

BAB IV

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORITIS

4.1. Tinjauan Pustaka mengenai Target Studi

Untuk mencapai target pengurangan penggunaan energi, kenyamanan termal, penghawaan dan visual, serta memaksimalkan pertumbuhan tanaman, maka perencanaan Perkampungan Modern dan Fasilitas Pertanian Urban di *Civic Center Aerotropolis YIA* memerlukan teori tentang arsitektur bioklimatik, tata cahaya, tata udara.

4.1.1. Arsitektur Bioklimatik

Bioklimatik adalah ilmu yang mempelajari antara hubungan iklim dan kehidupan, terutama efek iklim pada kesehatan dan aktivitas sehari-hari (Yeang, 1994). Arsitektur bioklimatik adalah penyelesaian desain yang menitikberatkan pada hubungan antara bentuk arsitektur dengan bentuk lingkungannya dan iklim sekitarnya sehingga menghasilkan bentuk yang dipengaruhi oleh keadaan setempat. Arsitektur bioklimatik merupakan pendekatan modern yang berhubungan dengan alam dan lingkungan dengan prinsip utama yang tidak hanya menitikberatkan pada keefisienannya saja, namun juga ketenangan, keselarasan, kebijaksanaan, dan kekuatan bangunan.

Penggunaan pendekatan arsitektur bioklimatis berdampak pada efisiensi energi karena bangunan didesain untuk menghadirkan ruang ruang yang nyaman dengan memaksimalkan penghawaan dan pencahayaan alami.

Bentuk arsitektur dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tapak. Arsitektur bioklimatik harus meminimalkan penggunaan energi yang tidak dapat diperbarui dengan memanfaatkan secara maksimal potensi yang ada. Penghematan energi diterapkan melalui bentuk bangunan penempatan bangunan serta pemilihan material bangunan.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari pendekatan arsitektur bioklimatik dalam upaya pengendalian iklim. maka dalam merancang perlu memperhatikan keuntungan matahari, meminimalkan perlakuan aliran panas, meminimalkan perluasan bidang bukaan terhadap matahari, memperhatikan ventilasi udara, serta memperhatikan penguapan pendinginan dan sistem atap.

Menurut Kenneth Yeang, terdapat unsur-unsur perancangan bioklimatik pada bangunan yaitu:

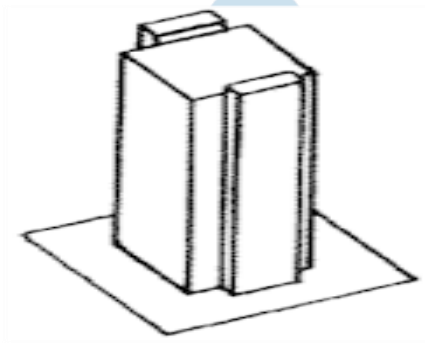
- Sirkulasi vertikal
 - Tangga, eskalator, elevator, dan *dumb waiters* berada pada inti bangunan.
 - Sirkulasi vertikal dalam inti bangunan berfungsi untuk:
 1. Kekakuan struktural
 2. Pelindung matahari
 3. Pelindung angin
 4. *Emergency refuge zone*
 5. Sirkulasi penghubung antar-lantai.

Peletakan inti bangunan bioklimatik harus pada sisi bangunan.

Penempatan inti bangunan pada sisi bangunan bertujuan untuk:

Memastikan cahaya alami masuk pada inti bangunan

1. Inti bangunan dapat berfungsi sebagai pelindung ruang-ruang penting dari paparan panas matahari
2. Bangunan tidak memerlukan *ducting* khusus untuk pemadam kebakaran
3. Inti bangunan yang terdapat lift didalamnya dapat menggunakan sistem *lobby elevator* sehingga penumpang *elevator* memiliki pemandangan keluar bangunan. (Gambar 39)



Gambar 39. Penempatan inti bangunan pada kedua sisi yang terpapar matahari

Sumber: *Bioclimatic Skyscraper*. 1994

- Orientasi bangunan dan bukaan

Bangunan tingkat tinggi mendapatkan penyinaran matahari dan radiasi panas secara penuh. Orientasi bangunan sangat penting untuk menciptakan konservasi energi. Secara umum, susunan bangunan dengan bukaan menghadap utara dan selatan memberikan kelebihan untuk mengurangi masuknya panas kedalam bangunan. Orientasi bangunan yang terbaik adalah meletakkan luas permukaan bangunan terkecil menghadap timur–barat memberikan dinding eksternal pada luar ruangan atau pada selasar terbuka. (Gambar 40) Kemudian untuk daerah tropis peletakan inti bangunan lebih disenangi pada poros timur-barat. Dengan menerapkan hal tersebut, maka bangunan dapat mengurangi penggunaan listrik untuk pencahayaan dalam ruang dan penggunaan pengkondisi udara.



Gambar 40. Orientasi bangunan terhadap alur pergerakan matahari

Sumber: *Bioclimatic Skyscraper*. 1994

Bukaan jendela harus sebaiknya menghadap utara dan selatan sangat penting untuk mendapatkan orientasi pandangan. Jika memperhatikan alasan estetika, *curtain wall* bisa digunakan pada fasad bangunan yang tidak menghadap matahari.

Perancangan bukaan menggunakan kaca jendela yang sejajar dengan dinding luar dengan menggunakan kaca dengan *sistem Metrical Bioclimatic Window (MBW)*. *MBW* didesain sebagai sistem elemen dengan fungsi yang dikhususkan untuk ventilasi, perlindungan surya, penerangan alami, area visualisasi. Sistem *MBW* dipilih dan disesuaikan dengan perkembangan zaman. Sistem ini bermaksud mengatur kondisi ternal ruangan dengan menggunakan maksud bioklimatik yaitu penurunan perolehan panas oleh radiasi surya, dan

kontrol perolehan panas oleh konveksi dan penggunaan ventilasi silang ataupun dengan pemilihan cerobong asap. Dengan penggunaan teknik tersebut, maka pencahayaan lebih maksimal dan udara pada malam hari dapat menjadi lebih sejuk.

- Lasekap vertikal

Lantai dasar bangunan tropis didesain lebih terbuka keluar dan menggunakan ventilasi yang alami karena hubungan lantai dasar dengan jalan juga penting. Fungsi atrium dalam ruangan pada lantai dasar dapat mengurangi tingkat kepadatan jalan. Tumbuhan dan lanskap digunakan tidak hanya untuk kepentingan ekologis dan estetika semata, tetapi juga membuat bangunan menjadi lebih sejuk.

Pada arsitektur bioklimatik, penataan lanskap secara vertikal pada bangunan sering digunakan pada bangunan karya Kenneth Yeang. Penggunaan lanskap vertikal dilakukan karena memiliki keuntungan antara lain:

1. Memperlunak fasad bangunan
2. Menambahkan nilai estetika pada bangunan
3. Tanaman dapat melindungi bangunan dari radiasi matahari
4. Tanaman dapat menyerap karbon monoksida dan karbon dioksida dari polusi di lingkungan sekitar bangunan
5. Tanaman menghasilkan oksigen dari fotosintesis
6. Memberikan efek dingin pada bangunan dan membantu proses penyerapan O₂ dan pelepasan CO₂.
7. Membatasi pandangan pada *sky court*.

- Penggunaan Balkon

Penggunaan balkon pada bangunan akan membuat area pada bangunan menjadi terbayang oleh balkon balkon di atasnya. Karena adanya teras – teras yang lebar akan mudah membuat taman dan menanam tanaman yang dapat dijadikan pembayang sinar yang alami, dan sebagai daerah fleksibel akan mudah untuk menambah fasilitas – fasilitas yang akan tercipta dimasa yang akan datang.

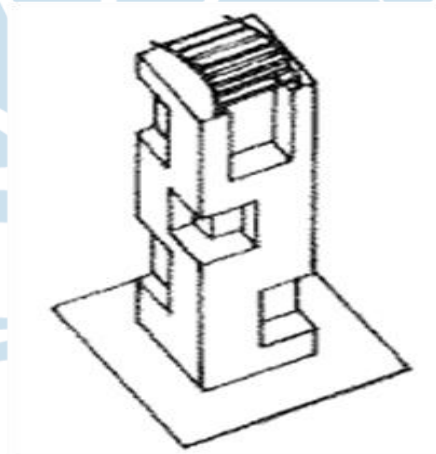
Penempatan teras pada bagian dengan tingkat panas yang tinggi dapat mengurangi penggunaan panel – panel *secondary skin* anti panas. Hal ini dapat

memberikan akses ke teras yang dapat juga digunakan sebagai area evakuasi jika terjadi bencana seperti kebakaran.

- Ruang Transisional

Ruang transisional dapat diletakkan ditengah dan sekeliling sisi bangunan sebagai ruang udara dan atrium. Ruang ini dapat menjadi ruang perantaraan antara ruang dalam dan ruang luar bangunan. Ruang ini bisa dimanfaatkan menjadi koridor.

Atrium sebaiknya tertutup, tetapi diletakkan diantara ruangan. Puncak bangunan sebaiknya dilindungi oleh sirip – sirip atap yang mendorong angin masuk kedalam bangunan. (Gambar 41) Hal ini juga bisa di desain sebagai fungsi Wind scoops untuk mengendalikan pengudaraan alami yang masuk kedalam bagian gedung.



Gambar 41. Ruang transisional pada bangunan.

Sumber: Bioclimatic Skyscraper. 1994

- Ventilasi udara

Pada arsitektur bioklimatik, bangunan diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan ventilasi udara, terutama pada area lobi, elevator, tangga, dan toilet. Penggunaan ventilasi alami pada bangunan memiliki keuntungan antara lain:

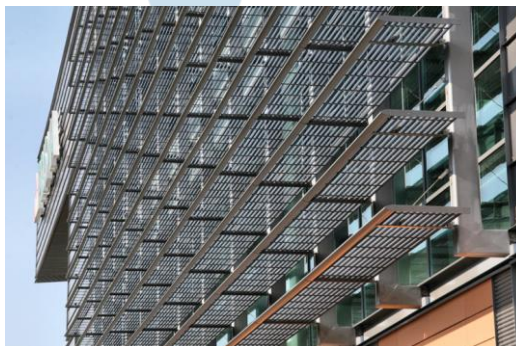
1. Menambahkan kenyamanan, terutama ketika kelembaban udara sedang pada level yang tinggi
2. Menyediakan oksigen yang cukup pada ruangan

3. Memberikan pemandangan visual yang baik bagi pengguna bangunan
 4. Menghemat energi dengan berkurangnya penggunaan penghawaan buatan
- Dinding pelingkup bangunan

Pada arsitektur bioklimatik, dinding sebagai pelingkup memiliki peran penting dalam mendukung suksesnya pendekatan arsitektur bioklimatik pada bangunan. Dinding luar bangunan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Meminimalkan kondensasi dan penembusan udara
 2. Dinding bangunan sebagai kulit bangunan harus dapat mengurangi pemakaian energi pada bangunan
 3. Dilengkapi dengan peralatan pembersih jendela otomatis
 4. Dapat mengakomodasi pergerakan bangunan
 5. Meminimalkan beban pada struktur bangunan
 6. Meminimalkan perlengkapan perawatan bangunan
 7. Menyediakan pemilihan warna, tekstur dan finishing
- Pembayaran Pasif

Pembayang sinar matahari adalah esensi pembiasan sinar matahari pada dinding yang menghadap matahari secara langsung. Pembayaran dapat menggunakan *shading* pada dinding sisi yang terpapar sinar matahari secara langsung. Penerapan ventilasi silang digunakan untuk meningkatkan udara segar dan mengalirkan udara panas keluar.



Gambar 42. Sun shading pada bangunan

Sumber: alupro.com. Diakses tanggal 5 April 2020

- Mekanikal dan elektrik

Mekanikal dan elektrik pada bangunan meliputi pengkondisi udara, sistem ventilasi, pemanasan, penyediaan air, listrik, pencahayaan buatan, telekomunikasi, sanitasi, dan jaringan komputer. Arsitektur bioklimatik memiliki peranan untuk mengurangi penggunaan mekanikal dan elektrik tersebut. Untuk mengurangi penggunaan energi pada bangunan, diperlukan sistem *passive low energy* pada bangunan. Mekanikal dan elektrik harus ekonomis untuk dibangun dan dioperasikan, efisien dan meminimalkan penggunaan konstruksi dan selama bangunan beroperasi. Mekanikal dan elektrik harus dapat meningkatkan kenyamanan penghuni dari segi termal, akustika, dan pencahayaan. Mekanikal elektrik dirancang sedemikian rupa sehingga menggunakan sedikit ruang pada bangunan. Mekanikal dan elektrik harus menggunakan material yang bebas CFC, tidak berisik dan tidak menghasilkan polusi. (Yeang, 1994)

4.1.2. Tata Cahaya

Pencahayaan alami adalah sistem pencahayaan yang memanfaatkan cahaya alami, khususnya matahari sebagai sumber cahaya. Cahaya matahari memiliki cahaya yang kuat, namun bervariasi menurut jam, musim dan lokasi.

Penggunaan cahaya alami dalam bangunan memiliki manfaat antara lain:

- Meningkatkan semangat kerja karena cahaya matahari yang masuk kedalam ruang memberikan kesan hangat, meningkatkan keceriaan dan meningkatkan semangat dalam ruang. (Bean, 2004)
- Sebagai penanda waktu biologis dan psikologis manusia, sebab pada ruang tertutup dan tanpa cahaya alami, manusia akan mengalami kekacauan orientasi waktu disorientasi, dan terkucilkan dari perubahan kondisi sekitar. (Pilatowicz, 1995)
- Cahaya matahari dibutuhkan untuk membantu pertumbuhan manusia dan membantu proses fotosintesis tanaman. Kekurangan cahaya dapat menyebabkan rasa depresi dan stress.

Cahaya alami yang masuk kedalam bangunan membuat manusia memiliki interaksi dengan ruang luar. Cahaya matahari yang masuk kedalam bangunan memberikan kesan interaktif dan menarik pada ruang. Untuk mendapatkan desain

pencahayaannya yang baik, diperlukan standar penerangan ruangan. Standar penerangan pada ruang digunakan untuk memberikan kenyamanan visual bagi pengguna bangunan.

Kenyamanan visual adalah kebutuhan manusia akan tingkat penerangan yang baik didalam sebuah ruang. Pencahayaannya yang baik harus dapat memenuhi kebutuhan pencahayaannya sesuai dengan kegiatan yang dilakukan dalam ruang tersebut.

Untuk memenuhi kenyamanan visual dalam sebuah ruangan, telah disusun pengaturan intensitas cahaya yang sesuai dengan kegiatan. Berikut adalah standar intensitas cahaya yang diatur dalam SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaannya. (SNI)

Tabel 7. Tingkat Pencahayaannya Ruang

Sumber: SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaannya, 2000

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencayaan (Lux)	Temperatur Warna		
		Warm White	Cool White	Daylight
Teras	60			
Ruang Tamu	120-150			
Ruang Makan	120-250			
Ruang Kerja				
Kamar Tidur	120-250			
Kamar Mandi	250			
Dapur	250			
Garasi	60			

4.1.3. Cahaya Sebagai Faktor Tumbuh

Radiasi matahari terdiri dari spectra ultraungu (panjang gelombang $< 0,38 \text{ m}$ yang berpengaruh merusak karena daya bakarnya sangat tinggi, spectra *photosynthetically active radiation* (PAR) yang berperan membangkitkan proses fotosintesis dan spectra infra merah ($> 0,74 \text{ m}$) yang merupakan pengatur suhu udara.

Pertumbuhan tanaman dapat dipertahankan keberlangsungannya karena adanya radiasi matahari, khususnya *Photosynthetically Active Radiation (PAR)*, yaitu panjang gelombang radiasi yang dipergunakan di dalam proses fotosintesis (panjang gelombang antara 380 dan 720 nm). Tanaman dapat beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan cahaya, dari kondisi sangat gelap di bawah kanopi ekosistem hutan sampai kondisi sangat terang di daerah gurun pasir dan puncak pegunungan. Pada kondisi lingkungan cahaya yang rendah, tanaman harus dapat menyerap cahaya dengan cukup untuk dapat tetap hidup. Untuk dapat melakukan hal ini, mereka harus memaksimumkan terhadap jumlah cahaya yang diserap. Sebaliknya, pada kondisi lingkungan cahaya yang tinggi, selain tanaman harus memaksimumkan kapasitas penggunaan cahaya, mereka juga harus mempunyai kemampuan menangani kelebihan cahaya ketika cahaya matahari yang mereka terima lebih besar dari kapasitas fotosintesisnya. Sebagai akibat dari tekanan lingkungan ini tanaman mempunyai beberapa mekanisme untuk dapat mengoptimalkan intersepsi, penyerapan, dan penggunaan cahaya, berdasarkan lingkungan cahaya dimana mereka tumbuh dan berkembang. (Utami, 2018)

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh jenis spektrum dalam radiasi matahari yang secara spesifik dapat dilihat dalam tabel 8

Tabel 8. Pengaruh Spektrum Radiasi Matahari Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Sumber: *Climate and Agriculture*, 1976

Nomor Pita	Nama Spektrum	Panjang Gelombang (Micron)	Pengaruh Pada Tumbuhan
I	Infra Merah	>1.00	-Diserap dan diubah tumbuhan menjadi panas sensible. -Tidak mempengaruhi proses biokimia
II	Merah Jauh	0.72 –1.00	-Pemanjangan batang dan organ lainnya. -Mempengaruhi fotoperiodisme, perkecambahan,

			pembungaan dan pewarnaan buah.
III	Merah	0.61 –0.72	-Sebagian besar diserap klorofil untuk fotosintesis -Mempengaruhi fotoperiodisme
IV	Hijau dan Kuning	0.51-0.61	-Pengaruhnya lemah terhadap fotosintesis maupun aktivitas pembentukan sel.
V	Biru	0.41-0.51	-Spektrum yang terkuatpenyerapannya oleh klorofil -Terkuat pengaruhnya pada fotosintesis dan pembentukan organ, khususnya pada spectrum violet-datar biru
VI	Ultraungu	0.315-0.41	-Mempengaruhi pembentukan organ daun menjadi lebih sempit dan teba
VII	Ultraungu	0.280-0.315	Merusak sel tumbuhan
VIII	Ultraungu	<0.280	-Mematikan sel tumuhan dengan cepat -Membunuh Jasad Renik

Berdasarkan tabel 8 dapat disimpulkan bahwa spektrum cahaya matahari yang memiliki pengaruh baik dalam pertumbuhan tanaman adalah merah jauh, merah dan biru. (Chang, 1976)

4.1.4. Suhu Dan Kelembaban

Suhu adalah ukuran relatifitas dari kondisi setimbang yang dimiliki oleh benda. Variasi suhu yang ada di Indonesia dipengaruhi oleh ketinggian suatu tempat. Suhu akan turun 0,6 derajat celcius setiap kenaikan elevasi seratus meter. Suhu tertinggi di Indonesia terjadi pada bulan Oktober dan suhu terendah di Indonesia terjadi pada bulan Agustus.

Kelembaban udara adalah ukuran kandungan uap air yang ada di udara. Kelembaban dipengaruhi oleh suhu udara yang mempengaruhi penampungan air di udara. Indonesia berada pada daerah tropis sehingga memiliki kandungan air tinggi dalam udara karena semakin tinggi suhu udara, maka semakin besar kapasitas penampungan uap air dalam setiap satuan volume udara. (Zulfa, 2017)

4.1.5. Kenyamanan Termal Pada Bangunan

Kenyamanan termal dibutuhkan oleh manusia untuk dapat beraktivitas dengan baik. Kenyamanan termal bergantung pada variabel iklim mencakup radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin (Koenigsberger, 1974). Menurut Georg Lippsmeier, batas kenyamanan termal berbeda-beda, tergantung pada lokasi geografis dan subjek manusia.

Tabel 9. Batas Kenyamanan Termal Manusia di Beberapa Lokasi

Sumber: Indonesia Green Technology Journal 2012

No.	Lokasi	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan Termal(° C)
1	Amerika Serikat (30°LU)	Amerika Serikat	20.5-24.5
2	Calcuta (22° LU)	India	20-24.5
3	Singapura	Malaysia-Cina	25-27
4	Jakarta(6°LS)	Indonesia	20-26

Pada suhu 26°C manusia sudah mulai mengeluarkan keringat, dan daya tahan tubuh manusia mulai menurun pada suhu ruang 26°C - 30°C. Kondisi ruang mulai sulit

digunakan untuk beraktivitas secara nyaman pada suhu 33.5°C – 35.5°C . sedangkan pada suhu 35°C - 36°C , kondisi ruang sudah tidak dapat ditolerir lagi. Prouktivitas manusia pada suhu rendah dan suhu tinggi cenderung menurun, dan menjadi optimal pada suhu yang nyaman.

Menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung, kenyamanan termal untuk orang Indonesia dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

Tabel 10. Kenyamanan termal untuk orang Indonesia

Sumber: Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan, 2005

Kategori	Temperatur Efektif ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembaban (RH)
Sejuk Nyaman	$20,5^{\circ}\text{C}$ – $22,8^{\circ}\text{C}$	50%
Ambang Atas	24°C	80%
Nyaman Optimal	$22,8^{\circ}\text{C}$ – $25,8^{\circ}\text{C}$	70%
Ambang Atas	28°C	70%
Hangat Nyaman	$25,8^{\circ}\text{C}$ – $27,1^{\circ}\text{C}$	60%
Ambang Atas	31°C	60%

4.1.6. Tata Udara

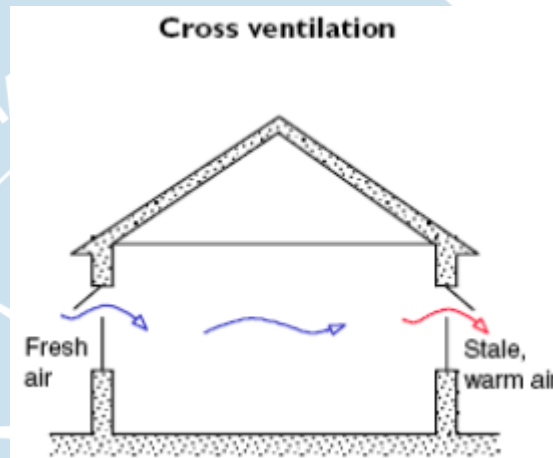
Sistem tata udara alami pada bangunan membebaskan udara untuk masuk dan keluar bangunan secara alami melalui bukaan yang dirancang pada dinding dan langit-langit. Udara dingin yang masuk kedalam ruang mendong udara hangat dalam ruang untuk keluar melalui ventilasi di atas dengan memanfaatkan sifat udara hangat yang lebih ringan.

Perancangan tata udara dapat diterapkan pada bangunan dengan merancang sistem ventilasi. Sistem ventilasi yang umumnya digunakan pada perancangan tata udara alami pada bangunan adalah sistem ventilasi silang dan sistem ventilasi *stack*.

1. Ventilasi Silang

Ventilasi silang merupakan ventilasi yang diterapkan dengan meletakkan dua bukaan yang saling berhadapan didalam satu ruangan. Cara kerja ventilasi silang

adalah dengan memanfaatkan perbedaan zona tekanan (tekanan tinggi dan rendah) pada kedua sisi bangunan. Udara panas didalam ruang akan terdorong keluar oleh udara dingin yang masuk secara alami akibat perbedaan tekanan udara tersebut. Ventilasi silang memungkinkan udara mengalir dari dalam ke luar dan sebaliknya, tanpa harus mengendap terlebih dahulu di dalam ruangan. Udara yang masuk dari satu jendela, akan langsung dialirkan keluar oleh jendela yang ada di hadapannya, dan berganti dengan udara baru, begitu seterusnya (Gambar 43). Dengan demikian, tanpa pengkondisi udara pun ruangan tetap terasa sejuk.



Gambar 43. Sekma ventilasi silang.

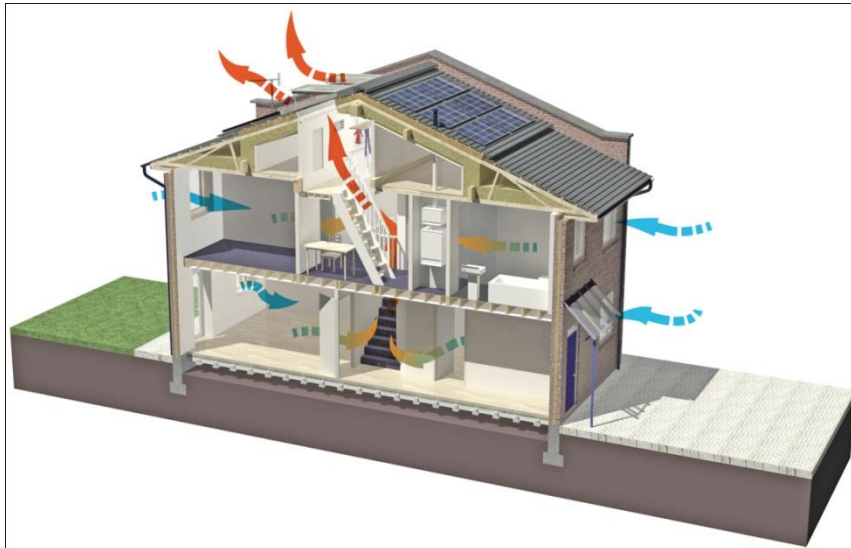
Sumber: onesite.com Diakses tanggal 11 April 2020

1. *Stack Ventilation*

Stack Ventilation adalah sistem ventilasi udara yang memanfaatkan *stack effect*. Udara hangat memiliki kerapatan molekul yang rendah sehingga memiliki massa jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan udara dingin. Oleh sebab itu udara hangat secara alami akan berkumpul di bagian atas sebuah ruang.

Stack effect diruang atap berfungsi untuk mendinginkan suhu udara agar dapat mengurangi atau mencegah peningkatan suhu ruang di bawahnya. Udara yang lebih hangat akan keluar melalui *outlet* berupa lubang ventilasi di

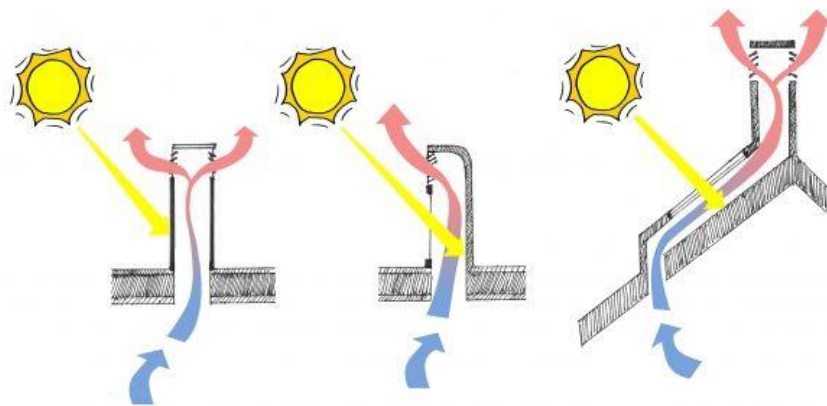
permukaan atap, sedangkan udara lebih sejuk masuk melalui *inlet* di bagian bawah atau jendela (gambar 44)



Gambar 44. Skema Stack ventilation

Sumber: Pinterest. Diakses tanggal 11 April 2020

Outlet pada atap bangunan dapat berupa cerobong (Gambar 45). cerobong yang terpapar sinar matahari akan memanaskan udara pada bagian atas bangunan sehingga udara panas cepat bergerak keatas (keluar) sehingga pertukaran udara dapat lebih cepat terjadi.



Gambar 45. Skema ceerobong udara pada sistem stack ventilation.

Sumber: Materi Tata Udara Sisbang 2 Arsitektur UAJY

Untuk menuju ke cerobong tersebut, diperlukan jalur udara pada bangunan. Jalur udara dapat memanfaatkan ruang ruang sirkulasi vertikal seperti tangga, *elevator shaft*, maupun dengan merancang sebuah atrium pada bangunan.

Keefektifan tingkat penghawaan suatu ruang ditentukan oleh *ventilation flow rates* yang dihitung dengan jumlah udara yang dialirkan kedalam ruang (*rate air change per hour / ACH*). *ACH* merupakan jumlah pergantian seluruh udara didalam ruang dalam satu jam. *ACH* pada ruang tergantung pada fungsi dari ruangan tersebut. Untuk alasan kesehatan, *ACH* yang diperlukan adalah 0,5 sampai dengan satu, untuk kenyamanan ruang memerlukan *ACH* satu sampai dengan lima, sedangkan untuk pendinginan ruang memerlukan lima sampai 30. (Mediastika, 2002)

Berdasarkan fungsi ruang, rate *ACH* minimal yang diperlukan dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 11. Rate *ACH* Berdasarkan jenis ruang.

Sumber: Materi Tata Udara Sisbang 2 Arsitektur UAJY

Assembly rooms	4 - 8	Hairdressing salons	10 - 15
Bakeries	20 - 30	Hospitals - sterilizing	15 - 25
Banks/Building Societies	4 - 8	Hospitals - wards	6 - 8
Bathrooms	6 - 10	Kitchens - domestic	15 - 20
Bedrooms	2 - 4	Kitchens # - commercial	30 minimum
Billiard Rooms *	6 - 8	Laboratories	6 - 15
Boiler Rooms	15 - 30	Launderettes/Laundromats	10 - 15
Cafes and coffee bars	10 - 12	Laundries	10 - 30
Canteens	8 - 12	Lavatories	6 - 15
Cellars	3 - 10	Lecture theatres	5 - 8
Changing Rooms Main area	6 - 10	Libraries	3 - 5
Changing Rooms Shower area	15 - 20	Living rooms	3 - 6
Churches	1 - 3	Mushroom houses	6 - 10
Cinemas & theatres *	10 - 15	Offices	6 - 10
Club rooms	12 minimum	Paint shops (not cellulose)	10 - 20
Compressor rooms	10 - 20	Photo & X-ray darkrooms	10 - 15
Conference rooms	8 - 12	Public house bars	12 minimum
Dairies	8 - 10	Recording control rooms	15 - 25
Dance halls	12 minimum	Recording studios	10 - 12
Dental surgeries	12 - 15	Restaurants	8 - 12
Dye works	20 - 30	Schoolrooms	5 - 7
Electroplating shops	10 - 12	Shops and supermarkets	8 - 15
Engine rooms	15 - 30	Shower baths	15 - 20
Entrance halls & corridors	3 - 5	Stores & warehouses	3 - 6
Factories and workshops	8 - 10	Squash courts	4 minimum
Foundries	15 - 30	Swimming baths	10 - 15
Garages	6 - 8	Toilets	6 - 10
Glasshouses	25 - 60	Utility rooms	15 - 20
Gymnasiums	6 minimum	Welding shops	15 - 30

* Increase by 50% where heavy smoking occurs or if the room is underground.

Some commercial kitchens may require higher ventilation rates, based on cooking equipment in use.

4.1.6. Suhu dan Kelembaban terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh suhu. Setiap jenis tanaman memiliki suhu optimum untuk mendukung pertumbuhannya. Apabila tanaman ditanam diluar iklim yang seharusnya, maka produktivitas tanaman akan menurun. Suhu dan kelembaban mempengaruhi pertumbuhan fisiologi tanaman. Suhu rendah bermanfaat pada proses pertumbuhan tanaman, suhu sedang bermanfaat pada proses pemanjangan batang dan perkembangan buah, sedangkan suhu tinggi bermanfaat bagi proses pembuangan. (Inayah, 2007)

4.2. Tinjauan Pustaka mengenai Materi Studi

4.2.1. Ruang

Tata adalah Seperangkat unsur yang berinteraksi atau berhubungan atau membentuk kesatuan bersama, sedangkan ruang adalah rongga yang dibatasi oleh permukaan bangunan.

Kegiatan menata dan mengatur meliputi tiga pokok yaitu unsur, kualitas, dan penolak, yang dikelompokkan menjadi lima tata atur yaitu fungsi, ruang, geometri tautan, dan pelingkup. (White, 1986)

Ruang tersusun dari titik yang kemudian membentuk garis, dan garis membentuk bidang. Bidang-bidang disusun membentuk ruang, sehingga ruang memiliki unsur panjang, lebar dan tinggi. (Ching, 2014)

4.2.2. Ruang Dalam

Ruang dalam merupakan wadah yang digunakan manusia untuk melakukan kegiatan. Ruang dalam dibentuk oleh pembatas-pembatas yang ada didalam bangunan. Secara umum, ruang dalam dibentuk oleh tiga elemen yaitu:

1. Bidang Dasar

Bidang dasar dapat berupa sebuah bidang lantai dasar yang berfungsi sebagai pondasi fisik dan dasar visual bentuk bangunan, ataupun bidang atap yang membentuk permukaan penutup sebuah ruang dibawah tempat kita berjalan. Bidang dasar pada ruang disebut lantai. Lantai merupakan elemen horizontal yang menahan gaya gravitasi sementara manusia berjalan dan menempatkan benda

sesuai dengan kebutuhan manusia diatasnya. Tekstur dan kepadatan material penutup lantai akan mempengaruhi kualitas akustik pada ruang dan apa yang kita rasakan ketika berjalan diatasnya (Ching, 2014)

Bentuk bidang dasar dapat dibuat bertingkat untuk memecah skala ruang kedalam dimensi manusia, serta menciptakan podium untuk tempat duduk, menikmati pemandangan, atau aksi pertunjukan

2. Bidang Dinding

Bidang dinding pada ruang dalam mengatur ukuran dan bentuk ruang atau kamar-kamar internal dalam sebuah bangunan. Sifat visual, hubungan satu sama lain dan ukuran serta distribusi bukaan-bukaan didalam batas batasnya akan menentukan baik kualitas ruang yang tercipta maupun tingkat keberdekatan ruang yang berkaitan satu sama lain.

Dinding menyediakan privasi bagi ruang-ruang interior dan berfungsi sebagai penghalang yang membatasi pergerakan manusia, maka jalur pintu dan jendela meneruskan kembali ruang-ruang yang berdekatan dan memungkinkan masuknya cahaya, panas dan suara serta udara. (Ching, 2014)

3. Bidang Atap

Bidang atap merupakan elemen penutup yang sangat penting untuk melindungi interior sebuah bangunan dari elemen-elemen iklim. Sebagai elemen desain, bidang atap memiliki leratan yang sangat penting karena memiliki dampak langsung terhadap bentuk dan siluet sebuah bangunan dalam lingkungannya. Bidang atap sangat diorokkan keluar membentuk teras yang melindungi bukaan pintu dan jendela dari hujan atau sinar matahari. Pada daerah beriklim hangat, atap ditinggikan untuk memungkinkan angin dingin mengalir melintasi ruang interior sebuah bangunan. (Ching, 2014)

Secara umum, ketiga elemen pembentuk ruang dalam tersebut memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Pencegah masuknya polusi udara, suara, cahaya, penghawaan, dan debu
2. Seleksi transmisi faktor lingkungan (cahaya, suara, pemandangan)
3. Mendefinisikan wilayah

4. Menambah keamanan dari ancaman kebakaran, binatang buas, bahaya alam, manusia, dan mesin.
5. Mendukung struktur bangunan
6. Tempat meletakkan elemen pelengkap dan memasang elemen pengisi.

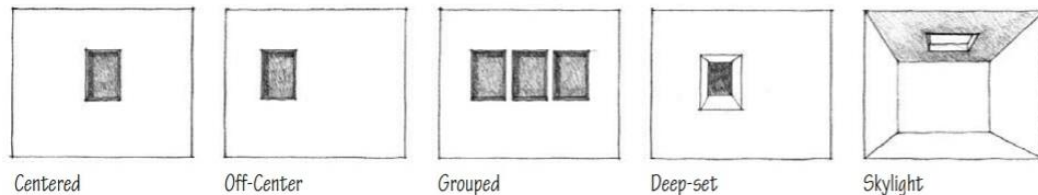
Karakter yang harus diperhatikan dalam menentukan elemen pembatas ruang dalam antarlain: pengaliran udara, biaya, umur pemakaian, perawatan, tingkat lenetrasi manusia, kemampuan menampung elemen pelengkap, fleksibilitas, bentuk, kualitas akustik, kekuatan konstruksi, konduktivitas termal, ketahanan terhadap api, ketahanan terhadap air, ketahanan terhadap air, kualitas permukaan, dan berat jenis material.

4.2.3. Elemen Pengisi Ruang Dalam

Elemen pengisi ruang dalam dipengaruhi oleh aktivitas, karakter pengguna dan elemen pelengkap ruang.

4.2.4. Bukaang dalam ruang

Bukaan dapat sepenuhnya diletakkan pada bidang dinding dan bidang langit-langit dan seluruh sisinya dikelilingi oleh permukaan bidang tersebut. Peletakkan bisa pada tengah bidang, digeser dari tengah, berkelompok, diletakkan di dalam, dan jendela atap (Gambar 46).

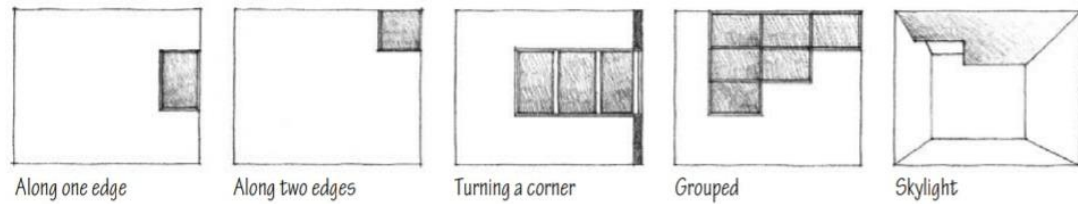


Gambar 46. Peletakan Bukaang pada Dinding

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

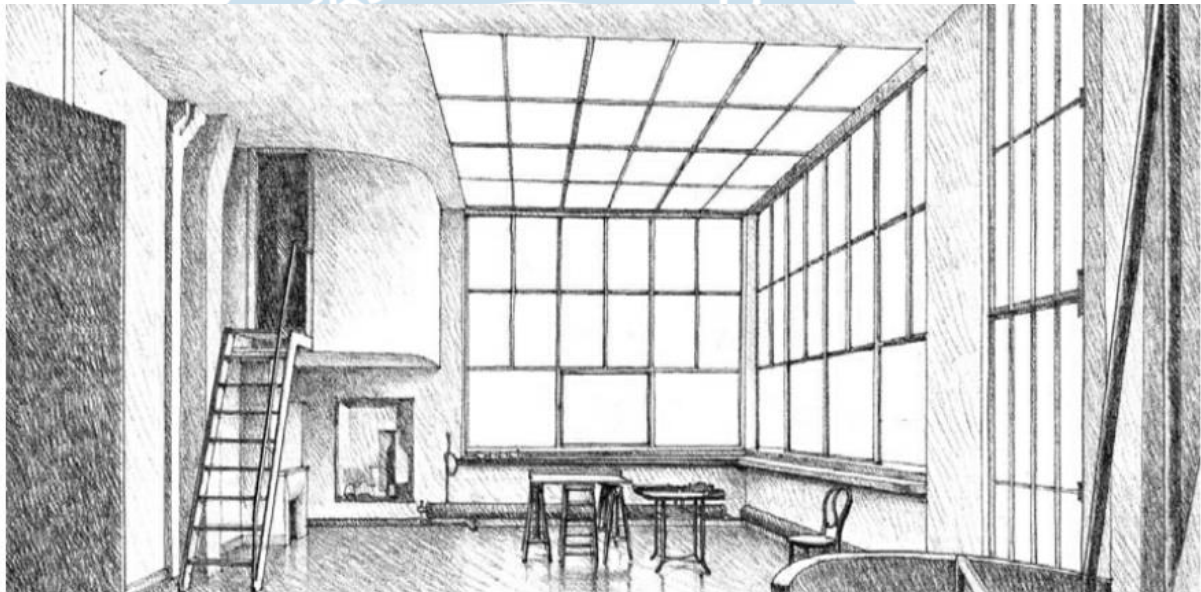
Bukaan yang terletak seluruhnya pada dinding atau langit-langit terlihat menjadi sebuah figur yang jelas diantara latar belakangnya. Apabila bukaan tersebut menjadi terlalu terang dibandingkan dengan area disekitarnya, maka permukaan tersebut dapat disinari oleh cahaya sekunder dari dalam ruang.

Bukaan juga dapat ditempatkan di sepanjang salah satu sisi atau pada sudut dinding atau bidang langit-langit (Gambar 47).



Gambar 48. Bukaan pada Sudut Bidang

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

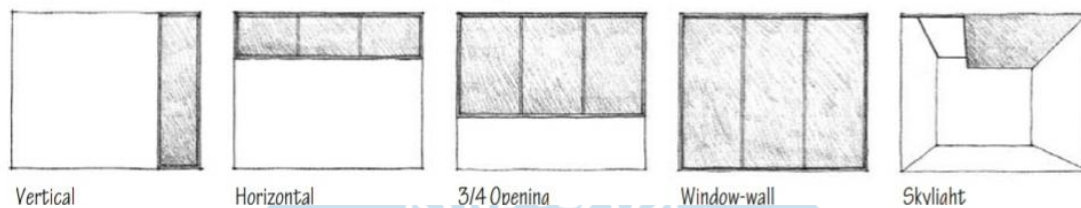


Gambar 47. Aplikasi Bukaan pada Sudut Bidang

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

Cahaya yang masuk ke dalam ruang melalui sebuah bukaan pada sudut bidang akan menerangi permukaan ruang yang berdekatan dan tegak lurus terhadapnya. Permukaan yang diterangi ini dengan sendirinya menjadi sumber cahaya dan meningkatkan kecerahan ruang tersebut. Tingkat penerangan dapat ditingkatkan dengan cara memutar sudut yang memiliki bukaan ataupun dengan menambahkan jendela atap di atas bukaan tersebut (Gambar 48).

Bukaan dapat diatur secara vertikal antara lantai dan bidang langit-langit atau secara horizontal antara dua bidang dinding. Bukaan dapat diperbesar untuk menempati seluruh dinding dari sebuah ruang. Bukaan dapat disusun memanjang vertikal, horizontal, $\frac{3}{4}$ bidang, dinding jendela, dan jendela atap (Gambar 49).



Gambar 49. Bukaan di Antara Bidang

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

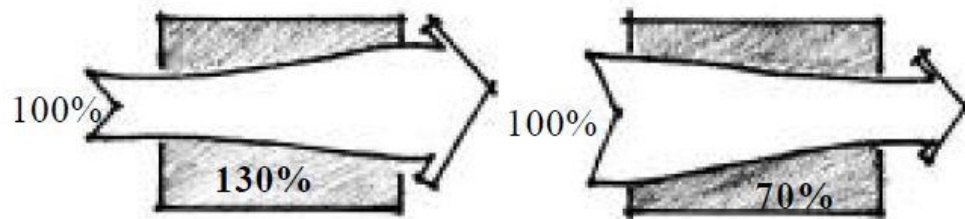
Sebuah bukaan vertikal pada sudut akan membuat cahaya yang masuk menerangi dinding yang tegak lurus terhadap bukaan vertikal tersebut sehingga mengartikulasikan keutamaan bidang tersebut di dalam ruang.

Bukaan horizontal yang diteruskan sepanjang bidang dinding akan memisahkan bidang tersebut kedalam sejumlah lapisan horizontal. Bukaan memanjang horizontal pada sudut bidang akan memperkuat ciri lapisan sudut dan memperluas pandangan panoramik pada ruang tersebut. Jika bukaan diteruskan ke seluruh bidang pada ruang tersebut, maka akan memisahkan dinding dengan langit-langit dan memberikan kesan ringan pada ruang tersebut.

Peletakan jendela atap disepanjang tepi dimana dinding dan bidang langit-langit bertemu akan memungkinkan cahaya masuk menerangi permukaan dindingnya, dan meningkatkan kecerahan ruang tersebut. Bentuk jendela atap dapat dimanipulasi untuk menangkap cahaya matahari langsung maupun tidak langsung pada siang hari maupun kombinasi keduanya. (Ching, 2014)

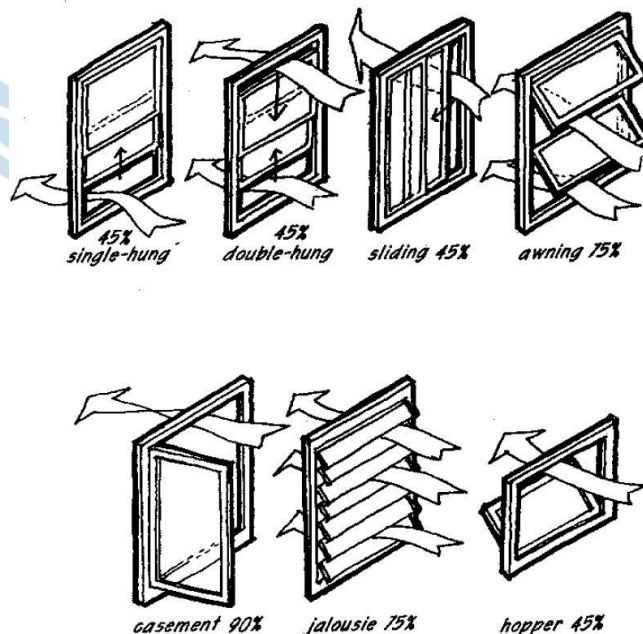
Bukaan pada dinding juga mempengaruhi jumlah udara yang masuk kedalam ruangan. Sebagai ventilasi, jendela memiliki fungsi sebagai inlet untuk memasukkan udara. Sebagai *inlet*, idealnya jendela diletakkan dengan ketinggian 60 cm – 150 cm, sesuai dengan aktivitas manusia saat duduk maupun berdiri. Jendela sebagai *outlet*

diletakkan dengan posisi lebih tinggi karena udara hangat dapat keluar. Ventilasi udara akan bekerja maksimal apabila udara pada luar bangunan bergerak. Namun ketika udara diluar tidak bergerak, maka desain bukaan harus dapat mendorong terjadinya pergerakan udara dengan menggunakan dimensi jendela yang berbeda antara *inlet* dan *outlet*. *Outlet* yang lebih besar daripada *inlet* akan mengalirkan udara lebih besar (Gambar 49). Selain ukuran, bentuk atau jenis bukaan juga menentukan banyak sedikitnya udara yang masuk kedalam ruang (Gambar 50)



Gambar 50. Pengaruh ukuran Inlet dan outlet pada ventilasi silang.

Sumber: Jurnal Dimensi Arsitektur Vol 30 No.1. Diakses tanggal 5 April 2020



Gambar 51. Jenis bukaan dan pengaruhnya terhadap jumlah udara yang masuk

Sumber: Jurnal Dimensi Arsitektur Vol 30 No.1. Diakses tanggal 5 April 2020

4.2.5. Cahaya

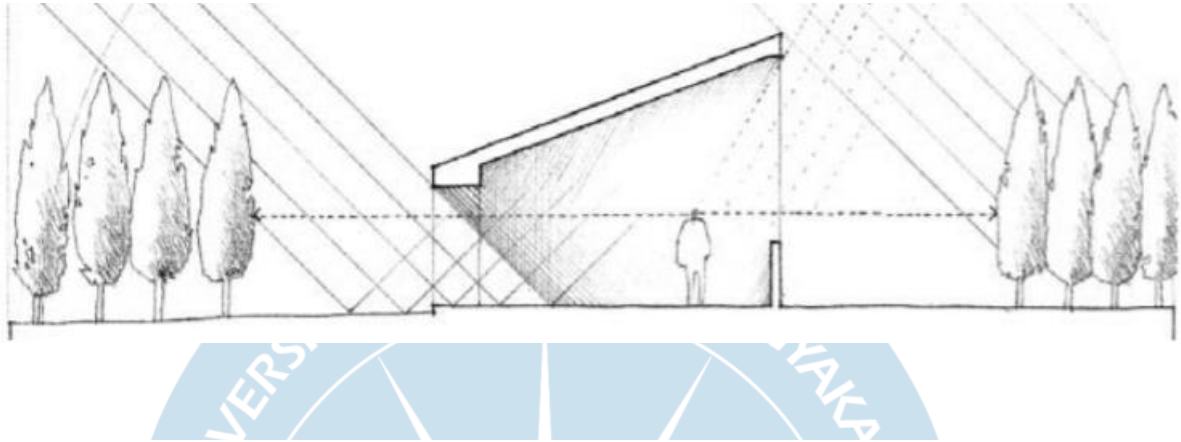
Matahari merupakan sumber cahaya alami yang kaya untuk menerangi bentuk dan ruang dalam arsitektur. Intensitas cahaya matahari dapat diprediksi oleh manusia, sehingga dampak visualnya terhadap bentuk, ruang, dan permukaan dapat dijadikan dasar dalam menentukan lokasi, ukuran, maupun orientasi jendela dan jendela atap di dalam ruangan.

Ukuran jendela maupun jendela atap mengendalikan banyak sedikitnya cahaya yang masuk ke dalam ruangan, namun faktor penentu ukuran bukaan pada dinding maupun atap tidak hanya dipengaruhi oleh cahaya melainkan juga dipengaruhi oleh material dan konstruksi bidang dinding maupun atap, kebutuhan akan pemandangan, privasi, dan ventilasi. Oleh sebab itu, orientasi bukaan lebih penting dibandingkan dengan ukurannya dalam menentukan kualitas pencahayaan alami.

Bukaan dapat diorientasikan untuk menerima cahaya matahari secara langsung, namun pada jam tertentu cahaya matahari memberikan penyinaran yang sangat kuat sehingga berpotensi silu dan memasukkan terlalu banyak panas ke dalam ruangan. Untuk mengatasi hal tersebut, pada bukaan dapat ditambahkan sirip atau shading yang berfungsi untuk mengatur cahaya matahari yang masuk.

Bukaan pada ruang dapat diorientasikan agar menjauhi cahaya langsung dari matahari dan sebagai gantinya, bukaan menerima cahaya pantulan dari lingkungan melalui jendela loteng. Jendela loteng dapat memberikan penerangan yang merata bahkan ketika mendung serta dapat melembutkan kerasnya cahaya matahari langsung dan menyeimbangkan penerangan di dalam ruang.

Kesilauan akibat bukaan yang terfokus pada satu titik dapat menyebabkan ketidaknyamanan visual. Ketidaknyamanan visual tersebut dapat diatasi dengan cara membiarkan cahaya matahari masuk paling tidak dari dua arah (Gambar 52). (Ching, 2014)



Gambar 52. Cahaya Masuk dari Dua Arah

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

4.2.6. Ruang Luar

Ruang luar terbentuk dengan membatasi alam pada bidang dasar dan bidang dinding saja sedangkan bidang atap dapat dikatakan tidak terbatas. Ruang luar hanya dibatasi oleh bidang dasar dan bidang dinding sehingga kedua elemen ini menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan ruang luar. (Prabawasari, 1999)

Elemen pembatas ruang luar dapat berupa ruang hidup dan ruang mati. yang membatasi area di dalam tapak dengan area di luar tapak. Ruang hidup merupakan ruang yang terstruktur dan memiliki fungsi dan hubungan yang jelas dengan ruang sekitarnya. Ruang mati adalah ruang yang tercipta tanpa direncanakan sehingga tidak terdapat aktivitas di dalam ruang tersebut. Elemen ruang luar dapat berupa elemen buatan yang sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu, maupun elemen alami yang telah ada dengan sendirinya. (Ching, 2014)

4.2.7. Bentuk dan Ruang

Ruang dalam arsitektur dapat didefinisikan melalui perlakuan terhadap elemen elemen horizontal ruang. Terdapat empat perlakuan terhadap elemen horizontal untuk mendefinisikan ruang yaitu:

1. Bidang dasar

Bidang dasar dapat mendefinisikan ruang apabila terdapat penegasan dalam perbedaan warna, nada, ataupun tekstur diantara permukaan dengan permukaan disekelilingnya.

1. Bidang Dasar yang Diangkat

Pengangkatan sebagian bidang dasar akan menciptakan tempat khusus dalam sebuah lingkungan spasial yang besar. Berubahan ketinggian pada bidang yang diangkat akan menciptakan batasan ruang.

Pengangkatan bidang dasar dapat menciptakan ruang dengan kemenerusan visual dan spasial antara ruang yang diangkat dengan lingkungan disekitarnya. Kemenerusan ini dipengaruhi oleh tingkat perubahan ketinggian bidang tersebut. Semakin tinggi pengangkatan bidang, maka kemenerusan spasial akan semakin rendah dan sulit diakses.

2. Bidang Dasar yang Diturunkan

Penurunan bidang akan membuat batasan yang akan mengisolir bidang yang diturunkan dengan lingkungan disekitarnya. Bidang vertikal hasil penurunan ini menjadi bidang batas bagi area yang diturunkan.

Tingkat kemenerusan spasial pada bidang yang diturunkan bergantung pada skala perubahan ketinggiannya. Semakin banyak penurunannya, maka pendefinisian ruang akan menjadi lebih jelas. Ruang yang terbentuk dari penurunan bidang dasar ini memiliki keuntungan terlindung dari kebisingan yang bersumber dari luar ruang.

3. Bidang Atas

Bidang atas mendefinisikan batas ketinggian bangunan. Bidang atas dapat dimanipulasi untuk mendefinisikan dan menegaskan zona riang didalam sebuah ruangan. Bidang atas dapat ditinggikan dan direndahkan untuk mengubah skala ruang, mendefiniakkan jalur pergerakan, ataupun memasukkan cahaya alami dari atas. Bentuk, warna, dan tekstur bidang atas dapat diolah untuk meningkatkan kualitas cahaya dan akustik di dalam ruang. (Ching, 2014)

4.2.8. Hubungan Spasial

Dua buah ruang dapat terhubung satu sama lain dengan beberapa cara yang mendasar sebagai berikut

1. Ruang dalam ruang

Ruang yang besar dapat menampung ruang yang lebih kecil di dalamnya. Untuk mempertegas hubungan ruang ini, ukuran ruang harus memiliki perbedaan yang jelas. Selain itu, untuk mempertegas adalah dengan cara mengubah orientasi ruang didalamnya atau dengan menggunakan bentuk dasar yang berbeda.

2. Ruang ruang yang saling mengunci

Hubungan spasial ini dihasilkan oleh penumpukan dua area spasial serta munculnya zona yang dibagi.

3. Ruang-ruang yang berdekatan

Hubungan spasial ini memiliki devinisi masing-masing ruang yang jelas. Kemenerusan visual pada masung-masing ruang dipengaruhi oleh material dan karakter bidang yang memisahkan dan menyatukan mereka.

Bidang yang terpisah dapat membatasi akses fisik dan visual antara duanruang yang berdekatan dan meningkatkan Individualitas masing-masing ruang. Pemisahan ruang dapat berupa bidang, garis- garis vertikal berupa deretan kolom maupun perubahan elevasi ruang.

4. Ruang yang dihubungkan oleh sebuah ruang bersama

Hubungan spasial ini menghubungkan dua ruang dengan dikaitkan satu sama lain oleh ruang ketiga sebagai perantaranya. Keterkaitan visual antara dua ruang tersebut bergantung pada karakter ruang ketiga yang mengikat dua ruang tersebut.

Ruang perantara dapat berupa ruang linear yang menghubungkan dua buah ruang yang jauh jaraknya. Jika ruang perantara lebih besar ukurannya, maka ruang perantara dapat jenjadi dominan dan menghubungkan sejumlah ruang yang ada disekelilingnya.

4.2.9. Organisasi Ruang

Ruang - ruang dapat disusun sesuai dengan tingkat kepentingan ruang, tuntutan program bangunan, klasifikasi ruang yang hirarkis serta kebutuhan akan pemandangan, akses, dan cahaya. Organisasi ruang juga dipengaruhi kondisi tapak.

Terdapat lima organisasi spasial yaitu:

5. Organisasi Terpusat.

Organisasi ini terbentuk dari susunan ruang sekunder yang mengelilingi sebuah ruang utama yang besar dan dominan.

Ruang ruang pada organisasi terpusat bisa memiliki fungsi yang setara, ukuran yang setara, serta menciptakan konfigurasi geometris yang teratur, dan simetris pada dua buah sumbu atau lebih.

6. Organisasi Linear

Organisasi linear tersusun dari serangkaian ruang-ruang. Ruang-ruang tersebut dapat terkait satu sama lain ataupun dihubungkan melalui ruang-ruang linear yang terpisah dan jauh. Organisasi linear biasanya tersusun oleh ruang-ruang yang berulang yang ukuran, bentuk, dan fungsinya serupa. Ruang linear tunggal dapat mengorganisasi ruang-ruang yang berbeda bentuk maupun fungsinya pada sisinya sehingga membentuk organisasi ruang linear. Untuk mempertegas batas, dapat menempatkan ruang yang dominan, dengan ditambahkan akses masuk yang ditegaskan, atau dengan menyatukannya dengan bangunan lain. Organisasi linear dapat merespon tapak dengan fleksibel membentuk pola lurus, terpotong-potong, maupun berbentuk kurvalinier. Organisasi linear dapat tersusun secara horizontal, atau mengikuti kontur tapak, maupun vertikal membentuk menara.

7. Organisasi Radial

Organisasi radial mengkombinasikan bentuk linear dan terpusat. Organisasi ini terbentuk oleh ruang pusat yang dominan yang darinya akan menjulur sejumlah organisasi linear secara radial

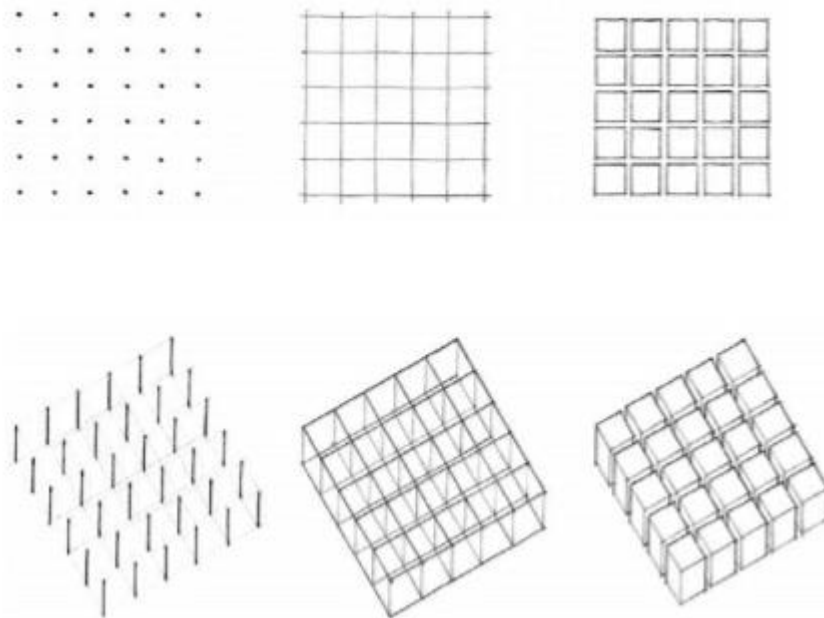
8. Organisasi terklaster

Organisasi terklaster tersusun dari ruang-ruang yang memiliki fungsi yang sama serta membagi sebuah tanda pengenal yang sama seperti bentuk dasar ataupun orientasi. Ruang-ruang dalam organisasi terklaster dapat diatur mengelilingi sebuah ruang, tersebar mengelilingi volume yang besar, maupun ditampung dalam sebuah area.

9. Organisasi Grid

Organisasi ini terbentuk dari kumpulan bentuk dan ruang yang yang posisi-posisinya di dalam ruang serta hubungannya satu sama lain diatur oleh pola atau area grid berbentuk tiga dimensi.

Pola grid tersusun dari dua baris yang umumnya saling tegak lurus sehingga menghasilkan pola titik -titik pada setiap persimpangannya. Setelah di proyeksikan dalam bentuk tiga dimensi yang kemudian ditransformasikan kedalam seperangkat bentuk modular yang berulang. (Gambar 53).



Gambar 53. Organisasi Grid

Sumber: *Architecture Form Space and Order*

Dalam arsitektur, grid dihasilkan oleh sistem struktur rangka kolom dan balok. Karena grid tiga dimensional terdiri dari unit-unit ruang yang modular dan

berulang, maka grid dapat ditambahi, dikurangi, atau dilapisi dan tetap mampu mempertahankan identitasnya sebagai grid. Manipulasi tersebut digunakan untuk mengadaptasi bentuk grid ke tapak, untuk mendefinisikan ruang luar, akses masuk, atau untuk memungkinkannya mengalami perkembangan. Untuk memenuhi kebutuhan dimensional ruang yang spesifik, sebuah grid dapat dibuat tidak teratur dalam satu atau dua arah. Transformasi dimensional ini dapat menciptakan modul hirarkis yang dibedakan oleh ukuran, proporsi, dan lokasi. Sebuah grid juga dapat diinterupsi untuk mengakomodir sebuah fitur alamiah yang ada pada tapak.

4.2.10. Sirkulasi

Jalur-jalur sirkulasi di dalam ruang membentuk ruang-ruang pergerakan yang memiliki volume yang cukup signifikan dalam bangunan. Jika hanya dianggap sebagai jalur penghubung fungsional semata, maka jalur sirkulasi akan menjadi ruang koridor yang tak berujung, sehingga jalur sirkulasi perlu diolah. Jalur sirkulasi dapat berupa:

10. Tertutup,
Membentuk koridor yang berhubungan dengan ruang-ruang yang dihubungkannya melalui akses-akses masuk di dalam bidang dinding.
11. Terbuka pada satu sisi,
Membentuk balkon yang memberikan kemenerusan visual maupun spasial dengan ruang-ruang yang dihubungkannya.
12. Terbuka pada dua sisi,
Membentuk jalur setapak berkolom yang menjadi penambahan fisik ruang yang dilaluinya tersebut.

Tinggi ruang yang sirkulasi harus proporsional dengan jenis dan numlah pergerakan yang akan ditampungnya.

Tangga digunakan sebagai jalur vertikal dalam bangunan yang menghubungkan antara lantai satu dengan lantai lainnya. Kemiringan tangga ditentukan oleh dimensi tanjakan dan injakannya, yang disesuaikan dengan proporsi yang agar sesuai dengan pergerakan manusia. Sebuah tangga harus cukup lebar untuk mengakomodir sebuah pergerakan.

4.2.11. Lanskap

Penataan lanskap pada objek studi menggunakan pendekatan *edible landscape*. *Edible landscape* atau dikenal juga sebagai *foodscape* merupakan jenis penataan lanskap di mana semua atau sebagian besar area halaman pada bangunan pribadi atau pada properti umum digunakan untuk menanam tanaman yang merupakan bahan makanan. Bahan makanan yang dihasilkan dapat berupa sayur, buah, bumbu, dan herbal (O'Phelan, 2013)

A. Lanskap Vertikal

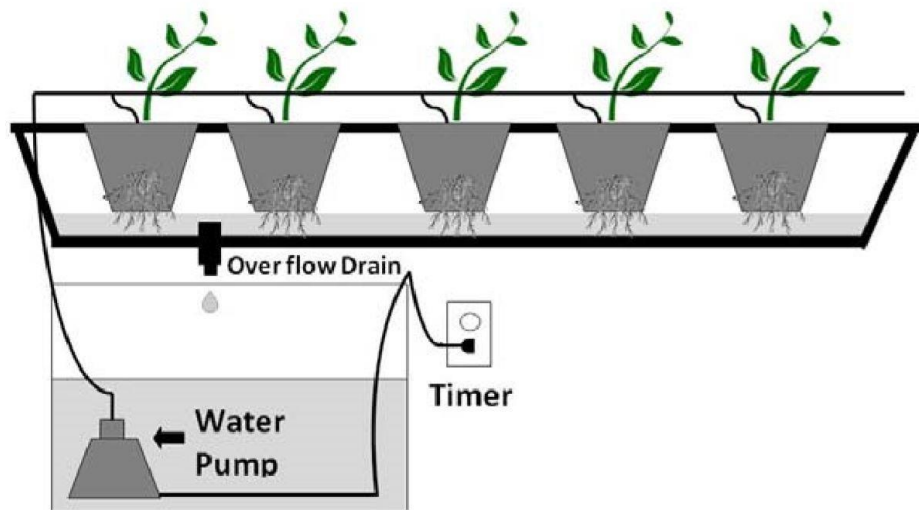
Lanskap vertikal pada objek studi menerapkan sistem *verticulture* (*vertical agriculture*) atau pertanian vertikal. *Vertical agriculture* merupakan sistem pertanian dengan menanam tanaman instalasi berupa lapisan-lapisan yang ditumpuk secara vertikal (Gambar 54). *Verticulture* memiliki keuntungan dapat menghasilkan hasil panen yang berlipat daripada pertanian konvensional dengan luas tanah yang sama. Sistem ini juga memungkinkan sebuah lahan dapat menghasilkan beberapa jenis komoditas pertanian yang berbeda. Sistem ini baik diterapkan di perkotaan dengan jumlah lahan yang terbatas. Instalasi *verticulture* umumnya ditanam didalam ruang dengan bantuan lampu LED khusus sebagai pengganti cahaya matahari untuk membantu proses fotosintesis. Teknik yang umumnya digunakan pada pertanian vertikal adalah hidroponik, akuaponik, dan aeroponik. (Birkby, 2014)



Gambar 54. Sistem Pertanian Vertikal.

Sumber: auclimate.com/vertical-farming.jpg, diakses tanggal 7 Maret 2020

Hidroponik adalah teknik menanam tanaman tanpa tanah, melainkan menggunakan air sebagai pengantar nutrisi. Dalam sistem hidroponik, akar tanaman akan direndam pada larutan yang mengandung mikronutrien fosfor, nitrogen, sulfur, kalium, kalsium, magnesium. Selain air, media yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman adalah media lembam, yaitu media tanaman yang tidak aktif secara kimia dan berfungsi sebagai pengganti tanah untuk memberikan dukungan bagi akar. (Resh, 2012) Sistem hidroponik berjalan dengan mengalirkan air bernutrisi dari tangki air menuju pipa-pipa media tanam, kemudian air tersebut dialirkan kembali menuju tangki air. Siklus tersebut dilakukan secara terus menerus sehingga memerlukan pompa listrik dengan sumber listrik cadangan sehingga tidak ada waktu dimana air tidak mengalir akar meskipun saat listrik sedang mati.



Gambar 55. Sistem Pertanian Hidroponik

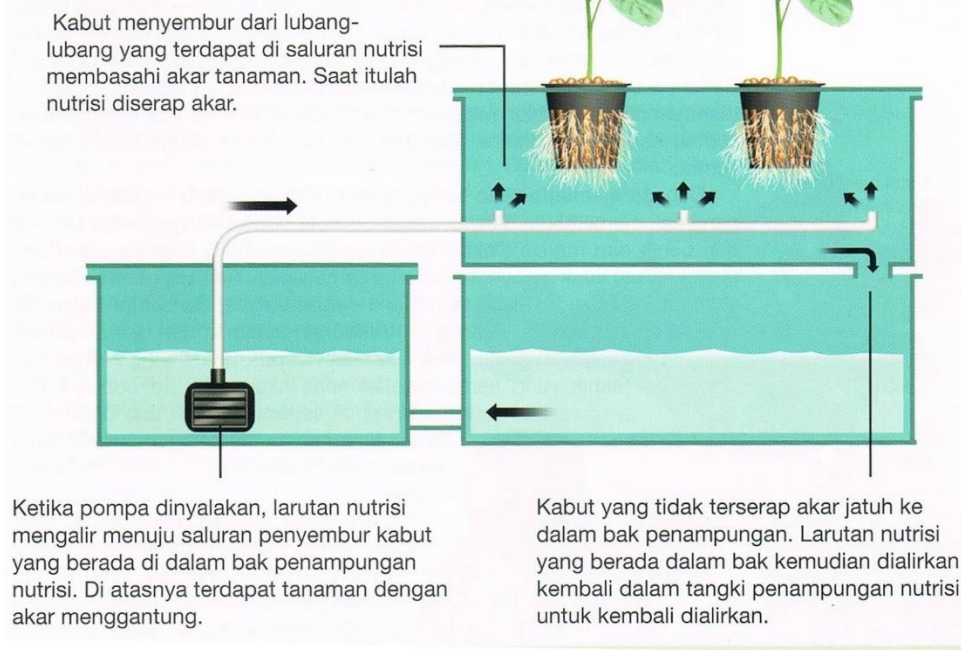
Sumber: Vertical Farming, diakses Tanggal 7 Maret 2020

Sistem pertanian hidroponik memiliki keuntungan mampu meningkatkan hasil pertanian menjadi sebelas kali lebih banyak dengan penggunaan air 13 kali lebih sedikit dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional. Keunggulan ini menjadikan sistem hidroponik dapat digunakan pada pertanian vertikal (Birkby, 2014). Selain itu, keuntungan menggunakan sistem hidroponik adalah polusi yang dihasilkan lebih sedikit, tanaman lebih bersih, tidak ada gulma, media tanam dapat digunakan berulang kali, serta mudah dalam proses panen. Jenis tanaman yang cocok di tanam dengan sistem hidroponik antara lain selada, mentimun, melon, semangka, kentang, tomat, paprika, sawi, kangkung, dan mentimun.

Aeroponik adalah sistem penanaman tanaman yang dilakukan dengan menyemburkan udara berisi air yang mengandung nutrisi yang tinggi sehingga membentuk kabut dan mengenai akar tanaman. Tetesan air atau kabut tersebut kemudian akan diserap oleh akar tanaman yang menggantung pada instalasi. Air pada instalasi aeroponik disebarkan dengan menggunakan *sprinkler*. Sistem penanaman aeroponik memiliki keunggulan yang sama seperti hidroponik. Tanaman pada aeroponik ditanamkan pada lapisan *styrofoam* berlubang dengan bantuan *media rockwool* dan pot khusus untuk membantu tanaman tetap tegak. Akar tanaman dibiarkan menjuntai di udara tanpa terendam air. Di bawah juntaian akar tanaman terdapat

sprinkler yang digunakan untuk menyemburkan air bernutrisi hingga mengenai akar (Gambar 56). Dengan sistem ini, kandungan oksigen yang diserap dalam akar akan menjadi lebih banyak sehingga respirasi dapat berjalan dengan baik dan pertumbuhan tanaman dapat menjadi optimal. Dalam sistem aeroponik, diperlukan pompa listrik dan sumber listrik cadangan sehingga akar tanaman selalu mendapatkan air dan nutrisi.

Cara Kerja Aeroponik

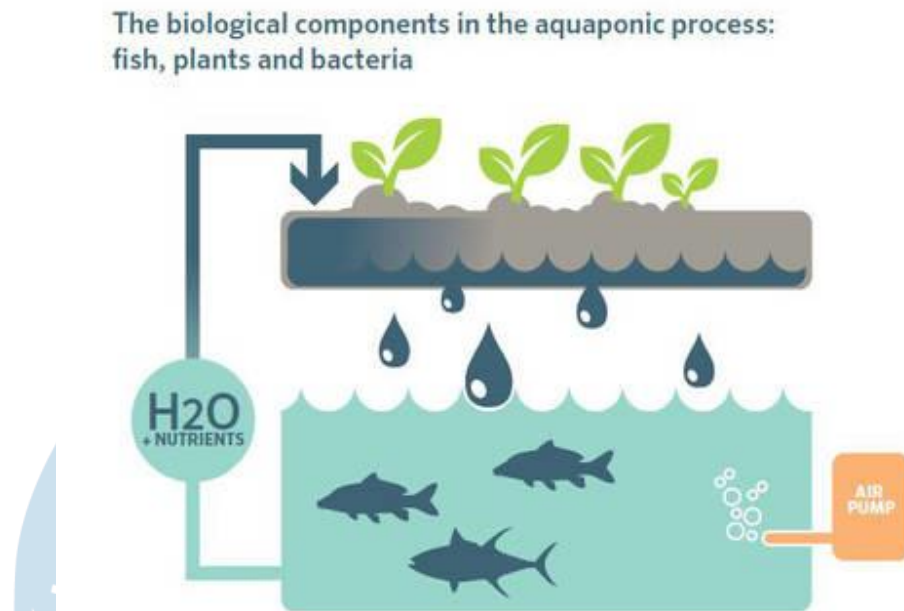


Gambar 56. Cara Kerja Sistem Aeroponik

Sumber: Hidroponik, diakses tanggal 7 Maret 2020

Akuaponik adalah sistem pertanian penggabungan antara akuakultur (budidaya perikanan) dengan hidroponik, dengan memanfaatkan air kolam yang mengandung kotoran ikan sebagai nutrisi bagi tanaman (Gambar 56). Sistem akuaponik memiliki beberapa tipe yang umumnya digunakan, diantaranya dengan teknik mengapungkan tanaman di dalam kolam, dan sistem bertingkat dengan bantuan pompa air, namun sistem akuaponik bertingkat merupakan sistem paling efisien karena membutuhkan lahan yang lebih sedikit dan menghasilkan produk pertanian yang lebih banyak. Sistem akuaponik bertingkat membutuhkan pompa listrik dan sumber listrik cadangan untuk mengalirkan air kolam ke media tanam sehingga nutrisi dapat di akses oleh akar

tanaman dengan baik. Dengan sistem ini, petani dapat menghasilkan komoditas perikanan dan pertanian dalam satu waktu dan lahan.



Gambar 57. Sistem Pertanian Akuaponik.

Sumber: *fao.org*, diakses tanggal 7 maret 2020

B. Lanskap Horizontal

Penataan lanskap horizontal sebagai area pertanian merupakan sistem pertanian paling sederhana. Sistem pertanian horizontal sudah dilakukan manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Perencanaan lanskap horizontal pada kawasan urban dapat dilakukan dengan memanfaatkan tanah KDH pada tapak (Gambar 58) dan memanfaatkan bagian atas bangunan sebagai ruang untuk menanam dengan sistem *green roof* (Gambar 59).



Gambar 58. Pertanian pada tapak memanfaatkan KDH

Sumber: The Times. Diakses tanggal 2 Mei 2020

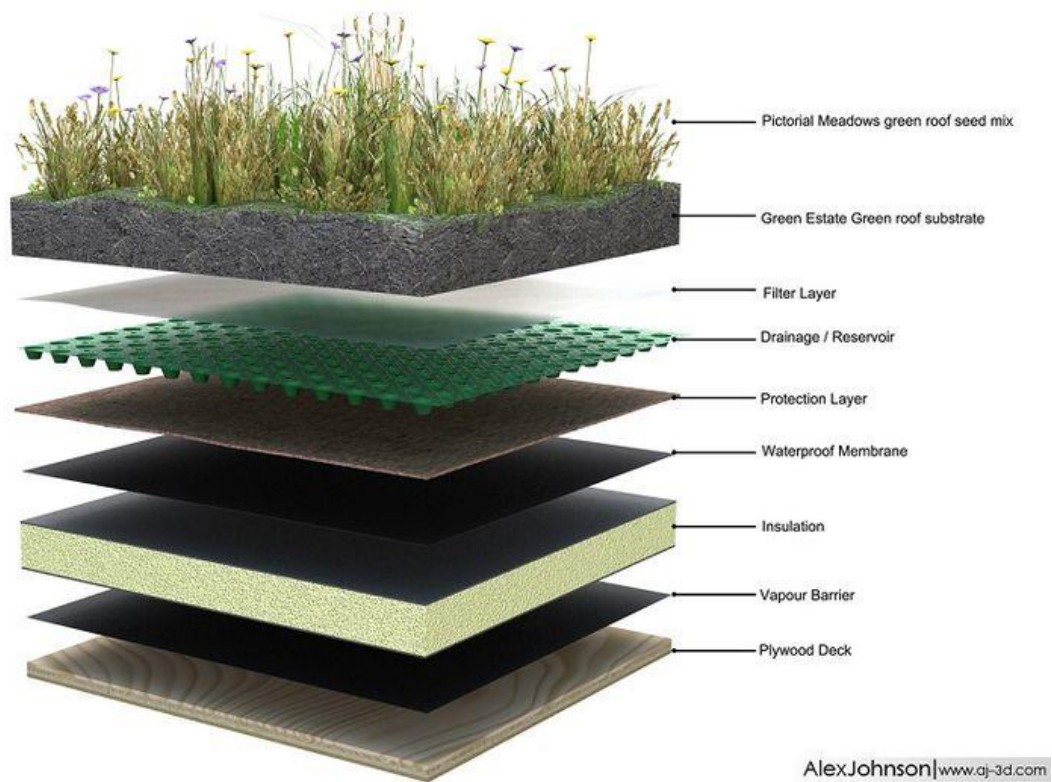


Gambar 59. Green roof pada atap bangunan

Sumber: Propertiterkini.com. Diakses tanggal 2 Mei 2020

Pertanian horizontal menggunakan media tanam berupa tanah sehingga memerlukan sistem irigasi dan drainase yang baik. Tapak terpilih dilalui oleh sebuah sungai kecil, serta jaringan irigasi telah tersedia. Jaringan irigasi yang ada mengambil air irigasi dari Waduk Sermo yang berada di sebelah utara tapak. Waduk Sermo memiliki cadangan air yang melimpah sehingga ketersediaan air di musim kemarau dapat terjamin dengan baik.

Pemanfaatan ruang atap sebagai area untuk menanam memerlukan sistem drainase yang baik. Sistem drainase pada *green roof* yang baik memungkinkan terjadinya pembuangan air yang cepat sehingga bagian dak bangunan tidak mudah rusak akibat lembab. Sistem drainase pada *green roof* memiliki lapisan-lapisan sebagai berikut.



Gambar 60. Lapisan green roof pada atap datar

Sumber: www.aj-3d.com

C. Pemilihan Jenis Tanaman

Jenis tanaman pertanian yang akan ditanam pada Perkampungan Modern dan Fasilitas Pertanian Urban adalah tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi, sesuai dengan prinsip pertanian *High Value Agriculture*. Adapun jenis tanaman *high value agriculture* yang sesuai dengan kondisi iklim di Kecamatan Temon antara lain:

Tabel 12. Jenis Tanaman Bernilai Tinggi yang sesuai dengan Iklim pada tapak

Sumber: Olahan dari berbagai sumber, 2020

Kategori	Sistem Penanaman	Nama Tanaman
Sayur	Hidroponik Vertikal	Selada (<i>Lactuca sativa</i>)
		Kale (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i>)
		Daun Bawang (<i>Allium cepa</i> L)
		Seledri (<i>Apium graveolens</i>)
		Sawi (<i>Brassica juncea</i>)

		Kailan (<i>Brassica oleracea</i>)
		Pokcoy (<i>Brassica rap</i>)
	Aquaponik	Bayam (<i>Amaranthus spp</i>)
		Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>)
		Brokoli (<i>Brassica oleracea</i>)
Herb	Hidroponik dalam rumah kaca	Basil (<i>Ocimum basilicum</i>)
		Lemon balm (<i>Melissa officinalis</i>)
		Mint (<i>Mentha</i>)
		Parsley (<i>Petroselinum crispum</i>)
		Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)
		Resemary (<i>Salvia rosmarinus</i>)
Buah	Hidroponik dalam rumah kaca	Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>)
		Melon (<i>Cucumis melo</i>)
		Semangka (<i>Citrullus lanatus</i>)
		Mentimun (<i>Cucumis sativa</i>)
		Pare (<i>Momordica charantia</i>)
	Tanah	Jeruk Bali (<i>Citrus grandis</i>)
		Buah Naga (<i>Hylocereus undatus</i>)
		Pepaya (<i>Carica papaya</i>)
		Durian (<i>Durio zibethinus</i>)
		Alpukat (<i>Persea americana</i>)
Kacang-kacangan	Hidroponik dalam rumah kaca	Kedelai (<i>Glycine max</i>)
		Buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
		Kacang Panjang (<i>Vigna sinensis</i>)
	Tanah	Jagung
Umbi- umbian	Tanah	Ubi ungu (<i>Ipomoea batatas</i>)
		Talas / Taro