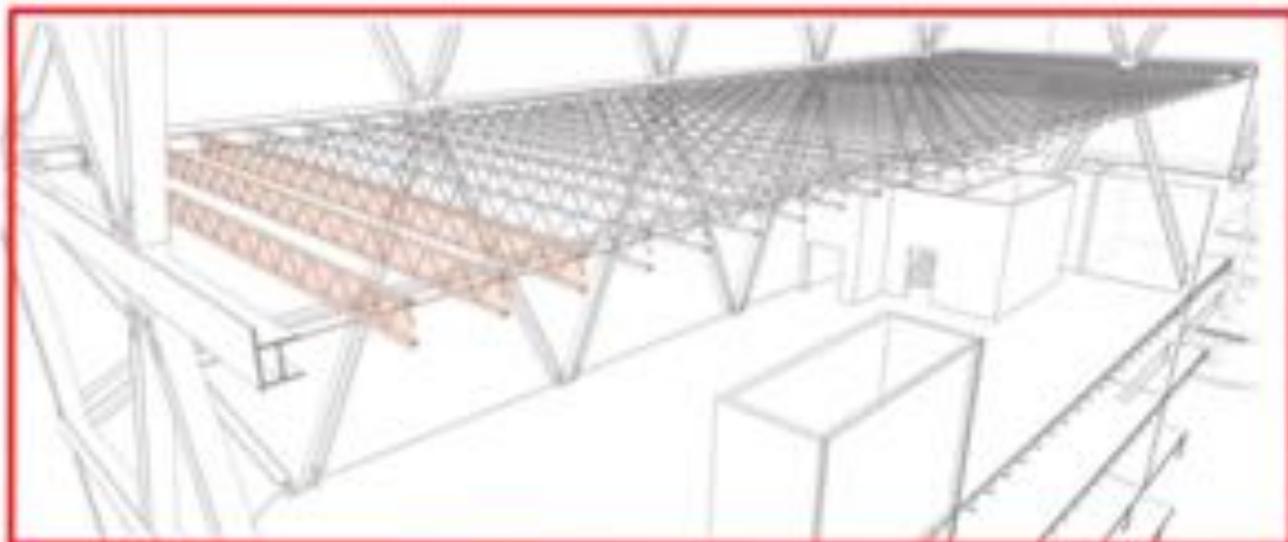


Permasalahan bangunan tingkat tinggi adalah kekakuan pada bagian atas akibat gaya lateral
Diagrid per Modul dengan bentangan 4m
Sehingga dari node(tengah) ke node berjarak 8m

Gaya lateral yang mengenai bangunan akan diterima oleh diagrid dan terjadi gerakan yang diteruskan menuju ke bawah, sehingga menerus dan sampai ke tanah.

Dalam hal ini gaya beban disalurkan dan dibagi merata melewati kolom balok dan juga core.

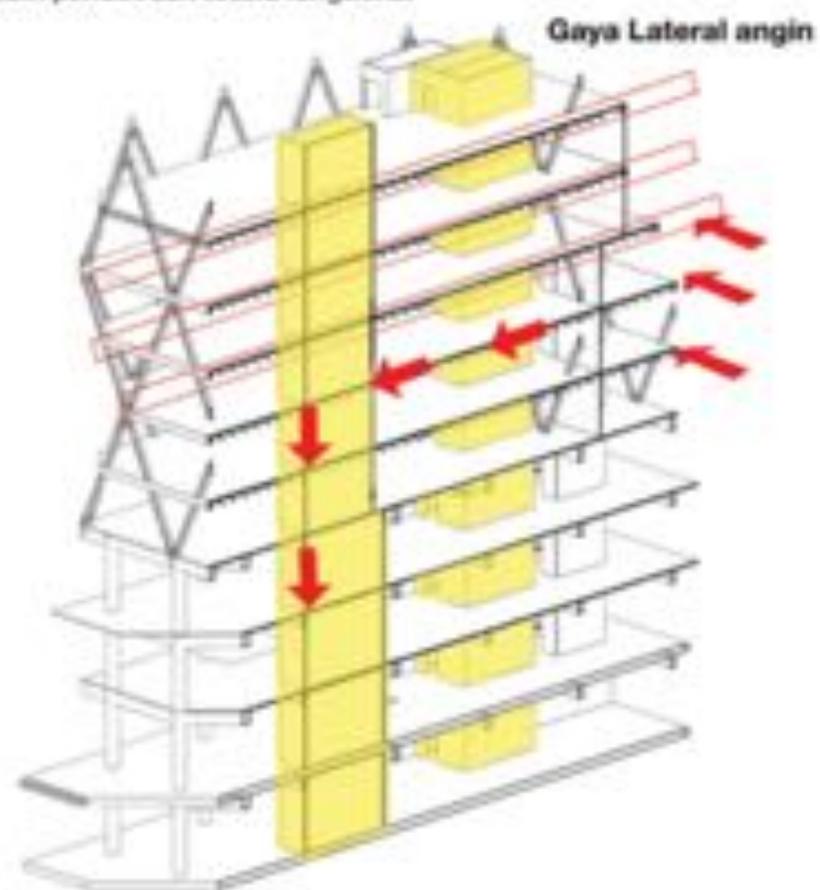
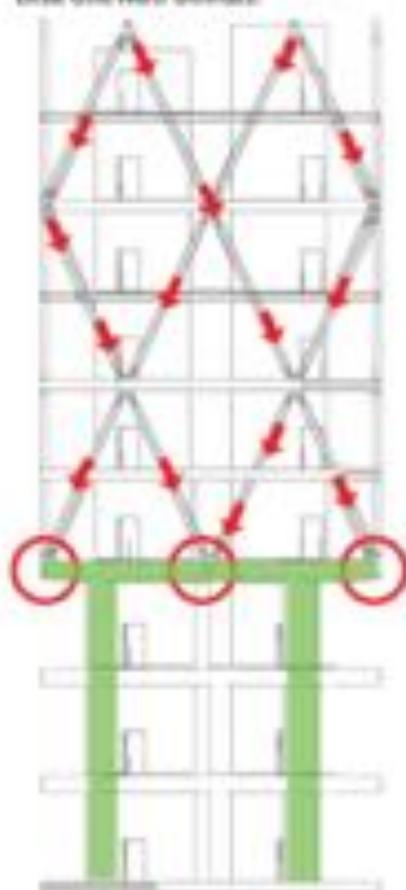




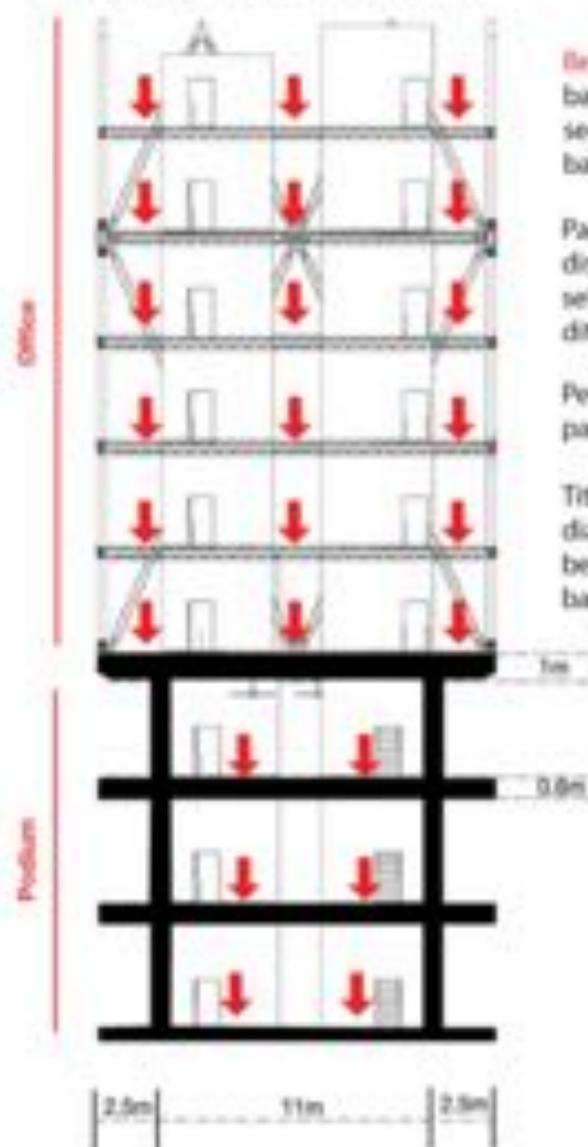
Merupakan struktural juga dikarenakan konsep menghindari kolom pada office, sehingga terdapat shear wall yang berperan sebagai pengaku dari gaya torsi

Juga sebagai penyalur gaya lateral dari balok Open Web Joist Steel agar lateral dapat tersalur menjadi vertikal ke bawah

Bentang tanpa kolom yang lebar bila memakai baja biasa akan mengakibatkan tinggi balok yang berlebihan, tidak efisien. Sehingga dengan Open Web Joist, tinggi akan lebih pendek dan secara fungsional bisa dilewati utilitas.



Permasalahan Gaya Vertikal



Beban gravitasi/vertikal office diterima oleh balok Open Web Joist pada bagian Office, sedangkan bagian podium diterima oleh kolom balok beton.

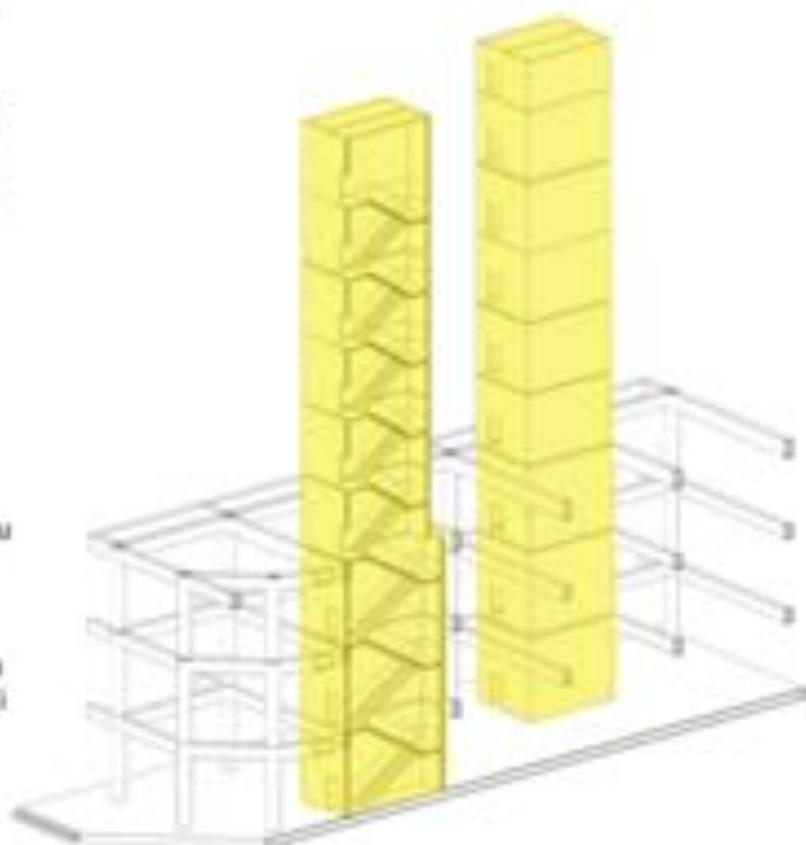
Pada Office, setelah diterima oleh Open Web Joist maka disalurkan menuju **kolom kuning** yang berperan sebagai kolom struktural. Pada bagian podium pun selain diterima oleh kolom balok juga disalurkan ke **kolom kuning**.

Penyaluran **Gaya Vertikal** dari diagrid menuju kolom balok pada bagian bawah.

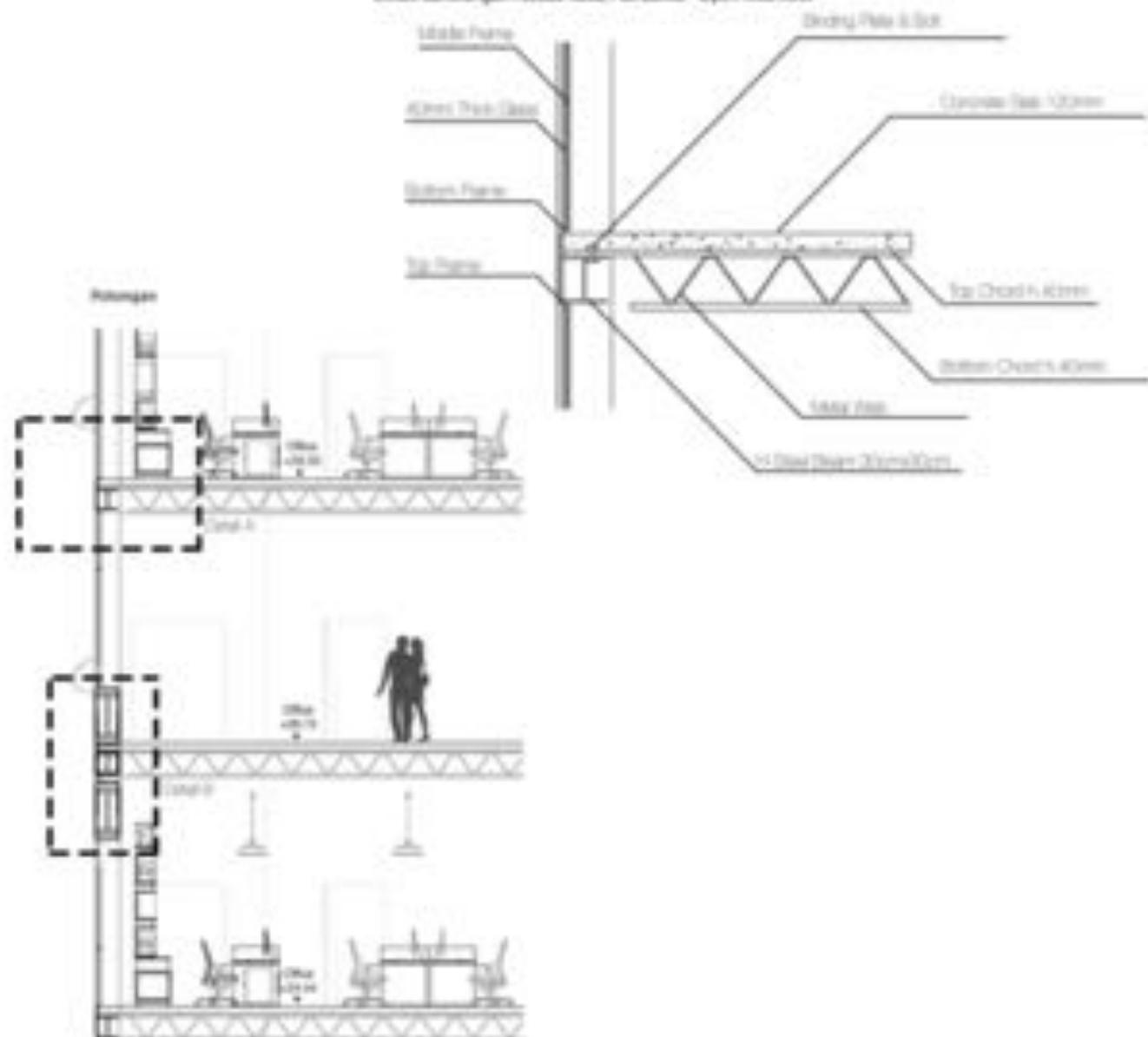
Titik penyaluran ada pada **3 lingkaran merah** dimana node diagrid terakhir tersambung dengan balok beton berukuran besar yaitu 1000mmx500mm, karena menerima beban vertikal banyak dari diagrid dan juga Open Web Joist.

kolom kuning pada core sangat berpengaruh dalam gaya vertikal ini karena banyak yang tersalurkan dari diagrid dan juga Open Web Joist menuju ke core dari bagian Office.

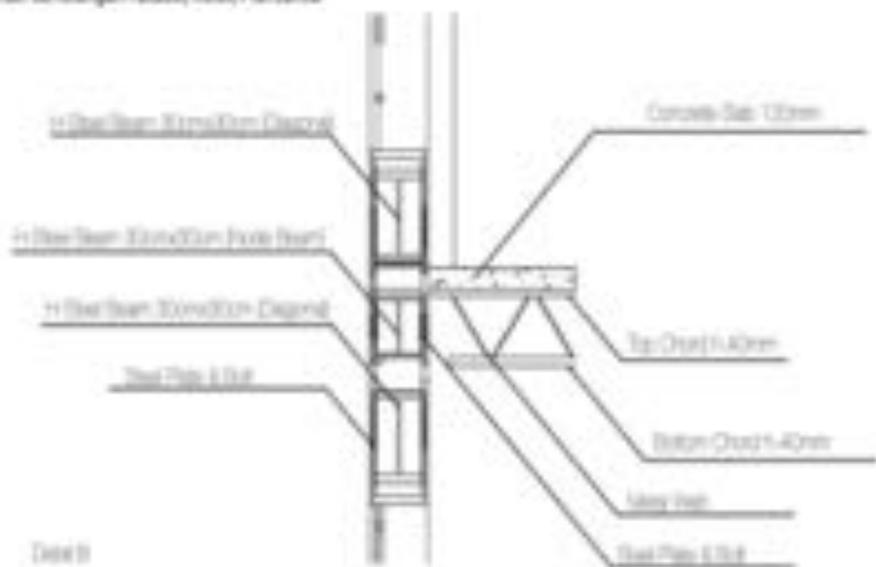
Karena **kolom kuning** juga kolom pada bagian podium juga terbantu mengatasi beban vertikal sehingga bisa mengecil menjadi d.60 (dari d.1m)



Detail Sambungan Fasadu Raca, Plat Lantai – Open Web Joist



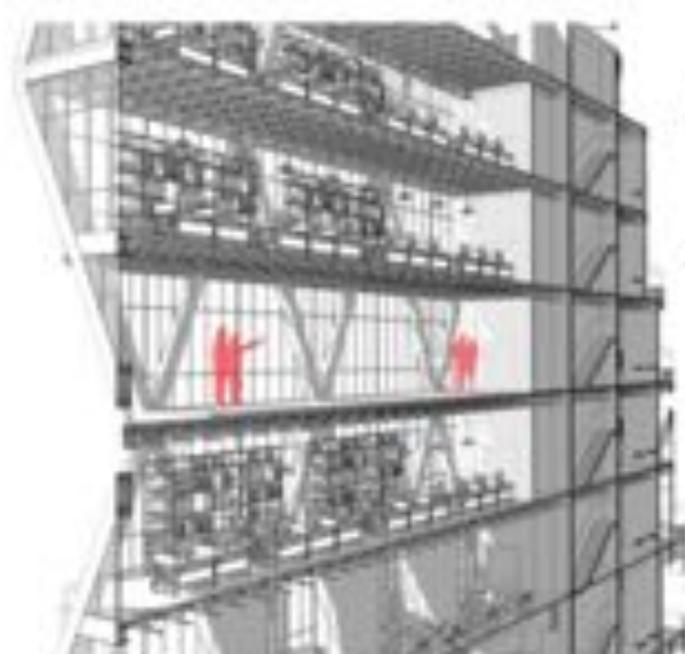
Detail Sambungan Fasadu, Nobi, Plat Lantai



Detail B



Tampak Fasad



Potongan Perspektif



Denah







ISBN 978-602-5446-27-8



PETRA PRESS