

## BAB 2

### PENELUSURAN PERSOALAN DESAIN

#### 2.1 TINJAUAN STRATEGI PASIF

##### 2.1.1 Spesifikasi Umum Perancangan

Penghematan energi dalam bangunan bukan semata-mata untuk mengurangi atau langkah penghematan energi saja, melainkan termasuk kedalam rangkaian penting yang erat kaitannya guna memangkas atau meminimalkan emisi *CO2* yang menyebabkan pemanasan global.

Menyangkut mengenai hal penghematan energi, yang biasanya sering dibicarakan lebih mengarah kepada penghematan operasional kawasan dan bangunan yang dirancang. Kawasan disini dimaksudkan, bagaimana merancang tata letak masa bangunan dalam suatu kawasan pemukiman secara menyeluruh. Rancangan dan tata perletakan masa bangunan di suatu kawasan secara menyeluruh. Segala sesuatu yang dapat mempengaruhi konsumsi energi termasuk bagaimana pola hubungan antar bangunan, sirkulasi perpindahan manusia dari satu tempat ke tempat yang lain. (Karyono, Tri 2010)

1. Study Kasus Pasif Strategi

Bangunan BCA Academy, Singapore

Merupakan bangunan dengan fungsi sebagai *Academy Building*, yang terletak di jalan Braddel Road Singapore. Bangunan ini menerapkan konsep bangunan dengan konsep *Zero Energy* dengan luasan site mencapai 4500 m<sup>2</sup>.

- *Orientasi*, bangunan memanjang dari arah utara ke selatan, sehingga akan menjadikan banyak area yang akan terkena radiasi panas matahari sehingga akan meningkatkan suhu ruang bangunan. Hal tersebut memang disengaja, guna untuk mendapatkan paparan radiasi matahari sehingga dapat

dimanfaatkan untuk menghasilkan energi tenaga listrik melalui bantuan solar panel.

- Bukaan, dari beberapa referensi yang didapatkan, hampir rata-rata sebaiknya untuk meminimalkan bukaan di sisi bagian barat dan timur, karena pada sisi tersebut akan mendapatkan paparan panas radiasi yang paling banyak. Tetapi pada bangunan *BCA Academy* terdapat bukaan yang cukup besar pada sisi tersebut, dan menggunakan material kaca.



Gambar 2.0 Bukaan pada sisi Barat Bangunan BCA

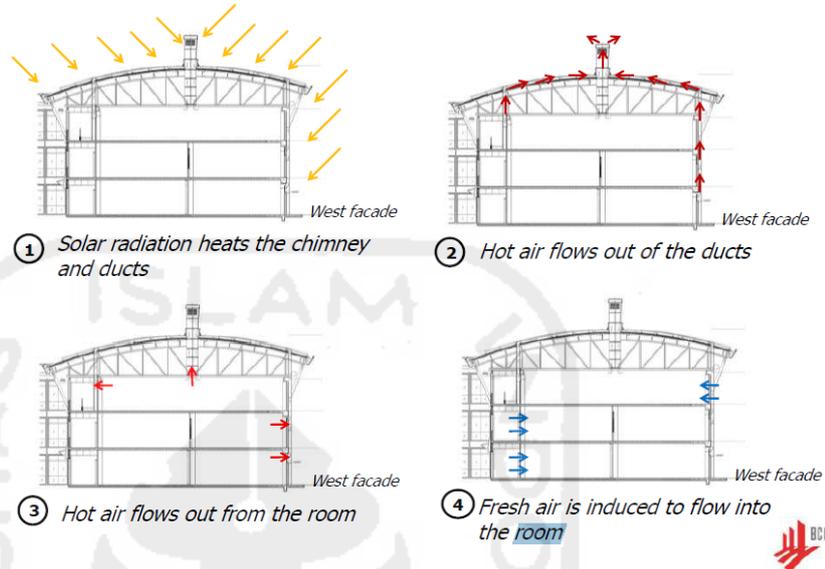
(Sumber : *BCA.edu*, 2010)

Namun dengan adanya bukaan yang cukup besar pada sisi tersebut, tidak terlalu memberikan suhu panas ruang dikarenakan menggunakan material kaca tipe *E-glass*. Tipe kaca model tersebut diaplikasikan ke setiap kaca pada bangunan BCA sehingga penerimaan panas tidak sampai ke dalam ruang dan tidak menjadikan suhu ruangan menjadi panas. Disamping tidak memberikan panas ke dalam ruang, pemakaian jenis kaca tersebut juga dimaksudkan untuk memaksimalkan pencahayaan alami (*daylighting*) ke dalam bangunan.

Mengenai sistim penghawaan alami dalam bangunan BCA, perancangan dengan tipe layout ruang *single bank room* sehingga memungkinkan untuk menerapkan ventilasi silang. Sesuai dengan arah gerak angin yaitu bergerak dari suhu

rendah ke suhu yang lebih tinggi (panas), maka bangunan BCA juga menerapkan sistem solar chimney pada atap bangunan.

### SOLAR ASSISTED STACK VENTILATION



Gambar 2.1 (solar chimney) BCA

(Sumber : BCA.edu, 2010)

- Peneduh, karena arah hadap bangunan lebih banyak mengarah ke arah matahari, sehingga tiap bukaan mendapatkan radiasi panas – maka untuk itu bangunan BCA menerapkan peneduh berupa *overhang*. Namun juga mempertimbangkan sudut jatuh karena bangunan BCA juga menerapkan sistem *photovoltaic* sehingga sudut overhang bukaan dapat disesuaikan guna kepentingan pemanfaatan energi matahari tersebut.
- Vegetasi, bangunan BCA juga menerapkan konsep vertikal garden (*green surface*) pada dinding bangunan. Disamping aspek estetika bangunan juga dimaksudkan guna mendinginkan atau meredakan ruang dan lingkungan sekitar bangunan. Kebanyakan tipe pohon yang dipergunakan dalam *landscape* bangunan BCA adalah jenis pohon dengan tipikal daun yang rindang. Sehingga dapat menghalangi paparan panas matahari masuk kedalam ruangan namun suhu udara dingin dapat masuk dan bergerak bebas ke ruangan.

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



- Material, pemilihan material yang diterapkan kedalam bangunan BCA dapat dinyatakan bangunan yang berkelanjutan. Seperti penggunaan material kaca yang dapat memasukkan cahaya namun suhu panas tidak dapat masuk ke dalam ruangan. Penggunaan selubung hijau (*green surface*) melalui penggunaan tanaman dan pepohonan (*vegetasi*) dan *solar chimney* guna merencanakan penghawaan - pencahayaan ruangan. Beberapa strategi diatas tidak dapat dikategorikan sebagai penyebab masuknya panas ke ruangan, walaupun arah hadap bangunan menghadap ke arah radiasi panas matahari paling panas.
- Konservasi Air, untuk memanfaatkan sumber air, bangunan BCA menempatkan tangki penampung air yang ditanam di dalam tanah. Dengan memanfaatkan air hujan dari atap bangunan melalui sistem drainase, air tersebut dipergunakan sebagai penyiram tanaman bangunan BCA. Sehingga dapat melakukan penghematan air dalam kurun waktu satu tahun.
- Energi Alternatif Bangunan, bangunan *BCA Academy* menerapkan sistem *photovoltaic* yang berasal dari radiasi panas matahari. Energi yang dihasilkan melalui *photovoltaic* dipergunakan sebagai operasional bangunan seperti pencahayaan, penghawaan buatan dan sebagainya.



Gambar 2.2 BCA Academy, Singapore

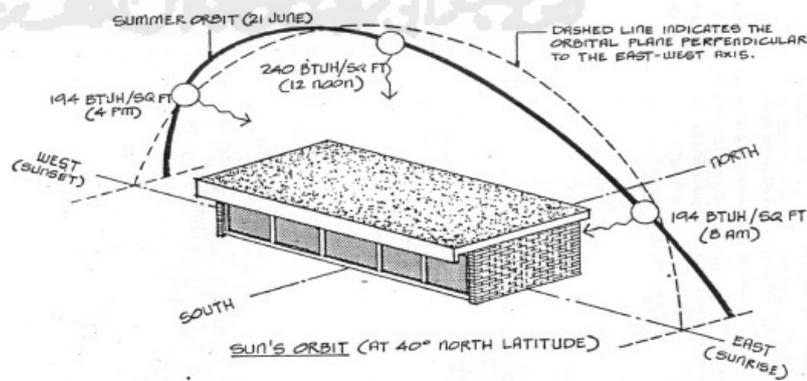
(Sumber : *BCA.edu*, 2010)

Berdasarkan study kasus diatas, dapat menemukan persoalan desain mengenai orientasi bangunan dalam konteks desain pasif bangunan. *Pertama*, arah hadap bangunan mengarah ke arah radiasi panas paling banyak guna untuk memaksimalkan pencahayaan alami masuk kedalam bangunan. *Kedua*, dengan arah hadap yang banyak menerima panas matahari penggunaan sel Photovoltaic menjadi lebih maksimal guna mensuplay kebutuhan energi operasional bangunan. *Ketiga*, dapat menggunakan vegetasi dengan berdaun rindang untuk membantu mengurangi panas matahari masuk ke ruangan dan tetap membebaskan udara masuk sebagai rekayasa penghawaan ruangan. Dan dapat menggunakan solar chimney untuk membantu merekayasa penghawaan ruangan.

## 2.1.2 Prinsip Prinsip Pasif Strategi,

### 1. Orientasi Bangunan

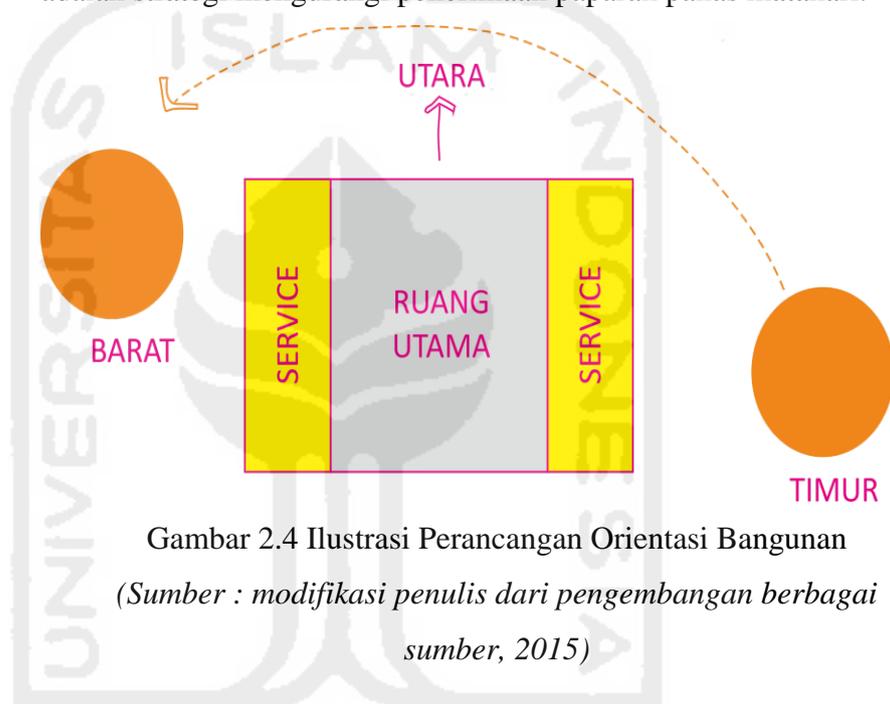
Di kawasan sekitar equator, sisi barat-timur mendapatkan radiasi matahari yang lebih tinggi di banding sisi utara-selatan. Sebaiknya melakukan perancangan yang dapat meminimalisir sisi bangunan yang terkena panas radiasi matahari karena akan mempengaruhi suhu dalam ruang, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mengatasinya cukup besar. Orientasi bangunan yang efektif pada daerah tropis untuk menerima panas adalah sisi yang lebar di hindarkan dari arah barat-timur. Dengan kata lain, perencanaan bangunan hendaknya memanjang dari barat ke timur.



Gambar 2.3 Orientasi Bangunan terhadap Equator

(Sumber : wordpress.com, 2015)

Pada gambar diatas terlihat sisi yang terkena radiasi matahari adalah sisi yang kecil serta minim bukaan sehingga panas tidak masuk kedalam ruang. Hindari penggunaan kaca pada sisi yang terkena matahari karena ketika sinar matahari secara langsung menembus kaca, radiasi yang dipancarkan matahari dalam bentuk gelombang pendek akan memanaskan benda – benda didalam ruang serta kaca itu sendiri (*Karyono, Tri H. 2010*). Hal tersebut adalah strategi mengurangi penerimaan paparan panas matahari.

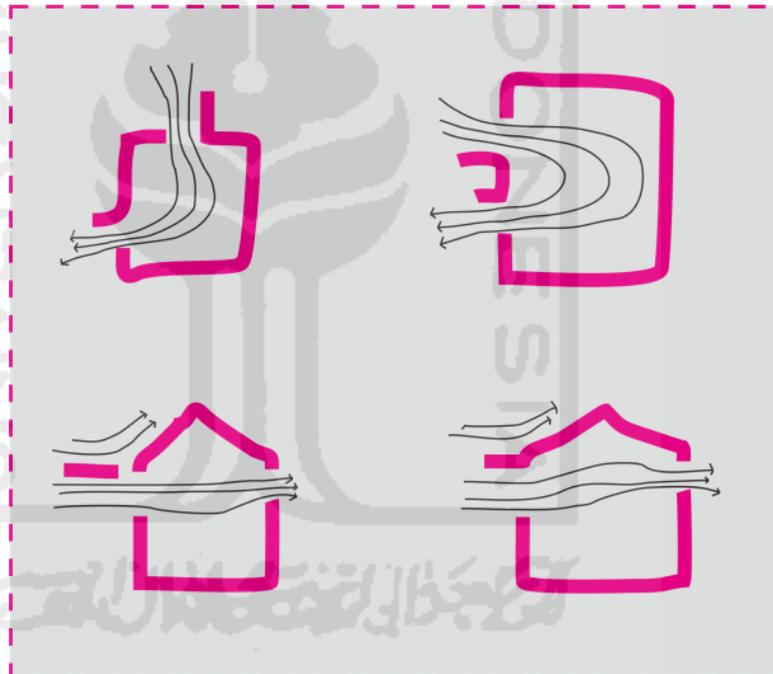


Gambar 2.4 Ilustrasi Perancangan Orientasi Bangunan  
(Sumber : modifikasi penulis dari pengembangan berbagai sumber, 2015)

Sehingga dapat dipahami bahwa konsep perancangan stasiun MRT ini adalah, berangkat dari penghematan energi – dapat menghasilkan energi melalui bantuan panas radiasi matahari. Untuk itu mengenai arah orientasi bangunan, akan menghadap ke arah yang paling banyak menerima panas matahari sehingga dapat memaksimalkan kerja sel *Photovoltaic*. Dan untuk merekayasa pencahayaan dan penghawaan sebagai konsekuensi arah hadap yang paling banyak menerima radiasi panas, akan menggunakan material yang dapat merekayasa kejadian tersebut.

## 2. Perlubangan (bukaan)

Apabila menginginkan perancangan yang menekan kebutuhan energi, salah satunya mengenai penghawaan tidak menggunakan penghawaan buatan (AC) seharusnya dapat merancang design ruang yang memungkinkan terjadinya aliran udara yang menerus (ventilasi silang). Namun memiliki kelemahan dari segi akustik ruang, ini merupakan pilihan yang harus ditanggung apabila menginginkan bangunan dengan efisiensi energi. Aliran udara merupakan elemen penting dalam hal menghasilkan efek dingin bagi tubuh manusia.



Gambar 2.5 Ventilasi Silang

(Sumber : modifikasi penulis dari buku *Guide to Low Energy Building*, 2015)

Menyangkut mengenai keluar masuknya cahaya atau udara biasanya kita sering menyebutkannya dengan istilah jendela. Jendela memiliki banyak varian bentuk maupun jenisnya. Akan tetapi prinsip yang perlu diterapkan dalam kaitannya dengan

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



efisiensi penggunaan energi bangunan, adalah bagaimana mengurangi dampak bukaan yang terkena atau mengalami radiasi dari cahaya matahari. Menurut (*Norbert Lencher*) pandangan kelangit sering menjadi sumber silau dan sinar matahari langsung masuk melalui jendela dan menimbulkan panas berlebih.

**Untuk mencapai penghematan meminimalkan penggunaan energi bangunan, adalah bagaimana mencapai keadaan ideal nyaman ruang. Dalam kasus tertentu, energi banyak dihabiskan untuk merekayasa penghawaan ruang, sehingga menyebabkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Untuk itu, desain perancangan bangunan sebaiknya menggunakan atun menggunakan tipikal bangunan ramping (*single bank room*) untuk mudah atau mencapai ventilasi silang. Sehingga pemakaian energi oprasional dapat ditekan dengan adanya ventilasi silang (*cross ventilation*).**

### 3. **Pembayangan**

*Shading* yang baik dan benar adalah dapat menjadi penghadang paparan panas matahari namun tidak menghalangi view keluar bangunan. Perancangan, pemilihan, penerapan *shading* seharusnya dilakukan secara teliti, mengingat bahwa pergerakan matahari tiap tahun mengalami perubahan. (*Karyono, Tri 2010*)

Pembayangan, merupakan bagian dari menghindakan atau meminimalkan panas masuk kedalam ruang yang termasuk kedalam lapisan untuk mendinginkan bangunan (*Lencher, Nobert, 2007*). Perancangan ini biassanya memperhitungkan arah jatuh matahari (*azimut – altitude*). Dapat dihitung menggunakan bantuan software, juga dapt menemukan posisi ideal, bentuk dan dimensi yang ideal untuk diterapkan ke dalam bentuk perancangan. Peneduh – pembayangan, yang dapat bergerak memberikan respon

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



yang lebih baik terhadap keadaan cuaca yang dinamis dibandingkan dengan perangkat masif (*Lencher, Norbert 2007*).

**TABEL 9.4** Berbagai Macam Contoh Alat Peneduh yang Dapat Bergerak

Gambar Peneduh	Keterangan Nama	Orientasi yang Terbaik	Komentar
IX 	<b>Overhang</b> Awning	Selatan, Barat, Timur	Dapat disesuaikan secara berkala, harian, atau pada saat badai Menangkap udara panas Baik untuk pemandangan <b>Pilihan terbaik untuk dibeli!</b>
X 	<b>Overhang</b> Louvers horizontal yang dapat berputar	Selatan, Barat, Timur	Akan menghalangi sebagian pemandangan dari matahari musim dingin
XI 	<b>Sirip</b> Sirip berputar	Barat, Timur	Lebih efektif dibanding dengan yang tetap Pemandangan kurang dibanding peneduh sirip miring tetap
XII 	<b>Eggcrate</b>	Barat, Timur	Pemandangan sangat terganggu tetapi sedikit lebih baik dibanding eggcrate yang tetap Hanya untuk iklim panas
XIII 	<b>Tanaman deciduous</b> (berdaun hijau sepanjang tahun) Pohon-pohonan Tanaman rambat	Barat, Timur, Tenggara, Barat Daya	Pemandangan akan dibatasi, tetapi sangat menarik jika menggunakan pohon yang rendah Udara didinginkan
XIV 	<b>Peneduh roller ruang luar</b>	Barat, Timur, Tenggara, Barat Daya	Sangat fleksibel dari posisi terbuka sama sekali hingga tertutup sama sekali Pemandangan terbatas saat penutup digunakan

Dari buku *Architectural Graphic Standards*, edisi ke-8, John R. Hoke, ed. Wiley, 1998

Gambar 2.6 Alat Peneduh Bergerak

(Sumber : *Lencher, Norbert* dikutip dari buku *Architectural Graphic Standart* karya *John, ed. Wiley, 2015*)

Untuk mendapatkan pembayangan yang baik, dapat menggunakan alat peneduh yang dapat bergerak seperti gambar diatas. Namun perlu ditekankan, bahwa peneduh diatas juga dapat dimanfaatkan sebagai sisi yang dapat dioptimalkan sebagai penghasil energi melalui teknologi sel photovoltaic. Disamping dapat memberikan dampak minimal panas kedalam ruang, juga sebagai pemanen energi panas untuk dijadikan tenaga listrik.

#### 4. Vegetasi

Pemerintah kota sudah memberi peringatan untuk memberikan RTH untuk daerah atau kawasan terbangun. Mengingat bahwa daerah atau kawasan terbangun memiliki intensitas panas yang lebih dibandingkan dengan daerah yang belum terbangun.

Penggunaan atau penamahan vegetasi pada bangunan perencanaan akan membantu untuk menurunkan suhu ruang dalam maupun ruang luar. Kawasan terbangun cenderung memiliki suhu udara yang lebih tinggi dibandingkan kawasan alamiah yang ditumbuhi vegetasi (*Karyono, Tri Harso 2010*).

**Vegetasi yang ditempatkan pada landscape bangunan hendaknya dapat memberi kontribusi membantu mengurangi pemakaian energi bangunan. Misalnya menggunakan jenis pohon dengan jenis daun rindang untuk membantu mengurangi dampak panas dari radiasi matahari, dan dapat membantu mendinginkan udara yang bebas keluar masuk kedalam ruangan bangunan.**

### 2.1.3 Penghawaan dan Pencahayaan Alami

Menyangkut kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian *komprehensif* seseorang terhadap suatu lingkungannya. Oleh karena itu kenyamanan tidak dapat diwakili oleh jawaban satu angka tunggal. (*Satwiko, P 2009*)

Manusia merasakan perubahan suatu kondisi lingkungan yang dirasakan oleh ke-enam indra yang dibawa oleh syaraf tubuh kemudian dinilai oleh otak. Penilaian ini tidak diperoleh mutlak dari keenam indra manusia, namun juga ada andil, bagian dari perasaan seseorang mengenai, suara, cahaya, bau, dan rasa. Dari keseluruhan tersebut kemudian otak memberikan penilaian apakah membentuk suatu lingkungan yang nyaman atau sebaliknya. Beberapa faktor lain yang sering dikaitkan akan kenyamanan tertentu, menurut (*Satwiko, P 2009*) :

- *Ras*, manusia memiliki kemampuan beradaptasi terhadap iklim tertentu (*aklimatisasi*) dengan sangat baik. Dalam kondisi normal manusia akan dapat menyesuaikan diri kurang lebih selama 2 (dua) minggu. Sebenarnya berbicara mengenai Ras,

tidak termasuk kedalam atau mempengaruhi penilaian terhadap kenyamanan suatu lingkungan tertentu.

- Jenis Kelamin, perempuan pada umumnya menyukai lingkungan yang  $1^{\circ} \text{C}$  (*celcius*) lebih hangat dibandingkan kaum laki-laki.
- Usia, orang berusia lanjut lebih suka di lingkungan yang lebih hangat dan tidak berangin. Dikarenakan pada usia-usia lanjut proses *metabolisme* tubuh sudah mengalami penurunan kinerja.

**Mengenai kenyamanan kondisi ruang, tidak bisa hanya diwakili oleh satu orang untuk menjadi acuan. Terdapat berbagai pertimbangan untuk menyatakan apakah ruangan itu nyaman. Dapat bermula dari ke-enam indra manusia yang mempengaruhi penilaian kondisi ruang. Atau dapat mengenai adat kebiasaan, budaya, kondisi sosial tertentu. Untuk itu, untuk menilai kondisi nyaman atau tidaknya akan dinilai berdasarkan kondisi standar kenyamanan atau keadaan ideal ruang.**

Terdapat berbagai cara untuk menekan kebutuhan energi (efisiensi) melalui desain pasif bangunan. Semua penerapan dilakukan tanpa adanya peralatan mekanis yang pada kenyataannya mengkonsumsi energi bangunan yang cukup besar. Masih ditambah dengan untuk pengoperasian peralatan mekanis tersebut membutuhkan bahan bakar, dan untuk memperoleh bahan bakar tersebut menggunakan fosil yang dapat mencemari lingkungan. Alternatif untuk menghemat atau menekan kebutuhan energi bangunan dapat dilakukan dengan cara sistim alami (penghawaan alami – pencahayaan alami).

### 1. Penghawaan Alami

Penghawaan alami dapat dikatakan tidak memerlukan energi tambahan untuk mengoperasikan mesin yang dapat mengkondisikan atau merekayasa suhu ruang. *Penghawaan alami*

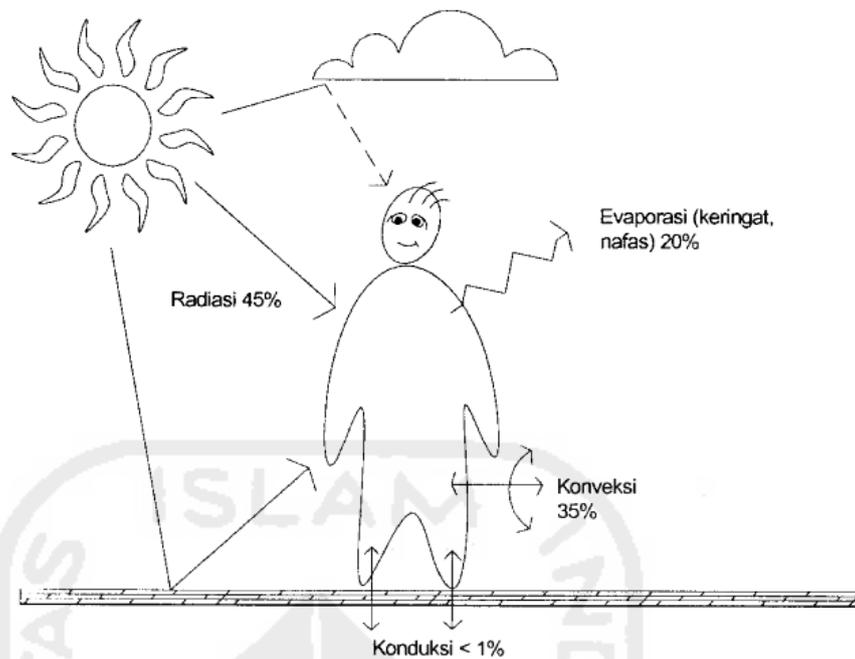
adalah pergantian udara secara alami (tidak melinatkan peralatan mekanis) seperti penyejuk udara yang kita lebih mengenalnya dengan sebutan AC (*air conditioner*). Penghawaan secara alami menawarkan penghawaan yang sehat, nyaman, tanpa memerlukan energi tambahan untuk pengoperasionalnya (*Satwiko, P 2009*).

Dalam perancangan penghawaan alami perlu memikirkan persyaratan untuk dapat mengaplikasikan konsep ini yaitu:

- Tersedianya udara luar yang sehat (terbebas dari bau, debu, dan polutan pencemar)
- Suhu udara tidak terlalu tinggi (nilai maksimal 28<sup>0</sup> Celcius)
- Kondisi di sekitar perancangan tidak terlalu banyak terdapat bangunan yang akan menghalangi udara horisontal (guna mendapatkan kelancaran hembusan udara)
- Lingkungan tidak terlalu bising (*noise*)

Jika persyaratan tidak dapat terpenuhi sebaiknya jangan melakukan pemaksaan perancangan dengan konsep penghawaan alami tersebut, karena akan memberikan kerugian desain. Untuk itu penghawaan alami hanya cocok diterapkan pada daerah yang memiliki iklim nyaman (*mild* atau *moderate*) dan tidak iklim yang sangat ekstrim (*Liddament, 1996*).

**Untuk menerapkan penghawaan alami, diperlukan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi seperti yang tertuang pada point diatas. Untuk itu akan lebih relevan apabila pengolahan tapak bangunan menjadi prioritas yang musti direncanakan untuk dapat menerapkan konsepsi penghawaan alami ke bangunan perancangan.**



Gambar 2.7 Proses Perpindahan Panas antara Tubuh dengan Lingkungan

(Sumber : Satwiko P, di dalam buku Fisika Bangunan, tahun 2009)

Gambar diatas menunjukkan bagaimana perpindahan panas yang terjadi antara tubuh manusia dengan lingkungan sekitarnya. Perpindahan panas atau (*heat transfer*) merupakan proses perpindahan kalor atau panas dari benda yang lebih panas ke benda lain yang kurang panas. Terdapat 3 (tiga) cara perpindahan panas yang dapat terjadi:

- **Perpindahan panas secara Konduktif** (*conductive heat transfer*) adalah perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui kontak langsung (sentuhan).
- **Perpindahan panas secara Konvektif** (*convective heat transfer*) adalah perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui aliran angin ( atau zat lainnya)

- **Perpindahan panas Radiatif** (*radiative heat transfer*) adalah perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengan cara pancaran (*Satwiko P, di dalam buku Fisika Bangunan, 2009*).

Dari ketiga perpindahan panas diatas, pada butir ke-satu dan ke-dua merupakan cara paling efektif. Butir ketiga menyangkut perpindahan panas secara radiatif akan mengalami kesulitan apabila akan diterapkan kedalam bangunan. Untuk itu perlu memastikan bahwa, bagaimana menerapkan konsepsi perpindahan melalui pergerakan angin dan dapat langsung mengenai kepada (penggunaan bangunan). Perlu perancangan yang dapat memasukan udara untuk merekayasa ruang secara pasif.

## 2. **Pecahaya Alam**

Cahaya adalah syarat mutlak bagi manusia untuk melihat dunianya. Tanpa cahaya maka dunia akan gelap, hitam, dan mengerikan. Tak akan ada yang bisa melihat keindahan didalamnya. Manusia membutuhkan cahaya untuk dapat beraktivitas dalam kesehariannya, untuk merasakan sesuatu hal yang menyenangkan. (*Satwiko P, didalam buku Fisika Bangunan tahun 2009*)

Matahari memiliki peranan untuk memberikan sumber cahaya di bumi, dan untuk membuat sejarah dalam hidup manusia. Sang surya memiliki siklus harian yang akan selalu berulang-ulang, terbit di pagi hari dari ufuk timur dan akan terbenam pada kesorean harinya di ufuk barat. Sinar dan cahaya Matahari telah memberikan energi yang cukup besar yang tidak ada habisnya bagi kehidupan umat manusia.

Di daerah khatulistiwa yang beriklim tropis lembab seperti halnya Indonesia, suasana kedatangan matahari dalam keadaan mendua.

Artinya matahari begitu disukai karena memberikan sumber energi (panas dan cahaya) yang begitu berlimpahan. Namun dalam beberapa kasus tertentu kehadiran matahari dianggap sebagai gangguan yang harus dihindarkan dan disingkirkan. Matahari dianggap sebagai gangguan dan harus di minimalkan intensitasnya, sampai harus dihilangkan keberadaanya. Membutuhkan kesadaran bahwa sumber penghidupan manusia merupakan matahari, tanpa adanya matahari manusia akan mengalami kematian karena akan membeku karena bumi yang didiami akan menjadi es.

Untuk itu, bukan kita harus menghilangkan atau menghapus keberadaan matahari; *pertama*, karena matahari merupakan sumber energi yang begitu besar dan gratis. *Kedua*, kita harus memiliki pemikiran bagaimana untuk memanfaatkan sumber energi tersebut bagi kehidupan umat manusia. (*Satwiko P, didalam buku Fisika Bangunan tahun 2009*)

Beberapa kelebihan cahaya dan sinar Matahari yang harus dipahami dan dimengerti, antara lain adalah sebagai berikut :

- Bersifat alami, (*natural*) cahaya alami matahari memiliki nilai nilai fisik maupun spiritual yang tidak akan bisa tergantikan oleh cahaya yang dibuat manusia.
- Persediaan yang begitu melimpah
- Tersedia secara gratis,
- Terbarukan, (tidak akan habis, sampai umur matahari sampai pada batasnya)
- Memiliki spektrum cahaya yang paling lengkap
- Memiliki daya panas kimiawi yang diperlukan bagi makhluk untuk hidup di lingkungannya (Bumi)
- Dinamis, arah sinar yang selalu berubah-ubah karena adanya rotasi Bumi dan pada saat melakukan peredaran mengelilingi

- matahari. Memiliki intensitas cahaya yang selalu berubah-ubah oleh adanya halangan awan di langit.
- Dapat dipergunakan sebagai sarana pengobatan (*heliotherapy*)
- Lebih alami bagi irama tubuh (*bio-rythem*)

Disamping cahaya dan sinar matahari memiliki banyak kelebihan, disisi yang lain cahaya matahari juga memiliki kelemahan apabila dikaitkan dengan konteks mencahayai ruangan:

- Akan mengalami kesulitan pada bangunan berlantai banyak dan gemuk (memiliki denah yang rumit)
- Intensitas cahaya yang begitu mudah untuk diatur, dapat begitu menyilaukan atau memiliki intensitas cahaya yang sangat redup
- Pada waktu malam hari, tidak ada ketersediaan cahaya matahari
- Sering membawa suhu panas ke dalam ruangan
- Dan, dapat memudarkan warna.

Perancangan yang mampu membantu cahaya matahari masuk kedalam ruangan, melalui bukaan bangunan. Yang dimana untuk dapat sampai di tengah ruang dengan perhitungan jarak lebih dari 3 (tiga) kali ketinggian efektif bukaan, berikut penjelasannya:

- Memantulkan cahaya langit menggunakan bantuan cermin yang diletakkan di luar jendela (bukaan) diarahkan ke langit langit tengah ruangan dengan resiko mendapatkan intensitas cahaya yang berlebih (silau)
- Menggunakan *light tube*, namun memiliki resiko akan gangguan visual yang disebabkan oleh keberadaan reflektor

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



- Menggunakan fibre optic, namun akan mengurangi penurunan intensitas cahaya secara drastis
- Mengubah (konversi) dari cahaya langit menjadi listrik pada langkah awal, melalui sel solar panel kemudian diubah kedalam bentuk cahaya kembali dengan menggunakan lampu yang hemat energi dan kemudian diletakkan di tengah ruangan. (Satwiko P, didalam buku Fisika Bangunan tahun 2009)

Cahaya adalah sumber penghidupan bagi manusia, tanpa adanya cahaya manusia tidak dapat melihat dunia. Sumber cahaya yang paling sempurna adalah cahaya matahari, dengan spektrum warna yang paling lengkap. Namun cahaya matahari sering dianggap sebagai sumber masalah. Dengan intensitas yang mudah diatur membuat cahaya matahari terkadang sangat menyilaukan, dan ketersediaanya hanya separuh hari.

Untuk itu, bagaimana perancangan yang mampu memasukkan sumbercahaya tersebut namun tidak memberikan efek silau, efek panas kedalam ruang karena akan membuat ketidaknyamanan pengguna. Dan juga sumber cahaya matahari tersebut dapat dipergunakan dengan cara dikonvesikan menjadi tenaga listrik, untuk keperluan pengoperasional bangunan.

## 2.2 TINJAUAN ENERGI

Energy alternatif bangunan seharusnya berasal dari sumber yang dapat diperbaharui, energy yang biasanya berhubungan dengan sumber daya alam seperti Matahari, Angin, Air, Biogas, Biomassa, Geothermal, dan Minyak Nabati (Karyono Tri Harso, 2010). Dengan kemajuan teknologi energi yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi yang terbarukan, dan dapat dipergunakan untuk kebutuhan bangunan. Dengan konsep ramah

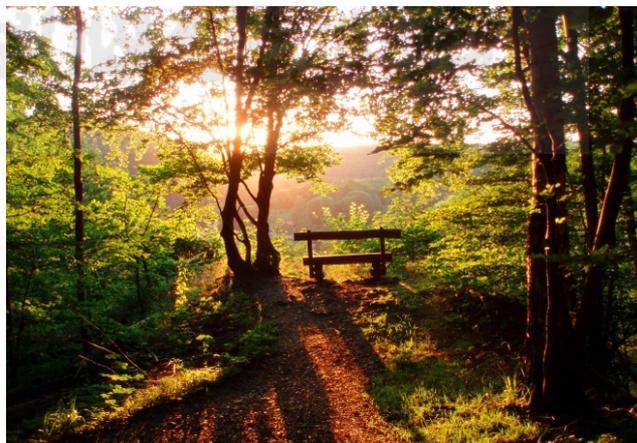
lingkungan dan tidak menghasilkan polusi atau limbah yang menyebabkan pengrusakan lingkungan.

Energi terbarukan merupakan energi yang dihasilkan dari sumber yang keberadaannya kontinyu (terus-menerus) berproses dengan cepat dan dapat diperbarui. Energi terbarukan memiliki sifat yang ramah terhadap lingkungan dengan prosentasi lebih rendah apabila dibandingkan dengan sumber bahan bakar fosil. Energi terbarukan memiliki potensi untuk meminimalkan dampak emisi polutan yang merusak lingkungan, dan dapat menjadi energi alternatif yang menggantikan peran energi dari sumber bahan bakar fosil (*Green Architecture, 2010*).

## 2.2.1 Sumber Daya (Energi) Baru-Terbarukan

### 1. Energi Surya

Secara teori pembangkit listrik tenaga surya merupakan penggunaan energi panas untuk memanaskan benda cair yang digunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit energi listrik. Sumber energi ini dianggap paling aman karena pada proses pembentukannya tidak menghasilkan polutan ataupun limbah buangan. Tenaga surya dapat dimanfaatkan secara dua cara yaitu secara aktif dan secara pasif. Dengan memanfaatkan secara aktif, teknologi *konversi* mengubah tenaga surya menjadikannya energi listrik (*Karyono, Tri 2010*).



Gambar 2.8 Pancaran Sinar Matahari

(Sumber : *google.com*, diakses agustus 2015)

**Energi surya ini nantinya akan dikembangkan didalam proses pengoperasian bangunan stasiun MRT guna pemenuhan kebutuhan energi. Yang dimaksud dengan oprasional bangunan disini adalah pemenuhan infrastruktur atau fasilitas penunjang di dalam bangunan Stasiun MRT. Menyangkut operasional kereta LRT (*light rail transit*) merupakan kewenangan dari pihak *stakeholder* lain.**

## 2. Energi Air

Secara teori untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik, menggunakan tenaga gerak air yang biasanya didapatkan dari air terjun atau bendungan. Dan juga dalam proses ini mempertimbangkan gaya gravitasi yang diperoleh selama pengoprasionalnya. Metoda ini cukup banyak diterapkan di belahan dunia di bumi, dan karena metode ini tidak menghasilkan limbah namun menghasilkan gas CO<sup>2</sup> dan gas metan namun dengan intensitas yang relatif kecil. Dengan temuan, tersebut pemanfaatan energi air masih dimasukkan kedalam solusi dari pemanasan global namuun dengan catatan proses pemanfaatana energi tersebut memproduksi gas CO<sup>2</sup> dan Metan (*Karyono, Tri 2010*).

**Menyangkut pemanfaatan sumber energi baru melalui tenaga air, akan cukup sulit untuk diterapkan di daerah Yogyakarta. Mengingat, pertama lokasi perancangan terletak di dalam kota sehingga akan mengalami banyak kendala. Kedua, bahwa dibutuhkan sumber air (sungai, danau, waduk) untuk dapat diaplikasikan dengan sumber energi baru dari tenaga air tersebut. Dan untuk daerah lokasi site perancangan tidak memungkinkan untuk itu.**

### 3. Energi Angin

Teorinya bahwa penggerak turbin menggunakan kekuatan angin yang cukup besar dan kontinyu sehingga dapat menghasilkan energi terbarukan. Proporsi penggunaan energi angin sebagai pembangkit listrik masih sangat kecil, yaitu 1,5% total dari penggunaan listrik di dunia. Listrik yang dihasilkan dengan metode ini secara tidak langsung ikut mengurangi pemanasan di Bumi. Karena sistem ini tidak mengkonsumsi atau menghasilkan efek gas rumah kaca selama waktu operasionalnya (*Karyono, Tri 2010*).

**Untuk mendapatkan energi baru yang bersumber dari pemanfaatan tenaga angin, masih sulit diterapkan di daerah dengan intensitas tekanan angin kurang. Karena untuk menggerakkan turbin angin dibutuhkan tekanan udara dan ketersediaan secara terus menerus untuk dapat mendorong baling-baling dan menghasilkan energi.**

### 4. Energi Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka (kurang) oksigen – anaerob (*Hasbullah, 2014*).

Biogas dapat dihasilkan dari kotoran ternak, kotoran manusia, maupun dari sampah organik. Hasil selain biogas yang didapatkan, juga dapat memperoleh minyak nabati atau pupuk organik. Energi model ini dirasa tepat apabila dikembangkan di daerah Indonesia, karena ketersediaan bahan pembuatan dasar seperti kotoran ternak dan sampah organik cukup tersedia dalam jumlah yang besar (*Karyono, Tri 2010*).

**Dibutuhkan banyak ternak untuk menghasilkan gas metana, untuk dapat menghasilkan energi Biogas. Membutuhkan lahan yang cukup untuk dapat menampung ternak tersebut, dan**

ketersediaan pakan ternak yang melimpah. Akan lebih relevan apabila perancangan berbasis peternakan / pertanahan untuk menerapkan model pemanfaatan energi Biogas. Sedangkan fungsi bangunan perencanaan ini menyangkut penyediaan fasilitas transportasi berbasis masal dan fasilitas ruang publik. Dan site perancangan terletak di tengah kota, akan mengalami kesulitan dalam penyediaan lahan untuk dapat menampung keseluruhan ternak tersebut.

#### 5. Energi Biomassa

Model pemanfatan energi ini, mendapatkannya membutuhkan pembakaran benda padat seperti kayu, rumput, sampah, dan sebagainya. Sehingga menghasilkan polutan karena melepaskan gas yang lebih banyak dari bahan bakar fosil (*Karyono, Tri 2010*).

Akan menimbulkan permasalahan baru apabila menerapkan pemanfaatan energi melalui sistim ini. Karena guna mendapatkan energi tersebut dibutuhkan proses pembakaran yang menghasilkan polutan yang cukup banyak. Dan dikaitan dengan konteks lokasi site, yang terletak di tengah kota akan banyak komplain dari masyarakat.

#### 6. Energi Geo-Thermal

Energi ini didapatkan melalui panas bumi yang berada di dalam perut bumi. Dan biasanya membutuhkan kawasan yang memiliki patahan tektonis, agar bisa memperoleh panas bumi. Penggunaan panas bumi dianggap cukupeknomis, dan dapat membantu mengurangi pemanasan global karena cukup sedikit melepaskan polutan dalam proses pembakarannya (*Karyono, Tri 2010*).

**Memiliki resiko yang cukup tinggi, serta membutuhkan dana yang sangat besar untuk dapat memanfaatkan sumber panas bumi sebagai energi Geothermal.**

Menurut (*Sanyal, Koenig 1995*) terdapat beberapa resiko dalam usaha guna mendapatkan energi yang bersumber dari panas bumi tersebut, diantaranya resiko yang memiliki keterkaitan dengan sumberdaya :

- Kemungkinan tidak menemukan sumber panas bumi di daerah yang direncanakan perencanaanya (resiko eksploitasi)
- Kemungkinan besarnya cadangan dan potensi ketersediaan listrik pada kawasan tersebut cukup kecil, dan tidak memiliki nilai komersial
- Kemungkinan untuk mendapatkan sumur eksploitasi relatif kecil
- Kemungkinan biaya eksploitasi, dan pengembangan dan pembangunan PLTP lebih mahal dari anggaran dana semula
- Kemungkinan terjadi problem teknis seperti korosi – scaling (resiko teknologi) dan terjadinya permasalahan mengenai isu lingkungan

**Berdasarkan kajian mengenai pemanfaatan energi dari panas bumi, memiliki beberapa komponen yang harus dipenuhi, belum termasuk dengan resiko yang akan dihadapi. Pemanfaatan sumber energi model ini menimbulkan efek rumah kaca, relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar fosil. Terlebih lagi mengenai sumber pendanaan, apabila ingin mengembangkan pemanfaatan tenaga panas bumi. Membutuhkan anggaran dana yang cukup besar, dan itu belum terjamin segera mendapatkan lokasi yang cocok apabila sudah memulai pengeboran. Kurang efektif**

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



**mengingat isu perancangan stasiun MRT berkaitan dengan lingkungan binaan kawasan sekitar.**

### 2.2.2 Pemanfaatan Energi Surya

Energi alternatif bangunan seharusnya berasal dari sumber yang dapat diperbaharui, energi yang biasanya berhubungan dengan sumber daya alam seperti Matahari, Angin, Air, Biogas, Biomassa, Geothermal, dan Minyak Nabati (*Karyono Tri Harso, 2010*). Dengan kemajuan teknologi energi yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi yang terbarukan, dan dapat dipergunakan untuk kebutuhan bangunan. Dengan konsep ramah lingkungan dan tidak menghasilkan polusi atau limbah yang menyebabkan pengrusakan lingkungan.

Berikut pemaparan bentuk energi baru terbarukan yang dapat dipergunakan guna memenuhi kebutuhan energi untuk kegiatan manusia. Yang telah tertuang dalam buku *Green Architecture*.

Secara teori pembangkit listrik tenaga surya merupakan penggunaan energi panas untuk memanaskan benda cair yang digunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit energi listrik. Sumber energi ini dianggap paling aman karena pada proses pembentukannya tidak menghasilkan polutan ataupun limbah buangan. Tenaga surya dapat dimanfaatkan secara dua cara yaitu secara aktif dan secara pasif. Dengan memanfaatkan secara aktif, teknologi konversi mengubah tenaga surya menjadikannya energi listrik.

**Energi surya ini nantinya akan dikembangkan didalam proses pembangunan stasiun MRT guna pemenuhan kebutuhan oprasional bangunan. Yang dimaksud dengan oprasional bangunan disini adalah pemenuhan infrastruktur atau fasilitas penunjang di dalam Stasiun MRT. Menyangkut operasional kereta LRT (*light rail transit*) merupakan kewenangan dari pihak *stakeholder* lain.**

## 1. Sel Photovoltaic

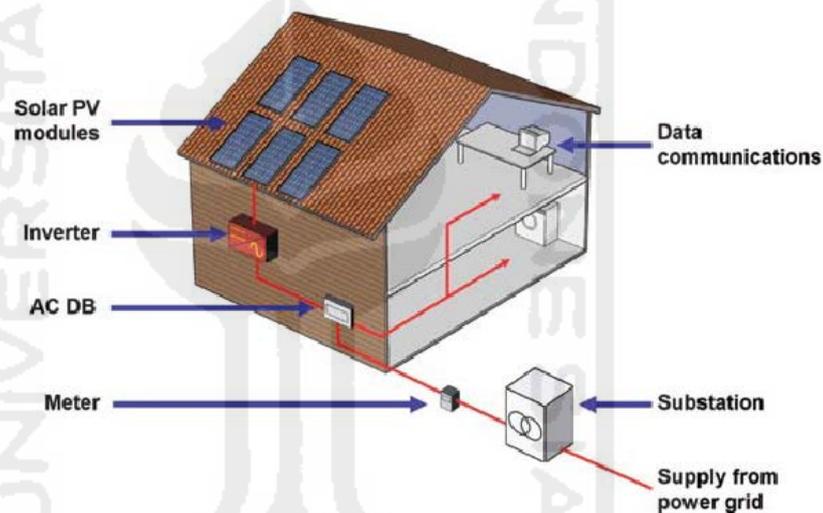
Sel *Photovoltaic* atau yang lebih dikenal dengan sebutan panel surya, merupakan kemajuan di bidang Teknologi yang di kembangkan manusia guna pemenuhan kebutuhan akan energi. Panel surya dapat diintergrasikan ke dalam bangunan yang nantinya akan memiliki nilai keuntungan lebih. Menurut (*BCA, di dalam buku Green Handbook PV 2008*) disamping sebagai sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik, yang memiliki konsepsi sumber energi baru-terbarukan melainkan panel surya juga memiliki fungsi lainnya; sebagai selubung bangunan (*design envelope building*), dapat membentuk struktur bangunan, dapat sebagai perlindungan dari curahan air (*waterproofing*), dapat juga sebagai peredam dari kebisingan (*noise*), dapat memberikan pembayangan terhadap bangunan (*shading*).

Sumber energi alternatif baru-terbarukan yang dianggap paling aman adalah energi matahari atau tenaga surya. Menurut (*Karyono, Tri 2010*) tenaga energi Surya adalah tenaga yang berasal langsung dari paparan radiasi matahari, seperti halnya panas matahari, energi listrik yang dihasilkan sel Photovoltaic serta jenis tenaga yang terbentuk sebagai akibat (efek) langsung atau tidak langsung dalam jangka yang relatif pendek dari radiasi matahari, seperti halnya angin. Konversi panas Matahari menjadi energi Listrik tidak akan menghasilkan limbah atau polutan yang akan menyebabkan kerusakan lingkungan.

**Sel Photovoltaic dapat dimanfaatkan sebagai secondary skin dalam bangunan. Dapat menjadikan bangunan dengan (PV) memiliki nilai tambah dari segi estetika bangunan. Dan dapat membantu untuk mengurangi tingkat bising yang masuk kedalam bangunan.**

## 2. Sistim Cara Kerja (PV)

Gambar berikut, menunjukkan bagaimana cara kerja sistim panel surya, dari pemaparan panas matahari akan ditangkap oleh modul sel panel surya yang diletakkan di layer tertinggi bangunan. Kemudian masuk ke sistim *inverter* yang akan mengubah dari arus DC – AC guna keperluan oprasional bangunan. Apabila tidak langsung digunakan maka biasanya akan ditampung kedalam *battrey* yang dapat digunakan apabila membutuhkan energi.

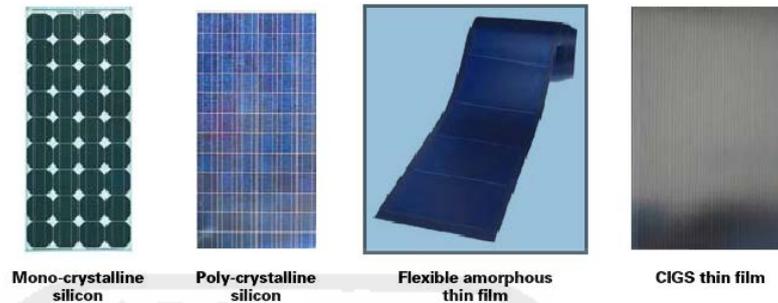


Gambar 2.9 Sistim Konfigurasi (PV)

(Sumber : *Handbook for Solar Photovoltaic System*, 2015)

Berdasarkan kajian mengenai solar panel, perlu memikirkan bagaimana pengaplikasian sistim kerja pemanfaatan energi surya, untuk dijadikan energi baru berupa tenaga listrik untuk mengoperasikan bangunan Stasiun MRT.

### 3. Modul Photovoltaic (PV)



Gambar 2.10 Jenis Modul (PV)

(Sumber : Handbook for Solar Photovoltaic System, 2015)

Terdapat beberapa jenis modul panel surya yang secara umum dipahami di kalangan masyarakat kebanyakan; (1) *Mono-crystalline Silicon* (2) *Poly-crystalline Silicon* (3) *Flexible Amorphous Thin Film* (4) *CIGS Thin Film*. Layar pada modul panel surya terdiri atas Semiconductor micrometers, yang akan mengkonversi energi panas menjadi energi baru (listrik). Yang penggunaan energi tersebut untuk mengoperasikan bangunan perancangan, yang ramah lingkungan.

**Tabel 2.0** Tingkat Efisiensi Modul Photovoltaic

Conversion Efficiency

Technology	Module Efficiency
Mono-crystalline Silicon	12.5-15%
Poly-crystalline Silicon	11-14%
Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)	10-13%
Cadmium Telluride (CdTe)	9-12%
Amorphous Silicon (a-Si)	5-7%

(Sumber : Handbook for Solar Photovoltaic System, 2015)

Dari modul-modul sel panel surya, modul dengan teknologi *Mono-crystalline Silicon* merupakan modul yang paling efektif dan

memiliki tingkat efektivitas modul mencapai 12,5% sampai 15% energi. Modul dengan teknologi Poly-crystalline Silicon memiliki tingkat keefektivitasan modul mencapai 11% sampai 14%. Modul dengan teknologi CIGS (*copper indium gallium selenide*) memiliki tingkat keefektivitasan modul mencapai 10% sampai 13%. Modul dengan pengaplikasian modul CdTe (*cadmium telluride*) merupakan modul dengan tingkat efisiensi modul mencapai 9% sampai 12%. Dan yang terakhir pengaplikasian modul a-Si (*amorphorus silicon*) yang memiliki tingkat efisiensi modul hanya sebesar 5% sampai 7%. (*Handbook for PV System, BCA 2014*).

**Untuk pemilihan modul PV yang akan diterapkan di dalam bangunan Stasiun MRT, menggunakan modul *Mono-crystalline Silicon* yang memiliki tingkat efisiensi energi lebih tinggi dibanding dengan modul yang lain.**

#### 4. Perhitungan Energi

Photovoltaic (PV), merupakan teknologi yang dimana sistim kerjanya memanfaatkan cahaya matahari diubah mejadi tenaga listrik. Dikenal sebagai metoda mengubah tenaga matahari dengan memanfaatkan sel panel surya di dalam modul (*Setiyowati, E 2001*). Solar sel menghasilkan arus langsung listrik yang didapatkan dari cahaya, yang bisa digunakan untuk memberi tenaga alat atau peralatan untuk mengisi baterai kembali.

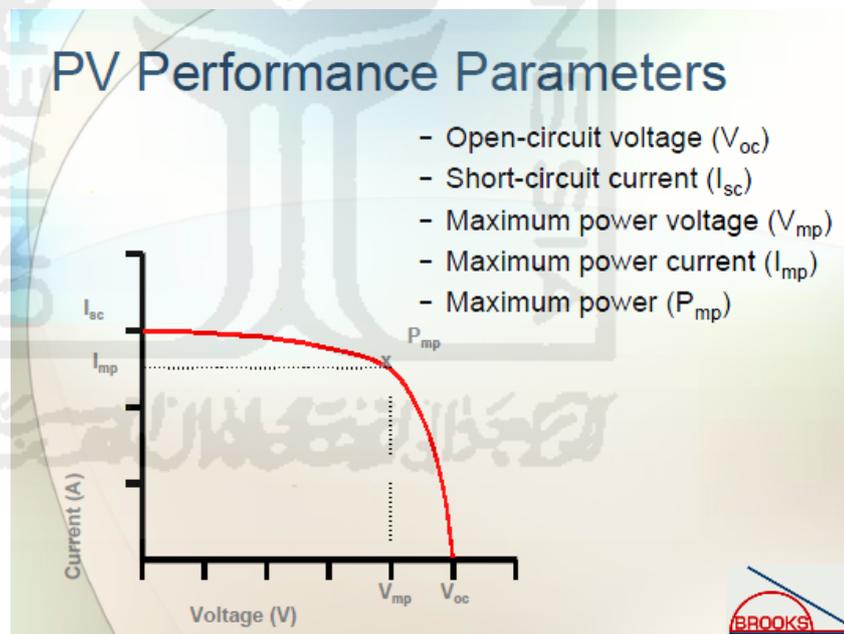
Sel surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu berupa silikon, yang memiliki peranan ganda yaitu berupa insulator dan konduktor. Singkatnya menjadi insulator apabila dalam keadaan temperatur rendah, dan akan menjadi konduktor apabila dalam kondisi panas. Sebuah silikon sel surya adalah sebuah dioda yang berbentuk dari lapisan-lapisan yaitu : lapisan atas Silikon tipe n (*silicon doping of phosphorous*), dan lapisan bawah silikon tipe p

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

(*silicon doping of baron*). Elektron-elektron yang bergerak bebas yang terbentuk dari jutaan proton (atom) pada lapisan penghubung antar lapisan menyebabkan terjadinya pembentukan medan aliran listrik (*Mintorogo, 2000*).

Menurut (*Mintorogo, 2000*) pemanfaatan panel surya (*photovoltaic*) memiliki beberapa persyaratan yang harus dipahami dan dimengerti, diantaranya :

- Ambient Air Temperature
- Radiasi Solar Matahari
- Kecepatan Tiupan Angin
- Keadaan Atmosfir Bumi
- Orientasi Panel atau Array
- Posisi Letak Sel Surya terhadap Matahari



Gambar 2.11 (PV) Performance Parameter

(Sumber : Brooks Engineering, Bill 2015)

**Untuk mendapatkan sel surya bekerja secara optimal dan mendapatkan tenaga luaran energi yang maksimum, maka nilai**

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



**$V_m$  (maximum power voltage) dan  $I_m$  (maximum power current) juga harus maksimum. Sedangkan ketersediaan arus ( $I_{sc}$ ) memiliki nilai yang sama dengan nilai Volt yaitu sama dengan nol.**

### 2.2.3 Pengaplikasian Kedalam Bangunan

Untuk dapat mengetahui bagaimana, penerapan sel *Photovoltaic* kedalam suatu desain bangunan maka dibutuhkan studi preseden yang menggunakan atau pengaplikasian sel *Photovoltaic* tersebut. Menyangkut bangunan jenis atau memiliki fungsi tertentu, material modul seperti apa yang dipergunakan, bagaimana untuk mengintegrasikan terhadap desain, alokasi besaran area yang dapat di aplikasikan, dan perhitungan daya seberapa banyak yang mampu dihasilkan sel *photovoltaic* tersebut :

#### 1. Zero Energi Building @ BCA



Gambar 2.12 BCA, Singapore

(Sumber : *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) System*, 2015)

Penerapan sel *Photovoltaic* ke dalam bangunan BCA Akademi, menggunakan 12 (dua belas) sistem yang dimana 6 (enam) sistem terhubung dengan modul *grid*, dan sedangkan 6 sistem lainnya merupakan sistem mandiri. Dengan teknik penerapan atau penginstalan dengan beberapa tipe sel photovoltaic di BCA akademi membuat *performances* bangunan tersebut menjadi cukup mumpuni mengenai energi hijau (terbarukan).

Nama Bangunan	: <i>Zero Energy Building @ BCA Academy</i>
Pemilik	: <i>Building and Construction Authority (BCA)</i>
Lokasi	: <i>200 Braddell Road, Singapore 579700</i>
Tipe Bangunan	: Akademi, Institusi
Selesai di Bangun	: 2009
Penerapan PV	: Di atap (metal), kanopi, fasad bangunan, pagar
Teknologi Sel PV	: Versi (mc-Si, pc-Si, a-Si, HIT, CIGS)
PV Area (m <sup>2</sup> )	: 1,540
Daya PV (kWp)	: 190
Output Energi(kWh/th)	: 207,000
Hasil PV (kWh/kWp/yr)	: 1,090
Sumber	: BCA/ Green Zone Pte Ltd

## 2. Marina Barrage

Marina Barrage terletak di gerbang utama kanal yang terdapat di Marina, Singapore. Memiliki sebagai peresapan (waduk) yang terdapat di kota Singapore. Bangunan ini menjaga agar kualitas air di danau tetap bersih, untuk dapat mensuplay kebutuhan air di kota. Didalam kompleks bangunan ini terdapat *solar park* (kebun panel surya) yang mendapat predikat terbesar di Singapore karena memiliki jumlah panel mencapai 405 unit. Solar panel tersebut dapat mengoperasikan 50% utilitas bangunan,

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



meliputi kelistrikan, sumber cahaya, dan kelengkapan ruang lainnya.



Gambar 2.13 Marina Barrage

(Sumber : Handbook for Solar Photovoltaic (PV) System, 2015)

Nama Bangunan	: Marina Barrage
Pemilik	: PUB, Singapore National Water agency
Lokasi	: Singapore
Tipe Bangunan	: Food Control
Selesai di Bangun	: 2008
Penerapan PV	: Di atap bangunan
Teknologi Sel PV	: Versi Monocrystalline Silicon
PV Area (m <sup>2</sup> )	: 1,200
Daya PV (kWp)	: 70
Output Energi(kWh/th)	: 76,650
Hasil PV (kWh/kWp/yr)	: 1,095
Sumber	: PUB, Singapore National Water agency

### 3. Lonza Biologis



Gambar 2.14 Lonza Biologis Eksterior

(Sumber : *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) System, RSP 2015*)

Bangunan laboratorium dengan atap yang melengkung, dapat memaksimalkan penggunaan solar panel dengan daya yang dihasilkan mencapai 181 kWp. Dengan susunan modul REC201, solar panel dengan jumlah mencapai 744 unit. Dengan bagian permukaan atap ditutupi modul PV tipe 104 SF130/210 yang dapat menangkap radiasi panas matahari. Dengan bentuk atap yang melengkung diharapkan dapat menampung curah air dan dapat dimanfaatkan guna keperluan bangunan.



Gambar 2.15 Peningstalan Modul REC

(Sumber : *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) System, RSP 2015*)

Untuk pemasangan PV melalui cara membuat jalur atau grid sesuai modul dengan kemiringan  $6^{\circ}$ - $16^{\circ}$  derajat. Bangunan ini dijadikan contoh bangunan yang dapat menghasilkan tenaga listrik melalui konversi dari cahaya, panas matahari menjadi sumber energi.

Nama Bangunan	: <i>LBXS2 (Lonza Biologics)</i>
Pemilik	: <i>Lonza Biologics Tuas Pte Ltd</i>
Lokasi	: Tuas, Singapore
Tipe Bangunan	: <i>Biotech factory</i> dan Laboratorium
Selesai di Bangun	: Mei 2009
Penerapan PV	: Di atap bangunan,
Teknologi Sel PV	: Versi <i>Polycrystalline Silicon</i>
PV Area (m <sup>2</sup> )	: 1,330
Daya PV (kWp)	: 181
Output Energi(kWh/th)	: 217,000
Hasil PV (kWh/kWp/yr)	: 1,200
Sumber	: Phoenix Solar Pte Ltd and Lonza Biologics Tuas Pte Ltd

**Melihat beberapa penerapan *sel Photovoltaic* pada bangunan diatas, memberikan gambaran bahwa penerapan solar panel dapat memiliki nilai estetik tertentu. Disamping fungsi utamanya sebagai pemanen cahaya yang kemudian diubah kedalam tenaga listrik guna oprasional bangunan.**

**Dapat diaplikasikan kedalam bagunan dalam, atap (*toping*), *shading*, pagar bangunan. Dengan menggunakan modul – *array* tertentu untuk memaksimalkan pendapatan tenaga listrik dari pemaparan radiasi matahari tersebut.**

## 2.3 TINJAUAN *PUBLIK PLACE* (Ruang Publik)

### 2.3.1 Spesifikasi Umum

Menurut (*Lynch, 1960*) istilah ruang publik (*public place*) pernah dikemukakan, dengan menyebutkan bahwa ruang publik adalah *Nodes* dan *Landmark* yang menjadi alat navigasi didalam kota. Ruang publik dapat berpengaruh kedalam beberapa fungsi baru dalam lingkup perkotaan. *Nodes*, titik titik penting dalam kota, bisa berwujud persilangan aktifitas. Menurut Lynch “*Nodes adalah fokus strategis ke mana pengamat bisa masuk, biasanya baik persimpangan jalur, atau konsentrasi beberapa karakteristik*” (*Lynch, 1960 : 72*)”

*Landmark*, objek yang mudah dikenali, dapat juga menjadi penanda suatu kawasan dalam kontes yang lebih luas. “*Berbeda dengan node, yang dapat diintervensi, landmark fitur eksternal untuk individu yang bertindak sebagai titik referensi*” (*Lynch, 1960*). Sesuatu hal yang bervariasi dengan pengalaman pribadi seseorang. *Landmark* biasanya statis (juga 58ias benda mobile seperti matahari) dan benda-benda unik (fisik struktur atau fitur geografis) yang dapat dipilih dari sejumlah kemungkinan. *Landmark* adalah isyarat yang sangat penting dalam proses cara-menemukan, ketika objek atau suatu hal yang memiliki pembeda khas dan tidak terlalu banyak (*Kaplan, et al., 1998*).

**Ruang publik (*public place*) dapat berupa titik-titik persilangan yang didalamnya terdapat berbagai aktivitas. Atau dengan *scope* perancangan yang lebih besar ruang publik dapat menjadi sebuah *landmark* kota yang didalamnya terdapat banyak aktivitas penggunaannya. Untuk itu perancangan ruang publik hendaknya dapat memfasilitasi kegiatan pengguna di dalamnya dan tidak terikat oleh satu fungsi tertentu.**

## 1. Study Kasus Ruang Publik

### A. Square Amagertorv, Copenhagen

Amagertorv merupakan plaza yang sering dipadati pengunjung (manusia) karena memiliki unsur keindahan dalam perancangannya. Dilengkapi fasilitas pendukung yang membuat nyaman pengunjung, dengan deretan bangunan lama yang masih terawat, terdapat beberapa *sculpture* dan *fountain*, dengan *paving* atau pola lantai plaza yang sangat dinamis karena perpaduan motif dan warnanya.



Gambar 2.16 Suasana Square Amagertorv, Copenhagen  
(Sumber : *Public Space in Copenhagen, Gehl*)

### B. Jalan Braga, Bandung

Braga merupakan kompleks bangunan lama, yang terdapat fungsi berupa ruang publik pada area pedestrian + jalan. Paths, jalan selasar pedestrian, jalan raya dan seluruh jaringan pergerakan dalam kota. Kota akan sangat bergantung pada akses jalan karena kota sangat membutuhkan sirkulasi untuk mobilitas. *Path* adalah saluran gerakan – sirkulasi di mana kota dapat dipahami seperti gang, jalan-jalan, rel kereta api, jalan raya, kanal dan sejenisnya. Setiap jalan memiliki tiga karakteristik yang memberikan potensi potensi, yaitu identitas, kontinuitas dan kualitas directional. Jalan mungkin memiliki kontinuitas, jika ada kepadatan dan ragam aktivitas secara bersamaan, maka orang akan berorientasi dengan

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



mengikuti arus utama lalu lintas. Kesamaan nama mungkin memberikan jalan sebuah suasana yang berbeda, pembeda antar tiap jalan tersebut (*Lynch, K 1960*).



Gambar 2.17 Suasana Jalan Braga, Bandung

(Sumber : *google.com*, diakses 2015)

## 2. Indikator Perancangan

Dengan era sekarang, kebanyakan ruang-ruang publik yang dijadikan tempat warga sebagai tempat bersosial sudah tergantikan fungsinya. Ruang publik seperti: lapangan, taman kota, area wisata, area berkesenian, lama-lama menghilang dan digantikan oleh pusat perbelanjaan, perhotelan, rumah bermukim (*Siahaan, J*).

Perancangan ruang publik hendaknya mampu memberikan keadaan sebagaimana mestinya. Memberikan fungsi-fungsi ideal, sehingga dapat diterima dikalangan masyarakat pada umumnya. Menurut (*Siahaan, J*) terdapat beberapa kriteria apabila ingin mencapai ruang publik yang ideal :

### A. *Image and Identity*

Ruang publik dapat membentuk identitas tertentu, berdasarkan kebiasaan dari aktivitas masyarakat sekitarnya.

Dapat diketahui apabila melihat kondisi bangunan sekitar yang terlihat menonjol, berbeda pada bangunan pada umumnya.

#### B. *Attraction and Destinations*

Dapat dijumpai beragam daya tarik yang memikat pengunjung yang membuat nyaman berada didekatnya. Dapat berupa fountain, sculpture, *civic art* yang biasanya diletakkan pada area tertentu dan membuat pengunjung memiliki rasa ingin mengetahuinya.



Gambar 2.18 Ghirardelli Square, San Fransisco

(Sumber : Siahaan J)

#### C. *Ketenangan (Aminities)*

Keadaan ruang publik seharusnya mampu memiliki atau mampu memberikan ketenangan bagi pengguna yang berada pada lokasi tertentu. Dan ruang publik harus dapat dimanfaatkan dan menjangkau seluruh umur dari anak-anak sampai dewasa (lansia).

#### D. *Flexible Design*

Ruang publik dapat digunakan sepanjang waktu (dari pagi, siang, dan malam). Sehingga peerancangan ruang publik

harus memikirkan apa yang akan dilakukan pengguna pada pagi hari, siang atau malam hari dengan beragam aktivitas.



Gambar 2.19 *Playing Tennis on Square, Denmark*  
(Sumber : Siahaan J)

#### E. *Seasonal Strategy*

Perancangan ruang publik tidak didasarkan kepada salah satu fungsi semata. Namun dapat memberikan suasana yang berbeda-beda pada kurun waktu tertentu, atau dapat dimanfaatkan untuk kegiatan tertentu dengan konsep yang berubah ubah.

#### F. Akses

Kriteria yang terakhir mengenai jalur akses, haruslah direncanakan dengan mempertimbangkan banyak hal yang akan terjadi didalamnya. seharusnya akses ruang publik mudah dijangkau dengan berjalan kaki, memiliki kedekatan dengan jalur utama, dengan catatan bahwa kendaraan yang melewati jalan dengan keadaan lambat.



Gambar 2.20 Suasana Jalan Braga, Bandung

(Sumber : [google.com](http://google.com), diakses 2015)

Dengan demikian mendapati persoalan desain dalam perancangan ruang publik, yaitu bagaimana menghasilkan rancangan yang dapat dimanfaatkan segala umur. Dan dengan perancangan yang dapat direkayasa untuk berbagai aktivitas didalamnya, dengan pemakaian waktu dari pagi sampai malam. Harus diperhatikan mengenai penyediaan fasilitas penunjang di dalam ruang publik tersebut.

### 2.3.2 Penataan Vegetasi, dan Landscape

Pengolahan *vegetasi* dan *landscape*, memiliki pengaruh yang cukup signifikan kedalam bangunan. Adanya komponen pengolahan tapak dan jenis tanaman di dalam site perancangan, akan membantu mengurangi penggunaan energi bangunan. Penggunaan tanaman ke dalam bangunan merupakan sesuatu hal yang penting, disamping memperindah bangunan juga dapat menurunkan suhu ruang dalam maupun suhu ruang luar. Karena kawasan terbangun cenderung memiliki suhu udara yang lebih tinggi dibanding kawasan alamiah yang ditumbuhi vegetasi (*Karyono, Tri 2010*).

## 1. Material Lansekap

*Landscape* dan *vegetasi* membentuk pembentukan ruang yang didalamnya terdapat banyak komponen-komponennya. Untuk lebih jelasnya mengenai komponen pembentuk ruang adalah, terdiri dari : bidang atap, bidang dinding, dan bidang alas (*Arsitektur Lansekap, 2009*). Kualitas nilai ruang tergantung dari pola ruang yang diinginkan. Bidang ruang yang terbentuk direkayasa berdasarkan unsur material sesuai bentuk, tekstur, warna dan ukuran dimensi yang diinginkan.

Terdapat 2 (dua) jenis material yang dapat digunakan dan diterapkan pada lansekap bangunan, diantaranya :

- Material lunak (*soft materials*)
- Material keras (*hard materials*)

Material lunak biasanya terdiri atas komponen dengan material yang lunak, seperti tanaman atau pepohonan, dan air. Komponen tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pembentuk ruang. Tanaman merupakan material lansekap yang terus tumbuh, terus hidup, dan terus berkembang. Didalam perkembangannya tanaman akan mengalami perubahan dalam hal ukuran atau besaran, warna, tekstur, bentuk selama masa pertumbuhannya (*Arsitektur Lansekap, 2009*).

Material keras, biasanya berwujud dengan material yang memiliki tingkat kekerasan tertentu, seperti kayu, metal, besi, plastik, dan beton. Didalam material keras terdapat 5 (lima) jenis kelompok berdasarkan pembagiannya, yaitu : material keras alami, material keras alami dari potensi geologi, material keras buatan bahan metasl, material keras buatan sintesis, dan material keras buatan kombinasi.

**Dalam perancangan perancangan stasiun MRT, untuk kasus lansekap akan diperbanyak dan menggunakan material dengan intensitas lunak (pengolahan tanaman, pepohonan, dan air). Dengan beberapa kombinasi dari material keras didalam perancangannya. Kedua komponen tersebut, didasarkan berdasarkan fasilitas ruang**

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



publik untuk pengunjung secara keseluruhan, dan untuk menghasilkan iklim mikro bangunan sebagai langkah efisiensi tingkat penggunaan energi bangunan.

## 2. Karakteristik Tanaman

Fungsi tanaman, berdasarkan fungsi ekologisnya menurut (*Arsitektur Lanskap, 2009*) : dapat menyerap CO<sup>2</sup> dan menghasilkan O<sup>2</sup> (oksigen) di siang hari, dapat memperbaiki iklim setempat, dapat mencegah terjadinya pengikisan muka tanah (*run off*), dan dapat menyerap air hujan.



Gambar 2.21 Bentuk Tanaman dipengaruhi batang dan Cabangnya  
(Sumber : modifikasi penulis dari berbagai sumber, diakses 2015)

Menurut (*Rustam, didalam buku Arsitektur Lanskap, 2009*) pembagian tanaman menjadi 5 (lima) *morpologis* tanaman :

- *Pohon* : batang berkayu, percabangan jauh dari tanah, berakar dalam, dan tinggi diatas 3000 mm
- *Perdu* : batang berkayu, percabangan dekat dengan tanah, berakar dangkal, dengan tinggi diantara 1000-3000 mm

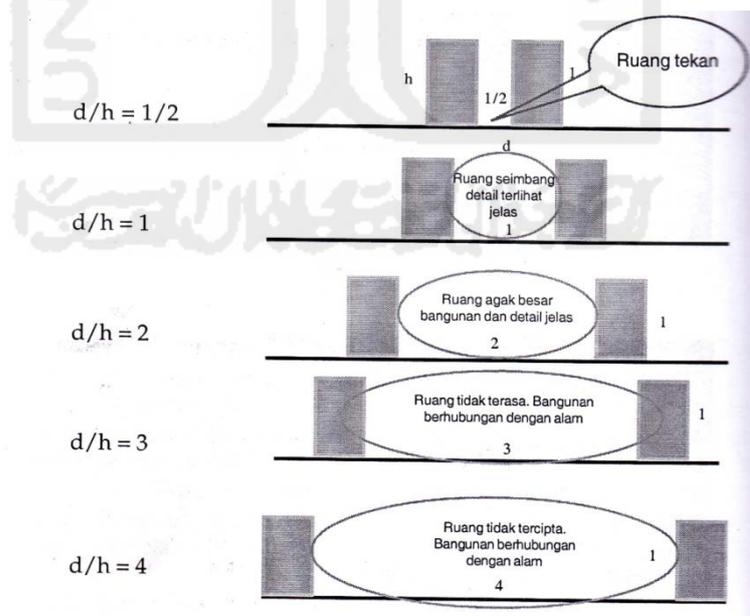
“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

- *Semak* : batang tidak berkayu, percabangan dekat dengan tanah, berakar dangkal, dengan tinggi 500 – 1000 mm
- *Penutup tanah* : batang tidak berkayu, berakar dangkal, dan tinggi diantara 200 – 500 mm
- *Rerumpunan*.

Berdasarkan dari segi ekologis, tanaman dapat dilihat dari tempat hidupnya. Berada di kawasan dataran tinggi, dataran rendah, di lereng, gurun, danau dan pantai. Karakter fisik tanaman dapat dilihat dari bentuk batang dan percabangannya, bentuk tajukdaun, massa daun, massa bunga, warna, tekstur, aksentuasi, skala ketinggian dan kesendiriannya (*Arsitektur Lanskap, 2009*).

Berdasarkan penjelasan diatas maka penggunaan tanaman pada area ruang publik menggunakan tanaman peredu. Tanaman peredu dengan ketinggian 1000mm sampai 3000mm dengan jenis daun yang rimbun.

### 3. Skala Ruang



Gambar 2.22 Skala Keruangan

(Sumber : *Arsitektur Lanskap, 2009*)

Skala dalam arsitektur menunjukkan perbandingan antara elemen bangunan atau ruang bangunan dengan ukuran tertentu yang sesuai dengan proposi penggunanya (manusia). Sudut pandang manusia pada umumnya pada bidang vertikal adalah  $60^{\circ}$ , namun apabila melihat secara lurus kedepan atau menuju ke titik objek secara intensif maka sudut pandangannya menjadi  $1^{\circ}$  (*Minten, dalam buku Skala in Civic Design*).

Menurut (*Yoshinobu Ashiara*) dalam buku *Open Spaces* menuliskan tentang perbandingan jarak bangunan (D) dibagi dengan ketinggian bangunan (H), penjabarannya sebagai berikut :

- $D/H=1$  , Ruang terasa seimbang dalam hal perbandingan jarak dan tinggi bangunannya.
- $D/H<1$  , Ruang yang terbentuk akan terlalu sempit dan memberikan rasa tertekan , apabila di antara keduanya
- $D/H>1$  , Ruang terasa agak besar
- $D/H>/2$  , Tidak merasakan pengaruh ruang

**Berdasarkan penjelasan diatas, dapat ditemukan bahwa keberadaan ruang publik erat kaitanya dengan skala keruangan yang terbentuk. Idealnya perancangan ruang publik menggunakan strategi pada *point* ke tiga ( $d/h = 2$  yang artinya keberadaan ruang tidak terasa sehingga dapat melihat detail bangunan dengan jelas, dan memiliki hubungan dengan alam).**

Skala dalam arsitektur adalah suatu kemampuan manusia (pengguna) secara kualitas untuk membandingkan bangunan atau ruang. Pada bentuk ruang-ruang yang masih terjangkau oleh manusia, skala ini dapat langsung dikaitkan dengan ukuran manusia. Pada jenis ruang yang melebihi jangkauan dari manusianya penentuan skala harus didasarkan melalui pengamatan visual dengan membandingkan melalui ketinggian manusia. Terdapat beberapa jenis skala apabila dikaitkan dengan sisi

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



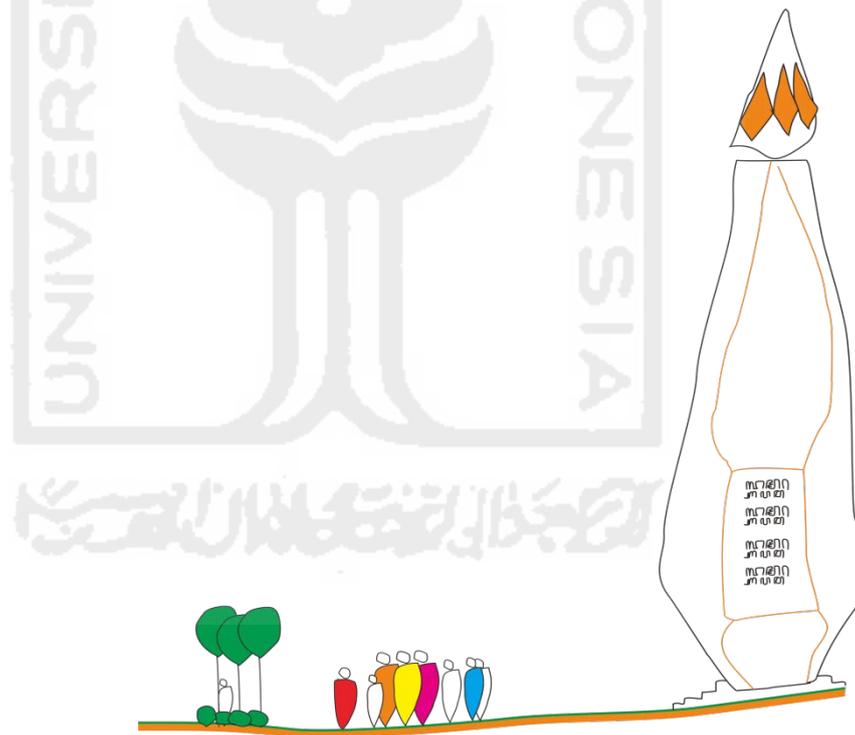
perancangan dalam lingkup perkotaan, dan dapat membentuk suatu karakter tertentu :

A. Skala ruang intim

Merupakan skala ruang yang lingkungannya kecil, sehingga dapat merasakan seperti perlindungan bagi manusia (pengguna) yang berada di dalamnya.

B. Skala ruang monumental

Merupakan skala ruang yang memiliki objek yang besar dan nilai tertentu sehingga manusia akan merasakan keagungan dari ruangan tersebut. Manusia akan tergerak berdasarkan segi spiritualnya karena terkesan dari keagungan objek yang dirasakan.



Gambar 2.23 Skala Ruang Monumental

(Sumber : modifikasi penulis dari buku *Arsitektur Lansekap*,2009)

C. Skala ruang kota

Merupakan ruang yang dikaitkan dengan suasana kota serta lingkungan sekitar manusianya, sehingga manusia dapat merasakan memiliki atau memiliki perasaan senang dengan lingkungan tersebut

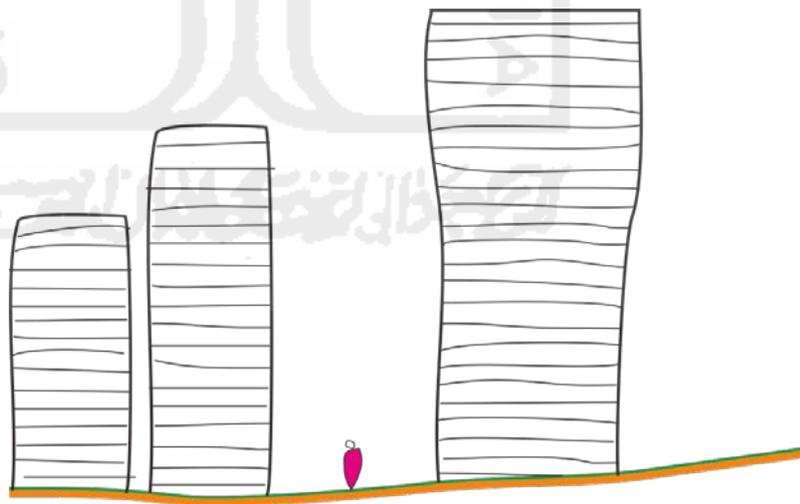


Gambar 2.24 Skala Ruang Kota

(Sumber : modifikasi penulis dari buku *Arsitektur Lansekap, 2009*)

D. Skala ruang menakutkan

Merupakan ruang yang memiliki skala objek bangunan yang memiliki ketinggian yang berdeda jauh dengan skala manusia (pengguna). Akan merasakan terintimidasi (takut) apabila melewati atau berjalan diantara kedua bangunan yang berdekatan tersebut.



Gambar 2.25 Skala Ruang Menakutkan

(Sumber : modifikasi penulis dari buku *Arsitektur Lansekap, 2009*)

Menyangkut skala perancangan stasiun MRT yang memiliki lokasi di tengah kota, akan relevan apabila skala perancangan nanti menggunakan skala ruang kota. Yang dimana manusia (pengunjung) akan merasakan kesenangan, kegembiraan apabila berada dilingkup stasiun MRT. Dan mendukung konsep penyediaan ruang publik untuk bersosial bagi pengguna yang berada di lingkungan tersebut.

### 2.3.3 Karakteristik Pengguna

Fungsi ruang publik, secara garis besar merupakan fasilitas sarana umum yang diperuntukan bagi khalayak umum.



Gambar 2.26 Jenjang umur manusia  
(Sumber : modifikasi penulis, 2015)

Gambar diatas merupakan jenjang perubahan umur manusia, apabila berbicara menyangkut ruang publik – erat kaitannya mengenai pengguna yang menjadi sasaran perancangan. Sehingga dapat tepat mau diarahkan kemana konsep perancangan.

Kaitannya dengan perancangan stasiun MRT, dapat dilihat bahwa yang dapat mempergunakan fasilitas tersebut antara usia 18 th – 38 th. Karena pada usia tersebut sudah memiliki rasa kepekaan terhadap disekelilingnya, sehingga dapat mempergunakan fasilitas stasiun MRT.

Berdasarkan pernyataan diatas maka untuk konsep perancangan ruang publik, lebih diarahkan untuk usia-usia remaja akhir – dewasa (18 sampai 38 tahun).

## 2.4 TINJAUAN FUNGSI BANGUNAN (MRT)

### 2.4.1 Study Kasus Bangunan Stasiun MRT

#### 1. Al-Rashidiya, Dubai

Terletak di Dubai, Uni Emirat Arab

Al-Rashidiya merupakan fasilitas sarana transportasi (metro), yang terintergrasi langsung dengan bengkel (*workshop*) yang merupakan satu kesatuan. Design fasilitas metro ini dirancang dengan desain terbaik dengan berbagai fitur didalamnya:

- Menggunakan *seating* tempat duduk berlapis kulit dan ukuran tempat duduk yang cukup lebar
- Desain pada permukaan lantai dan tata pencahayaan buatan yang dirancang secara *eksklusif*
- Dapat menyaksikan view panorama kota Dubai
- Penyediaan fasilitas khusus (*private class*) bagi perempuan dan anak-anak
- Mendapatkan fasilitas *Wi-Fi* di seluruh jaringan, dan cakupan ponsel (*gadgeted*) yang begitu luas
- Memberikan penghawaan buatan berupa (AC) di setiap kabin, dan desain jalur sirkulasi pengguna yang cukup lebar
- Metro ini termasuk kedalam, Metro terpanjang dan menggunakan Otomatis sistim di Dunia
- Menggunakan perlindungan kereta secara otomatis program (ATP)
- Memiliki kendali penuh menyangkut keselamatan pengguna, dan memiliki beragam kamera pengawas dan menggunakan deteksi sensor program.

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Gambar 2.27 Dubai Metro, Dubai  
(Sumber : [DubaiMetro.eu](http://DubaiMetro.eu), diakses 2015)

Al-Rashidiya metro stasiun dan Jabel Ali *workshop*, merupakan kesatuan dari sistim *metro* yang saling mendukung guna kelancaran *mobilitas* penggunanya. Site Al-Rashidiya terpilih karena beberapa alasan, melalui perundingan yang cukup *complicate*. Al-Rashidiya terletak pada titik jalur yang strategis di Jalan *Emirates Road*, dan satu-satunya lokasi yang sangat memungkinkan untuk dikembangkan stasiun *MRT Metro*. Dan didukung dengan berbagai aspek perancangan yang dapat memudahkan pelaksanaan. ([DubaiMetro.eu](http://DubaiMetro.eu))



Gambar 2.28 Situasi (Rashidiya –Jabel Ali, Dubai  
(Sumber : [wikimapia.com](http://wikimapia.com), diakses 2015)

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Mark Smith, sebagai manager Dubai *Metro Station* menjelaskan bahwa setiap stasiun (halte pemberhentian) dirancang dengan tema tema tertentu. Sebagai contohnya halte Khalid bin Al Waleed yang terintergrasi dengan dua jalur atau koridor *Metro*, sehingga memiliki tingkat elevasi bangunan berbeda dengan Halte yang lainnya.

Dengan 50 juta penumpang per tahunnya, dengan ratusan pekerja, puluhan set kereta metro, beberapa *workshop* area, Dubai telah membangun tidak hanya pengoperasian metro dengan basis otomatis namun juga termasuk kedalam sistim terancang di dunia. (*DubaiMetro.eu*)



Gambar 2.29 Suasana Jabel Ali Workshop, Dubai

(Sumber : *DubaiMetro.eu/FrancoisNel-Gulfnews*, diakses 2015)

Segera setelah layanan metro selesai beroperasi, pada malam hari kereta mulai bergerak ke Jabel Ali. Kereta Metro mengalami pencucian hampir setiap hari. Waktu yang dibutuhkan untuk pencucian kereta mencapai 5-7 menit.

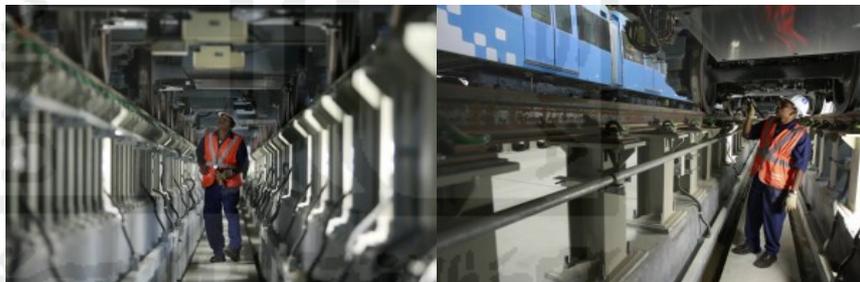
“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Gambar 2.30 Jalur Metro dari Workshop, Dubai

(Sumber : [DubaiMetro.eu/PankajSharma-Gulfnews](http://DubaiMetro.eu/PankajSharma-Gulfnews), diakses 2015)

Pengecekan jalur atau trek metro menggunakan Tes *Ultra-Sonic* per enam bulan sekali guna mendapat informasi mengenai keadaan trek (jalur) secara keseluruhan.



Gambar 2.31 Petugas Melakukan Inspeksi di Jabel Ali Workshop, Dubai

(Sumber : [DubaiMetro.eu/FrancoisNel-Gulfnews](http://DubaiMetro.eu/FrancoisNel-Gulfnews), diakses 2015)

Petugas melakukan pemeriksaan menggunakan sistem komputerisasi, yang bisa dikenal dengan Kereta Pengendali *Monitoring* sistem. Meliputi perawatan *maintance* kereta, pembersihan kereta, biasanya dilakukan pada saat tengah malam atau sebelum beroperasi di pagi harinya. ([DubaiMetro.eu](http://DubaiMetro.eu))

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Dengan demikian perancangan stasiun MRT ini akan memiliki penambahan fungsi bangunan baru karena sebuah halte MRT tidak akan bisa beroperasi apabila ketidakhadanya *Workshop area*. Karena setelah kereta LRT beroperasi akan masuk kedalam fase *maintance* guna memperoleh performa yang maksimal untuk dipergunakan kembali. Bagaimana merancang sebuah fungsi baru yaitu sebuah stasiun MRT yang memiliki kebutuhan energi oprasional bangunan yang cukup besar namun memiliki tantangan dengan menggunakan energi yang tidak didapatkan melalui proses pembakaran bahan bakar fosil.

## 2. Berlin Hauptbahnhof, Germany

Terletak di negara Berlin, Jerman. Merupakan setasiun kereta di jantung kota Jerman dan dioperasikan oleh *DB Station & Service*, anak perusahaan dari Jerman Bahn. Dengan perancangan mencapai 5 (lima) lantai, dan pada lantai teratas dihubungkan melalui skywalk. Dan juga memiliki basement 3 (tiga) lapis kebawah untuk melayani kereta bawah tanah yang menghubungkan Utara-Selatan Jerman dan direncanakan sebagai Transportasi berbasis Rapid.



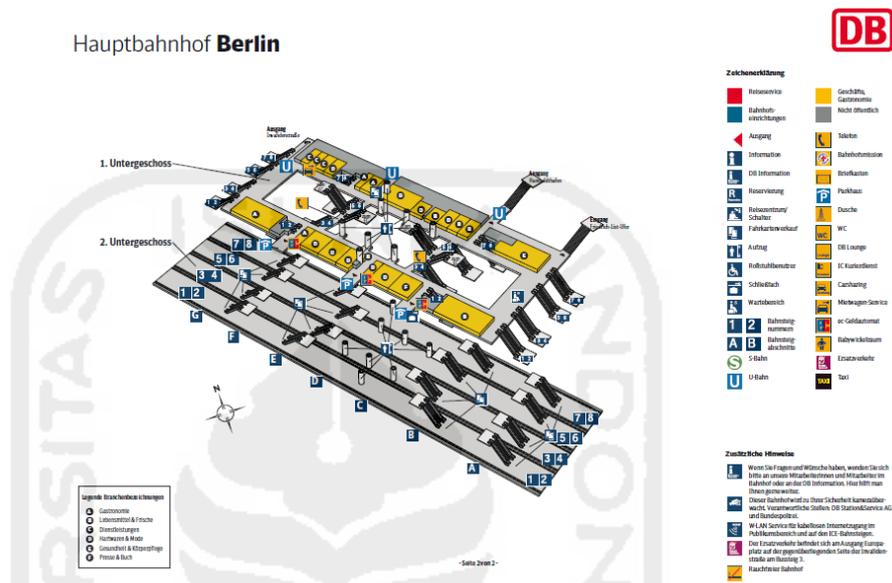
Gambar 2.32 Berlin Hauptbahnhof, Germany

(Sumber : [raileurope.com](http://raileurope.com), diakses 2015)

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

Hauptbahnhof merupakan stasiun yang memiliki dua jalur (elevated – subway) dan ditengah terdapat pusat perbelanjaan yang menyediakan kebutuhan pengguna.

Hauptbahnhof **Berlin**



Gambar 2.33 Axonometri Basement Floor Berlin Hauptbahnhof, Germany

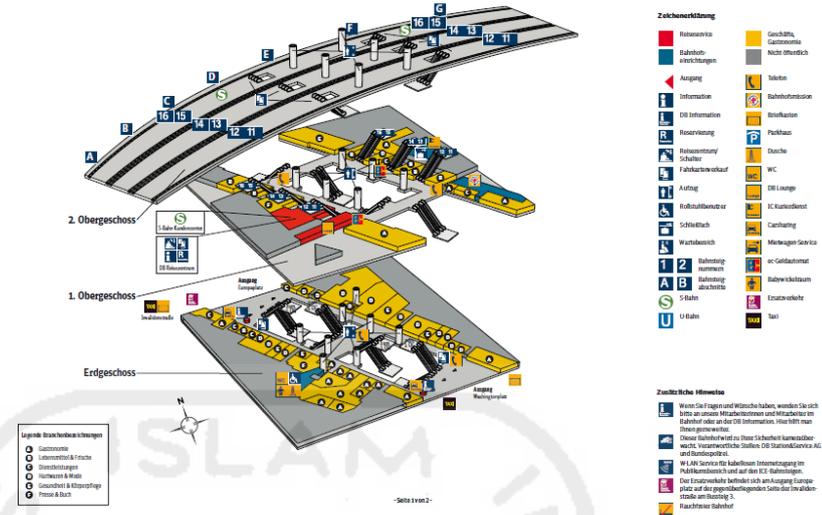
(Sumber : raileurope.com, diakses 2015)

Pada area basement terhubung dengan area parkir, dan area services lainnya (office, lavatory, locker room, dan sebagainya). Transportasi vertikal langsung dari basement floor level ke 2nd floor level menggunakan elevator. Cukup banyak penggunaan elevator pada bangunan stasiun ini. Yang membuat konsumsi energi bangunan cukup besar.

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Hauptbahnhof Berlin



Gambar 2.34 Axonometri 2<sup>nd</sup> Floor Berlin Hauptbahnhof, Germany  
(Sumber : raileurope.com, diakses 2015)

Pada level berikutnya lebih banyak dijumpai shopping area, pedestrian arcade shop. Dapat dikategorikan kedalam area atau fasilitas komersial dalam bangunan stasiun. Pada area groundfloor terhubung dengan beberapa moda transportasi seperti (bus, taxi) yang membuat jalur sirkulasi kendaraan cukup padat.

Untuk menghasilkan perancangan fasilitas stasiun yang berhasil, maka dalam perancangan akan mempertimbangkan aspek komersial berupa shopping arcade pada area tertentu. Disamping fungsi utama sebagai stasiun MRT dan penyediaan ruang publik yang diprediksi memiliki kepadatan manusia, maka langkah untuk menyediakan shopping arcade perlu dipertimbangkan. Dan karena perancangan ini menekan kebutuhan energi, maka untuk transportasi *vertikal* pengunjung akan menggunakan ramp yang sekaligus termasuk kedalam pengolahan *landscape*.

## 2.4.2 Sistim Communications – Based Train Control (CBTC)

Didalam pengoperasian sebuah kereta LRT terdapat beberapa penerapan sistim kerjanya. Yang pertama, sistim perjalanan kereta diatur menggunakan sistim komputerisasi – semua dikerjakan secara otomatis dengan *software*. Yang kedua, sistim semi (sebagian) yaitu sebagian menggunakan *software* sebagian menggunakan tenaga manusia untuk mengoperasikan kereta LRT. (*SelTrac, tahun 2015*)

	operating cost	availability	driver	door control	guideway intrusion detection
FAO	lower	higher	not required	included	included
STO*	higher	lower	required	not included	not included

\*FAO : fully automated operation  
\*STO : semi automated operation

Gambar 2.35 sistim operasi

(Sumber : *SelTrac, diakses 2015*)

Gambar diatas menjelaskan mengenai bagaimana pengoperasian jalannya kereta LRT. Sejauh ini terdapat dua sistim yang sering dipergunakan didalam menjalankan kereta LRT dengan menggunakan jalur eksklusif.

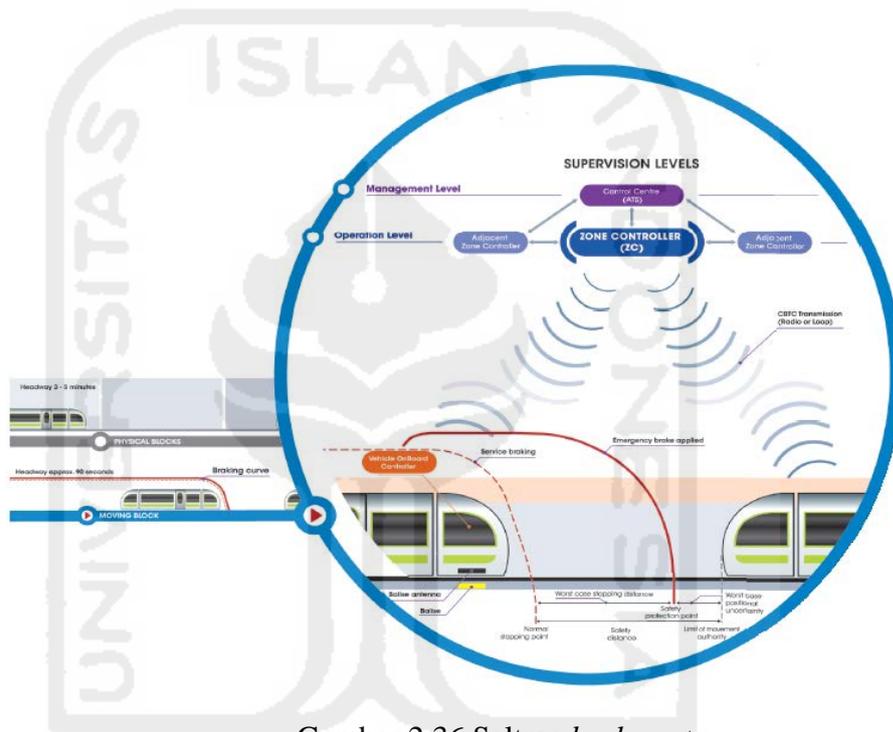
*Fully automated operation* (FAO), merupakan sistim pengoperasian kereta LRT dengan basis pemenuhan sistem menggunakan aplikasi *software*. Sistim FAO memiliki biaya yang lebih rendah dari sistim semi pada kereta. Secara ketersediaannya sistim ini lebih banyak dijumpai apabila dibandingkan dengan sistem semi pengoperasian. Pada sistim kontrol kereta tidak membutuhkan masinis atau yang menjalankan kereta didalamnya. Dan sudah termasuk meyangkut sistim akses penumpang dalam hal ini mengenai pintu kereta yang secara otomatis termasuk kedalam sistim kerja FAO tersebut.

*Semi automated operation* (STO), merupakan sistim pengoperasian kereta LRT secara semi. Maksudnya sebagian pengoperasian kereta menggunakan bantuan sistim, sebagian lagi menggunakan tenaga manusia

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

untuk mengerjakannya. Sistem STO membutuhkan biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan sistem FAO karena membutuhkan dua unsur yaitu komputerisasi dan unsur manusia didalam pengerjaannya.

**Untuk pengoperasian kereta LRT pada perancangan ini akan menggunakan sistem operasi STO (*semi automated operation*) karena juga mempertimbangkan aspek keselamatan dan keamanan penumpang kereta LRT.**



Gambar 2.36 Seltrac brakesystem

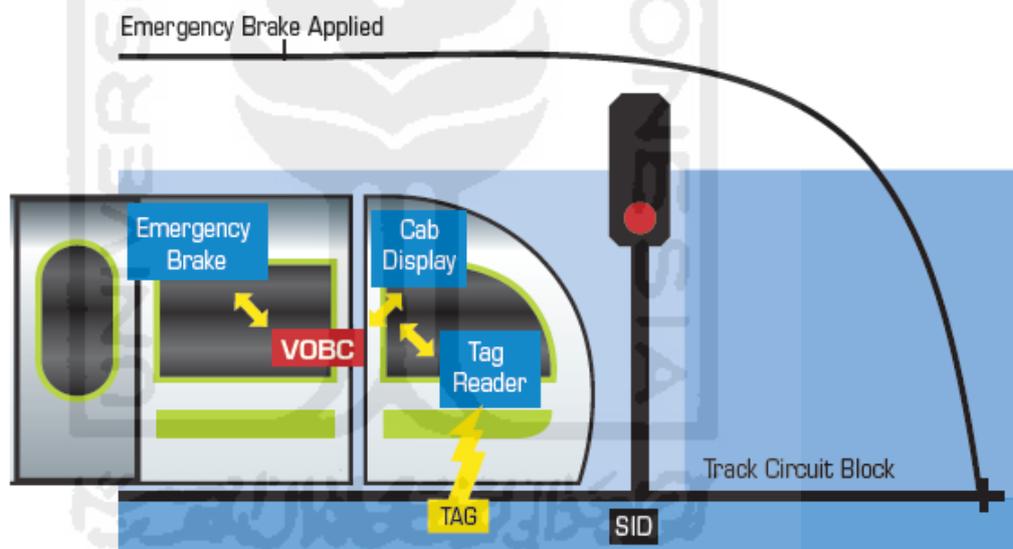
(Sumber : SelTrac, diakses 2015)

Gambar diatas menjelaskan tentang bagaimana sistem kerja pengoperasian kereta LRT dengan sistem otomatis. Lebih jelasnya mengenai sistem keamanan kereta, dengan menggunakan teknologi CBTC yang mampu mengantisipasi tabrakan antar kereta LRT.

Sistem kerjanya menggunakan signal atau gelombang radio yang dipancarkan dari masing masing item (komponen) yang telah diletakkan di dalam kereta LRT. Masing masing kereta mengirimkan signal ke sistem operasi (ruang kontrol), yang akan selalu dipantau oleh admin di ruang

kontrol. Apabila terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan, misalnya dalam satu jalur terdapat dua kereta yang berlawanan arah dengan radius tertentu signal kereta akan memberikan tanda melalui gelombang radio ke ruang kontrol – dan meresponnya dengan *brakesystem* secara otomatis aktif dalam kurun waktu 3-4 menit setelah mengirimkan gelombang tersebut.

**Sistim keamanan kereta menjadi salah satu hal terpenting menyangkut keselamatan jiwa penumpang. Dengan menggunakan sistim perjalanan yang aman maka keselamatan penumpang dapat terjaga. Berdasarkan penjabaran diatas maka salah satu penyedia atau sistim yang diterapkan dalam pengoperasian kereta LRT dapat menggunakan CBTC System.**



Gambar 2.37 *Emergency Brake Applied*

(Sumber : SelTrac, diakses 2015)

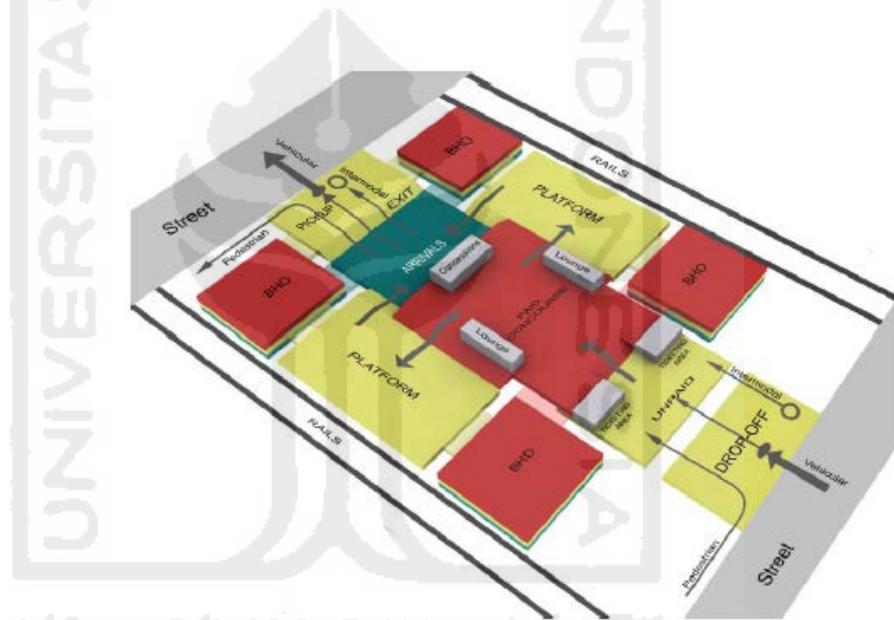
Kemampuan sistim Seltrac dalam pengoperasian kerja kereta, yang memiliki kelebihan dari segi keselamatan perjalanan pengguna. Dengan demikian sistim ini cukup ideal untuk diterapkan dalam kereta LRT yang melayani perjalanan *suburban* yang dikendalikan dari ruang kontrol.

Dibutuhkan sebuah control room untuk menjadi pengatur dan pengelola perjalanan kereta. Sehingga dapat dipantau dan dapat ditemukan alur pergerakan dan *timing* (kedatangan - keberangkatan perjalanan kereta LRT di Lempuyangan, Yogyakarta).

### 2.4.3 Fungsi, Kebutuhan Ruang

#### 1. Standar Ruang

Menyangkut fungsi bangunan merupakan stasiun MRT, sehingga diperlukan pembahasan mengenai standar ruang bangunan serupa.



Gambar 2.38 Sirkulasi Pengunjung Stasiun  
(Sumber : ministry of railways, India 2009)

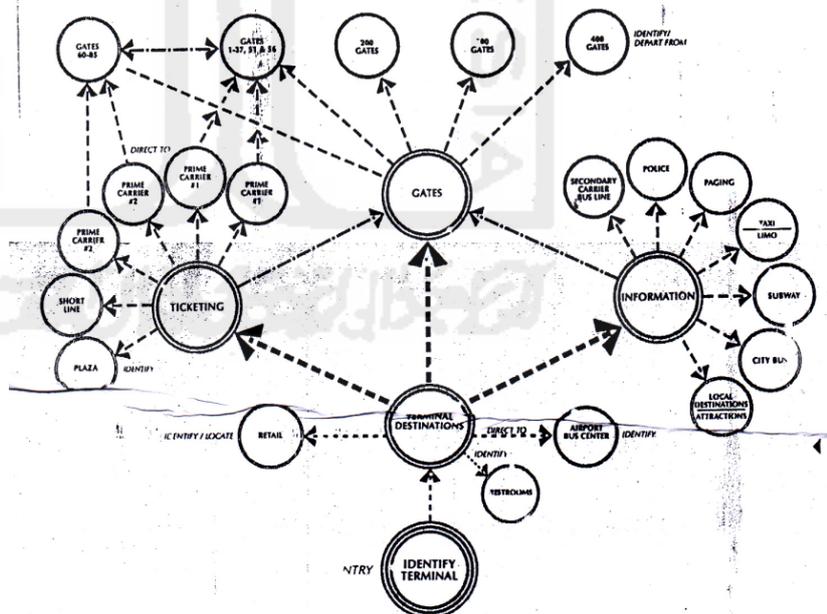
Untuk fasilitas stasiun dengan cakupan jumlah masa yang cukup banyak, fasilitas pendukung di dalam bangunan menjadi faktor kunci keberhasilan desain. Standar bangunan stasiun hendaknya tidak memihak kepada pengunjung dengan fisik yang normal, melainkan juga harus dapat memenuhi kebutuhan bagi pengunjung yang *disable* (*barrier free design*). Yang tidak membedakan antara pengunjung yang normal dengan yang kurang

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



secara fisik. Pemenuhan fasilitas umum yang seharusnya disiapkan dalam proses perancangan, dan yang harus diperhatikan, sebagai berikut :

- Kemudahan akses (jalur sirkulasi)
- Kemudahan menemukan area tunggu (*waiting area*)
- Hall yang cukup luas
- *Rest Area*
- *Toilet, lavatories*
- *Shopping arcade (retail)*
- *Restaurant, food court*
- Ruang informasi
- *Money Changer*
- *ATM center*
- *Ticketing area*
- *Public security*



Gambar 2.39 Diagram alur pengunjung  
(Sumber : *transit facilities, 2004*)

Di dalam buku (*Transit Facilities, Wiley John 2014*) disebutkan bahwa standar ruang penyusun stasiun, berikut penjabarannya :

- Gerbang utama (entrance) : sebelum masuk ke bagian pemesanan tiket, pintu keberangkatan, dan ruang informasi, pengunjung akan dihadapkan dengan area retail, rest room dan alternatif moda transportasi lainnya.
- Bagian pemesanan tiket : pengunjung setelah memiliki tiket akan dihadapkan ke beberapa opsi keberangkatan. Dapat menikmati plaza sebelum keberangkatan ke tujuan.
- Area informasi : dihadapkan kepada beberapa alternatif perjalanan. Seperti menggunakan taxi, subway, dan bis kota. Pada area ini pengunjung juga dapat menikmati fasilitas *attractive experient* yang disediakan. Dan terdapat juga pos keamanan.
- Area keberangkatan : sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan.

**Beberapa penyediaan fasilitas penunjang di dalam stasiun menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Bagaimana stasiun dapat beroperasi dengan segala macam kepadatan pengunjung didalamnya. Dan juga penyediaan penunjang yang dapat membuat pengunjung merasa nyaman, sesuai dengan yang diharapkan. Penyediaan fasilitas, dimulai bagaimana pengunjung merasakan gerbang utama (*entrance*), area hall, pada saat pemesanan tiket, bagaimana mengetahui informasi yang dibutuhkan, penyediaan atau penarikan uang tunai, fasilitas komersil seperti retail, fasilitas utilitas lainnya.**

**Tabel 2.1** Kebutuhan Ruang Stasiun LRT (given)

Nama Ruang	Kapasitas		Total	
<b>Entrance</b>	30	Orang	27	m2
	0,9	m2 (berdiri)	5,4	m2
	20%	sirkulasi	32,4	m2
	1	unit	<b>32,4</b>	<b>m2</b>
<b>Hall</b>	220	Orang	308	m2
	1,4	m2 (bawa barang)	61,6	m2
	20%	sirkulasi	369,6	m2
	1	unit	<b>369,6</b>	<b>m2</b>
<b>Money Changer</b>	50	Orang	50	m2
	1	m2 (duduk)	10	m2
	20%	sirkulasi	60	m2
	1	unit	<b>60</b>	<b>m2</b>
<b>Atm Center</b>	6	Orang	8,4	m2
	1,4	m2 (bawa barang)	1,68	m2
	20%	sirkulasi	10,08	m2
	4	unit	<b>40,32</b>	<b>m2</b>
<b>Shoping Arcade</b>	200	Orang	240	m2
	1,2	m2 (berjalan)	48	m2
	20%	sirkulasi	288	m2
	1	unit	<b>288</b>	<b>m2</b>
<b>Lounge</b>	50	Orang	50	m2
	1	m2 (duduk)	10	m2
	20%	sirkulasi	60	m2
	2	unit	<b>120</b>	<b>m2</b>
<b>Toilet/Lavatory</b>	10	Orang	12	m2
	1,2	m2 (duduk)	2,4	m2
	20%	sirkulasi	14,4	m2
	6	unit	<b>86,4</b>	<b>m2</b>
<b>HRD</b>	4	Orang	4	m2
	1	m2 (duduk)	0,8	m2
	20%	sirkulasi	4,8	m2
	1	unit	<b>4,8</b>	<b>m2</b>
<b>Info Center</b>	20	Orang	20	m2
	1	m2 (berdiri)	4	m2
	20%	sirkulasi	24	m2
	2	unit	<b>48</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Battery</b>	4	Orang	4,8	m2
	1,2	m2 (duduk)	0,96	m2
	8	battery (15m2)	120	m2

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Nama Ruang	Kapasitas		Total	
	20%	sirkulasi	125,76	m2
	1	unit	<b>125,76</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Storage</b>	20	Orang	20	m2
	1	m2 (berdiri)	4	m2
	1	peralatan (150m2)	150	m2
	20%	sirkulasi	174	m2
	1	unit	<b>174</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Mekanik</b>	30	Orang	36	m2
	1,2	m2 (duduk)	7,2	m2
	20	meja + comp (8m2)	160	m2
	20%	sirkulasi	203,2	m2
	1	unit	<b>203,2</b>	<b>m2</b>
<b>Restaurant</b>	200	Orang	280	m2
	1,4	m2 (duduk)	56	m2
	20%	sirkulasi	336	m2
	1	unit	<b>336</b>	<b>m2</b>
<b>Kitchen+Storage</b>	20	Orang	28	m2
	1,4	m2 (berjalan)	5,6	m2
	6	kompur (4m2)	24	m2
	20%	sirkulasi	33,6	m2
	1	unit	<b>33,6</b>	<b>m2</b>
<b>Ticketing Area</b>	60	Orang	60	m2
	1	m2 (berdiri)	12	m2
	20%	sirkulasi	72	m2
	2	unit	<b>144</b>	<b>m2</b>
<b>Skywalk</b>	150	Orang	210	m2
	1,4	m2 (berjalan)	42	m2
	20%	sirkulasi	252	m2
	1	unit	<b>252</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Staff</b>	20	Orang	24	m2
	1,2	m2 (duduk)	4,8	m2
	20%	sirkulasi	28,8	m2
	1	unit	<b>28,8</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Clinic</b>	8	Orang	16	m2
	2	m2 (berbaring)	3,2	m2
	1	meja dokter (3m2)	3	m2
	20%	sirkulasi	22,2	m2
	1	unit	<b>22,2</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Meeting</b>	60	Orang	60	m2
	1	m2 (duduk)	12	m2
	1	meja (40m2)	40	m2

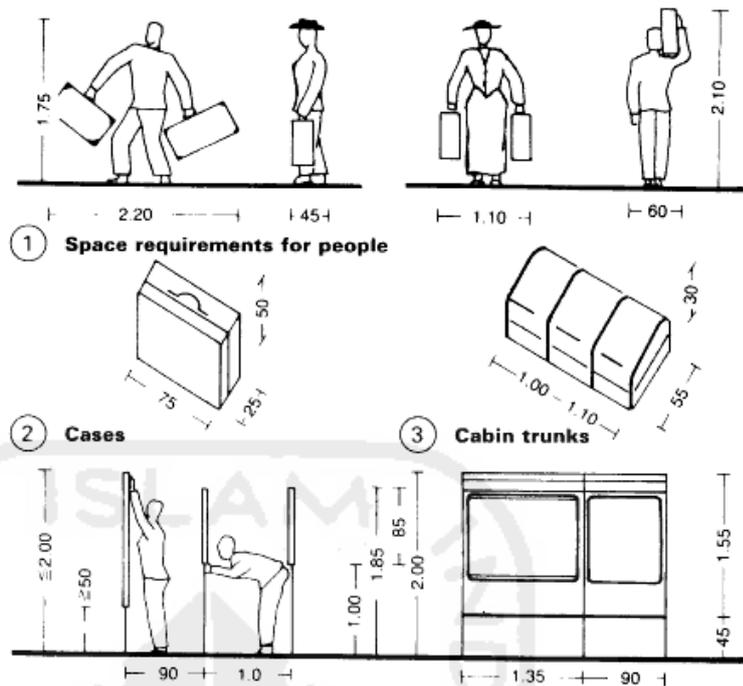
Nama Ruang	Kapasitas		Total	
	20%	sirkulasi	112	m2
	2	unit	<b>224</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Office</b>	20	Orang	28	m2
	1,4	m2 (duduk)	5,6	m2
	20	meja +comp (8m2)	160	m2
	20%	sirkulasi	193,6	m2
	2	unit	<b>387,2</b>	<b>m2</b>
<b>Ruang Control</b>	30	Orang	42	m2
	1,4	m2 (duduk)	8,4	m2
	2	meja panel (10m2)	20	m2
	20%	sirkulasi	70,4	m2
	1	unit	<b>70,4</b>	<b>m2</b>
<b>Area Workshop</b>	40	Orang	64	m2
	1,6	m (berkerja)	12,8	m2
	10	kereta (2,5x32) 60m2	800	m2
	20%	sirkulasi	876,8	m2
	1	unit	<b>876,8</b>	<b>m2</b>
<b>Waiting Area</b>	100	Orang	140	m2
	1,4	m2 (bawa barang)	28	m2
	20%	sirkulasi	168	m2
	4	unit	<b>672</b>	<b>m2</b>
<b>Parking</b>	40%	persen	520	m2
	1300	kdh	104	m2
	20%	sirkulasi	<b>624</b>	<b>m2</b>

(Sumber : analisis penulis, 2015)

Tabel diatas merupakan kebutuhan ruang stasiun MRT yang berlokasi di dekat stasiun Lempuyangan. Tipologi keruangan stasiun merupakan *given* (dipertimbangkan) karena kecenderungan stasiun pada umumnya adalah sama.

## 2. Pola Aktivitas

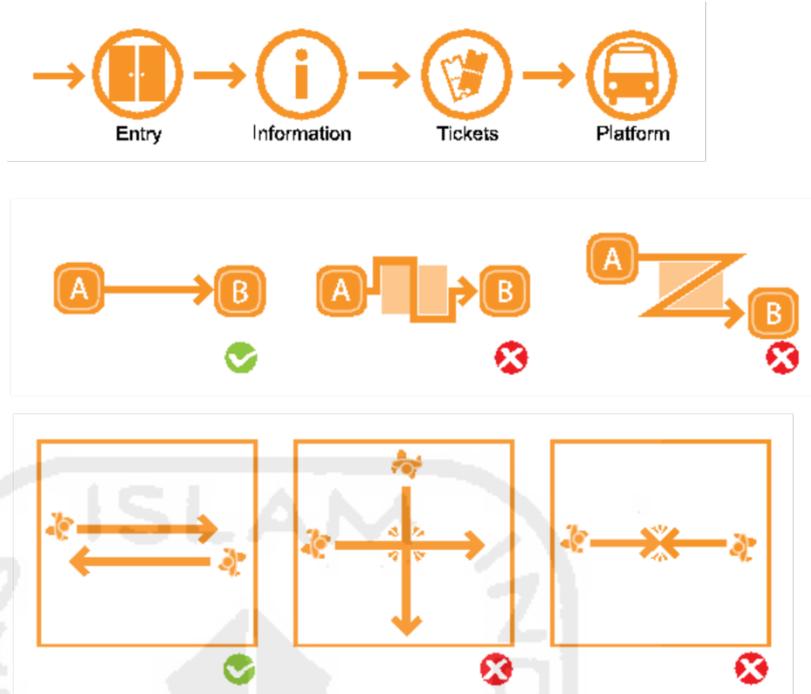
Bagaimana pola kegiatan pengunjung pada saat di stasiun, mencakup alur pergerakan, sirkulasi manusia. Dengan beragam barang bawaan yang berbeda, dengan jumlah kapasitas yang berbeda juga.



Gambar 2.40 Kebutuhan Ruang Pengunjung, Aktivitas  
(Sumber : architects data, third edition)

Gambar diatas menunjukkan standar dimensi yang dibutuhkan bagi keperluan kebutuhan *space* pengunjung. Dengan beragam kegiatan, akan berbeda dengan kebutuhan ruang sendiri dengan keadaan berdua, dengan tidak membawa barang, atau dengan bawaan barang yang banyak.

**Ilustrasi di atas dimaksudkan untuk mencapai kenyamanan pergerakan dan sirkulasi di dalam stasiun MRT. Bagaimana mendapatkan proposi kenyamanan pergerakan dan sirkulasi pengunjung dengan beragam kegiatan, dengan beragam barang bawaan di stasiun MRT.**



Gambar 2.41 Pola Aktivitas Pengunjung

(Sumber : translink transit authority, may 2012)

Gambar diatas menggambarkan bagaimana pola aktivitas pengunjung stasiun MRT. Yang dimana dimulai dari *entry point*, kemudian memasuki area informasi, pembelian tiket, dan menuju ke area keberangkatan. Gambar diatas juga menggambarkan akan lebih baik apabila laju sirkulasi pengunjung secara langsung (*direct*) tidak ada hambatan yang menghalangi. Dan hindari terjadinya *cross path circulation*, untuk menghindari terjadinya konflik antar pengunjung. Seharusnya alur sirkulasi memiliki aspek efisiensi waktu perjalanan pengunjung, untuk menghindari penumpukan pengunjung pada satu titik tertentu.

**Sesuai ilustrasi diatas, dalam merencanakan stasiun MRT seharusnya memikirkan bagaimana alur pengunjung untuk menghindari konflik berkepanjangan. Sehingga tercipta efisiensi waktu perjalanan, dan mengurangi kepadatan pada area tertentu.**

### 3. Properti Size

Kebutuhan ruang di dalam bangunan stasiun, yang dimana termasuk kedalam fasilitas pendukung non-publik area. Disamping terdapat fungsi fasilitas utama, seperti office, *lounges*, *rest room*, *janitorial room*, ruang perawatan, jaringan utilitas bangunan, dan beragam fasilitas penyimpanan.

**Tabel 2.2** Kebutuhan Ruang stasiun

<b>Jenis Ruang</b>
<b>(Ground Floor)</b>
<i>Lobby</i>
Ticketing Area
<i>Office</i>
<i>Master office, Guard rest</i>
<i>Station Manager, Committe room</i>
<i>Lavatory, Toilet</i>
<i>Locker, Cloak room</i>
Gudang
<i>Store</i>
<i>Base Kitchen</i>
<i>Restaurant</i>
<i>Shoping Arcade</i>
<b>(First Floor)</b>
<i>Library</i>
<i>Store</i>
<i>Catering Kitchen</i>
<i>Office</i>
<i>CCTV control Room</i>
<i>Pessaner Information</i>
<i>Lavatory, Toilet</i>
Ruang panel

(SecondFloor)
<i>Refund Room</i>
<i>Dormitory, Lavatory</i>
<i>Retiring Room</i>
<i>Waitung room</i>

Sumber : (ditulis ulang oleh penulis dari buku ministry of railways, India 2009)

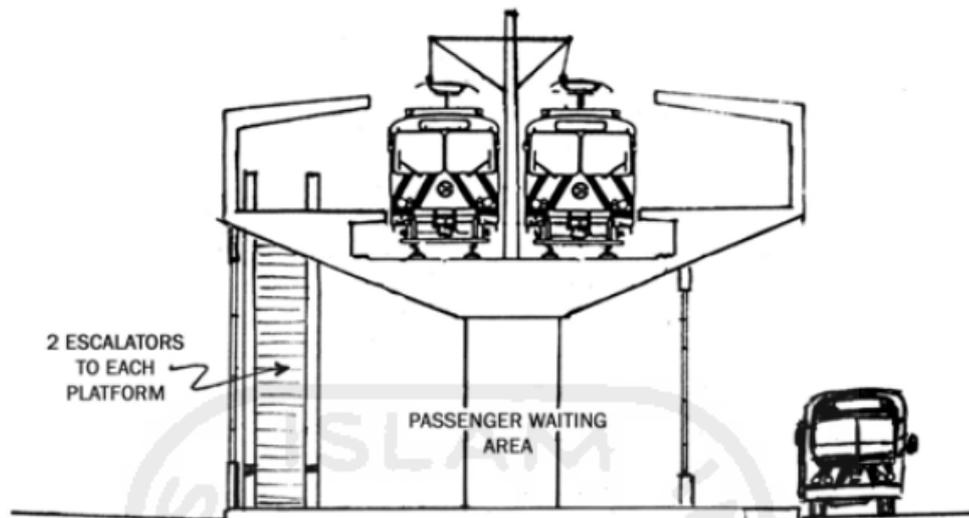
Tabel diatas menjelaskan bagaimana kebutuhan di dalam perancangan stasiun. Normalnya pada area groundfloor lebih mengarah kearah *services* dan *office*, kemudian lantai berikutnya dipersiapkan untuk publik yang dapat dijangkau keseluruhan pengunjung Stasiun. Penyediaan fasilitas yang diperuntukkan kepada pengguna stasiun, penumpang dan pengguna fasilitas sarana transportasi pada Stasiun tersebut.

**Berdasarkan tabel diatas mengenai kebutuhan ruang di dalam bangunan stasiun, akan disesuaikan dengan fungsi bangunan stasiun MRT. Mencakup skala ruang yang dibutuhkan di dalam bangunan stasiun MRT, standar keruangan yang ada. Dengan memperhatikan kapasitas daya tampung pengunjung yang akan menggunakan fasilitas stasiun MRT di Lempuyangan.**

## 2.5 TINJAUAN MENGENAI STRUKTUR

Penting untuk mengetahui bagaimana struktur bagnunan stasiun MRT untuk dapat direalisasikan. Bagaimana rancangan untuk dapat diterapkan dan dapat berfungsi dengan baik, dan tentunya aman bagi pengguna fasilitas tersebut.

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

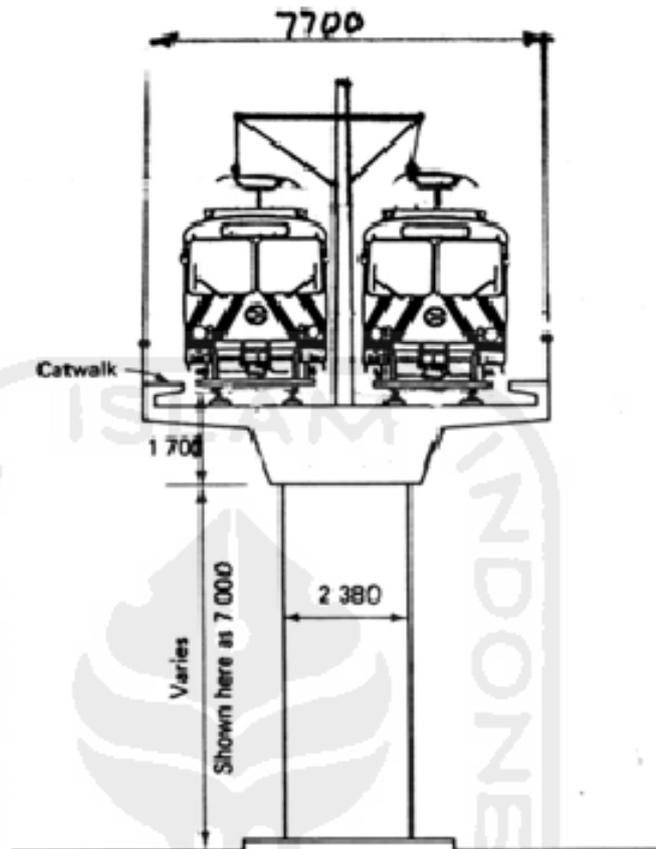


Gambar 2.42 Ilustrasi Perancangan Halte LRT

(Sumber : *general guideline for design of LRT, 1984*)

Untuk dapat mengurangi kepadatan salah satu caranya dengan memberikan moda transportasi baru yang bersifat masal. Namun perlu diperhatikan bahwa apabila moda transportasi baru tersebut tetap berada di groundfloor akan tidak memiliki pengaruh yang signifikan, bisa saja menambah kepadatan kendaraan di jalan. Untuk itu perlu perancangan moda transportasi baru, dengan jalur eksklusif, jalur independen yang bebas dari arus kemacetan dari kendaraan yang lain. Solusinya memberikan moda transportasi baru berupa LRT dengan jalur mandiri, dan bergerak diatas groundfloor (*elevated track*).

**Perancangan stasiun berbasis LRT (*light rail transit*), dengan konsep *elevated* dirasa lebih relevan dalam konteks pengurangan kepadatan kendaraan di jalan. Sekaligus membantu pengurangan emisi dari pembakaran bahan bakar fosil yang menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan manusia.**



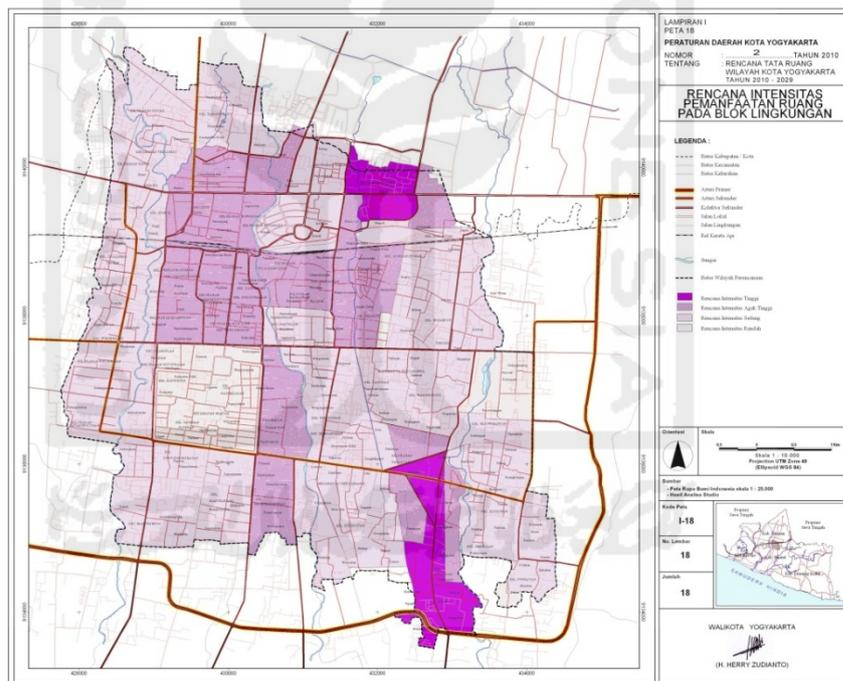
Gambar 2.43 Spesifikasi modul Structure LRT elevated  
(Sumber : *general guideline for design of LRT, 1984*)

Gambar diatas menjelaskan menunjukkan bagaimana standar kontruksi struktur penopan jalur LRT. Dengan ketinggian elesavi mencapai 7,000 mm dari permukaan tanah, dengan dimensi kolom penopang mencapai 2,400 mm, dan lebar yang dibutuhkan untuk dua jalur seperti gambar diatas kurang lebig 7,700 mm. Dan biassanya pada kedua sisi diberikan pembatas , apabila pada saat di halte jarak minimum bagi penumpang adala 1,800 mm.

**Alternatif kontruksi adalah menggunakan kolom penopang, dari (*concrete*) menggunakan beton bertulang dengan tulangan besi baja.**

## 2.6 TINJAUAN TERHADAP SITE

Kawasan Danurejan termasuk kedalam wilayah Kota Yogyakarta, dengan skala fungsi pelayanan termasuk kedalam fungsi Pusat Kota. Dengan memiliki kewenangan sebagai : Pusat administrasi Provinsi, Pusat administrasi kota/kecamatan, Pusat perdagangan jasa dan pemasaran, dan Pusat perhubungan dan komunikasi. Arah pengembangan pada kawasan Danurejan berdasarkan Perda RTRW kota Yogyakarta adalah sebagai Sarana Transportasi, Gedung Perkantoran, Area Perumahan, dan sarana Pariwisata. Dan untuk daerah Danurejan termasuk kedalam kawasan dengan Rencana Intensitas Pemanfaatan Blok Agak Tinggi, dan sebagian termasuk kedalam Rencana Intensitas Sedang.



Gambar 2.44 Peta Rencana Intensitas Pemanfaatan Ruang pada Blok Lingkungan Kota Yogyakarta

(Sumber : RTRW Kota Yogyakarta, 2010 – 2029)

Melihat kondisi eksisting yang ada, zonasi kawasan belum sesuai dan belum merata. Sehingga dari segi sarana dan prasarana secara garis besar belum

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

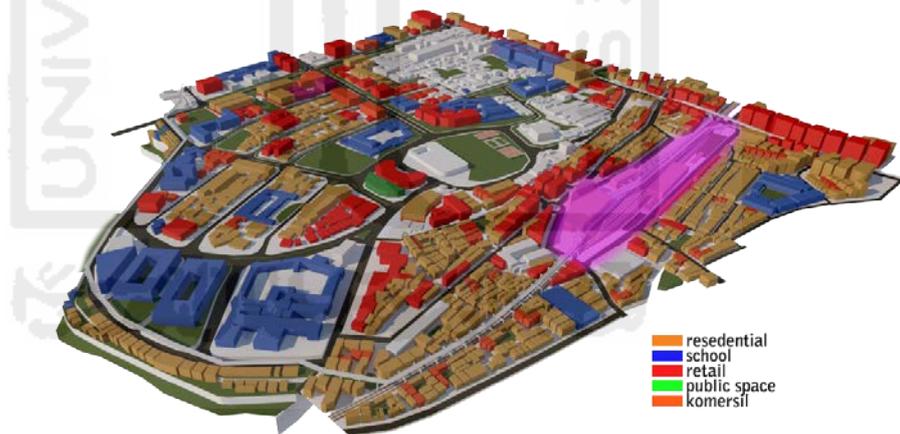


terencana dan terlaksana dengan memadahi. Dan masih cukup banyak dijumpai area dengan fasilitas penerangan jalan masih minim, akses pedestrian jalan beralih fungsi menjadi area berjalan, dan juga tidak sedikit yang mengalami kerusakan.

Melihat skema pengembangan wilayah daerah Danurejan sisi sebelah utara, yaitu sarana transportasi sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan sarana transportasi yang mampu mengurangi kepadatan kendaraan di kota. Perancangan yang mampu memberikan stimulus terhadap perkembangan wilayah kota Yogyakarta ke arah lebih baik. Dengan mengedepankan teknologi yang ramah lingkungan dan tidak memberikan polutan (limbah) di kota Yogyakarta. Berupa pemanfaatan energi surya melalui teknologi sel photovoltaic yang akan mengkonversi energi tersebut menjadi tenaga listrik. Dan dapat dipergunakan sebagai sumber energi bangunan, pengoperasian kebutuhan energi bangunan.

## 2.6.1 Lokasi Perancangan

### 1. Kondisi Eksisting



Gambar 2.45 Kondisi Eksisting Kota Baru, Yogyakarta  
(Sumber : tim PAS Studio Perancangan 7, 2014)

Gambar diatas menunjukkan hasil analisa pengamatan wilayah zonasi kawasan. Kawasan terbagi menjadi zona pemukiman, pendidikan, open space, dan retail – komersil. Terlihat berdasarkan gambar, pada area lebih didominasi dengan

pemukiman, area komersil, area atau sarana pendidikan. Site perancangan Lempuyangan MRT Station berada pada zona transportasi berhadapan langsung dengan stasiun Lempuyangan.

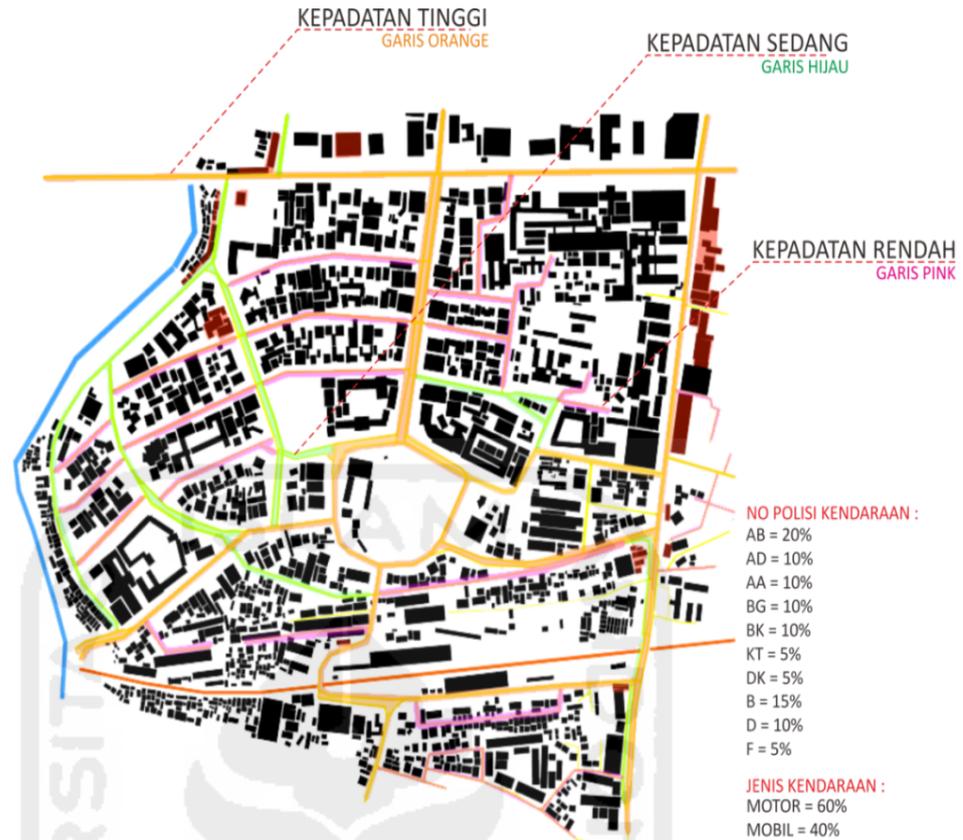
**Tabel 2.3** Keberadaan Fungsi Bangunan

Fungsi Bangunan	Keberadaan	Tingkat Pemanfaatan (aktif/pasif)	Dalam %
Rumah/perumahan	ada	aktif	35%
Tempat Pendidikan	ada	aktif	20%
Retail	ada	aktif	15%
Ruang Publik	ada	aktif	10%
Komersial	ada	aktif	10%
Heritage	ada	pasif	10%

(Sumber : analisis penulis, 2015)

Berdasarkan data diatas, dapat menarik kesimpulan bahwa daerah tersebut didominasi oleh keberadaan area bermukim. Akan tidak masuk akal apabila daerah tersebut menjadi kawasan industri dengan banyak truk dengan jumlah roda lebih dari 8 (delapan) sering keluar masuk di kawasan tersebut. Untuk itu perlu pembenahan, dalam bidang perancangan kawasan yang lebih memihak kepada kebanyakan masyarakat, dan masyarakat dapat menerimanya dengan baik.

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Gambar 2.46 Peta Tematik Intensitas Kepadatan Kendaraan,  
(Sumber : tim PAS Studio Perancangan 7, 2014)

Pada gambar diatas terlihat bahwa area kota baru menjadi daerah penghubung dan menjadi daerah konektor. Sehingga banyak kawasan di daerah ini berupa jalan arteri, kolektor, lingkungan, dan dengan sisi sampingnya sebagai pedestrian. Sehingga jumlah kendaraan yang melewati daerah ini cukup padat. Berdasarkan observasi didapati bahwa area Kotabaru – Lempuyangan, 60 % adalah kendaraan roda dua dan 40 % lainnya merupakan roda empat. Terlihat bahwa daerah kota baru – lempuyangan terlihat cukup padat dikarenakan daerah ini merupakan daerah transisi. Karena hampir keseluruhan daerah di kota Yogyakarta akan melewati daerah ini sehingga sering terjadi kepadatan kendaraan pada jalan-jalan tertentu. Seperti Jalan Lempuyangan, Abu Bakar Ali, Tukangan, Wahidin, Suroto, Jendral Sudirman. Sehingga

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.

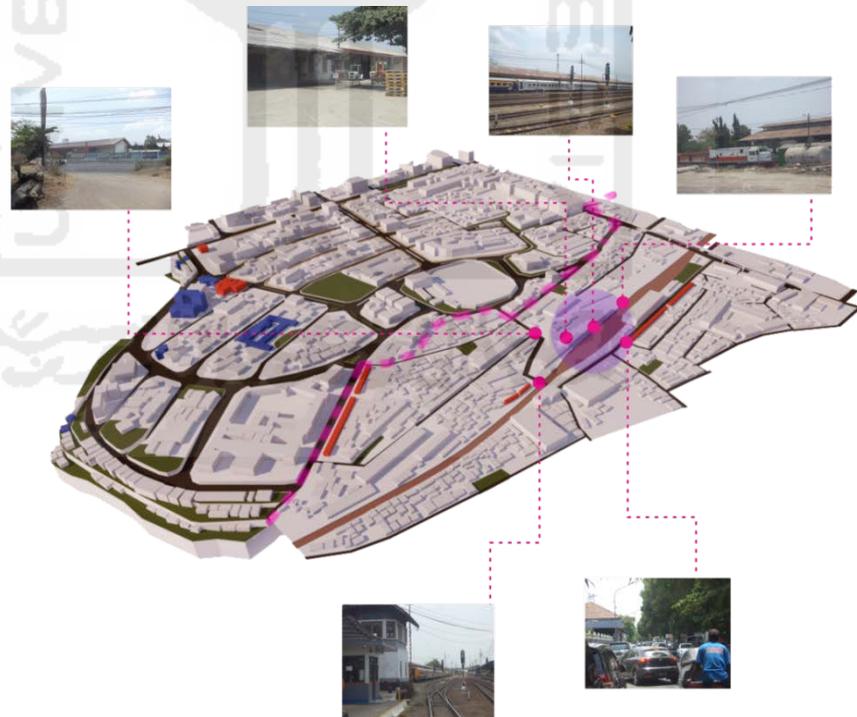


memungkinkan untuk mengajukan perancangan sarana transportasi berupa stasiun MRT dalam moda LRT (*light rail transit*) di kawasan ini.

**Tidak hanya untuk kawasan kota Yogyakarta semata, pengembangan moda transportasi LRT tersebut. Namun akan menghubungkan keseluruhan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta melalui 4 (empat) koridor.**

## 2. Kondisi Eksisting Lempuyangan

Lokasi site terletak pada utara stasiun Lempuyangan. Luasan site mencapai 1,2 ha, letak site terencana terletak pada pusat kota dan didalamnya banyak permasalahan. Perlu adanya strategi untuk mendesign secara pasif karena kondisi iklim di kota cukup variatif. Dan melihat daerah kota yang sudah memiliki cemar Urban Heat Island, sehingga memberi pemanasan di kawasan site terencana.

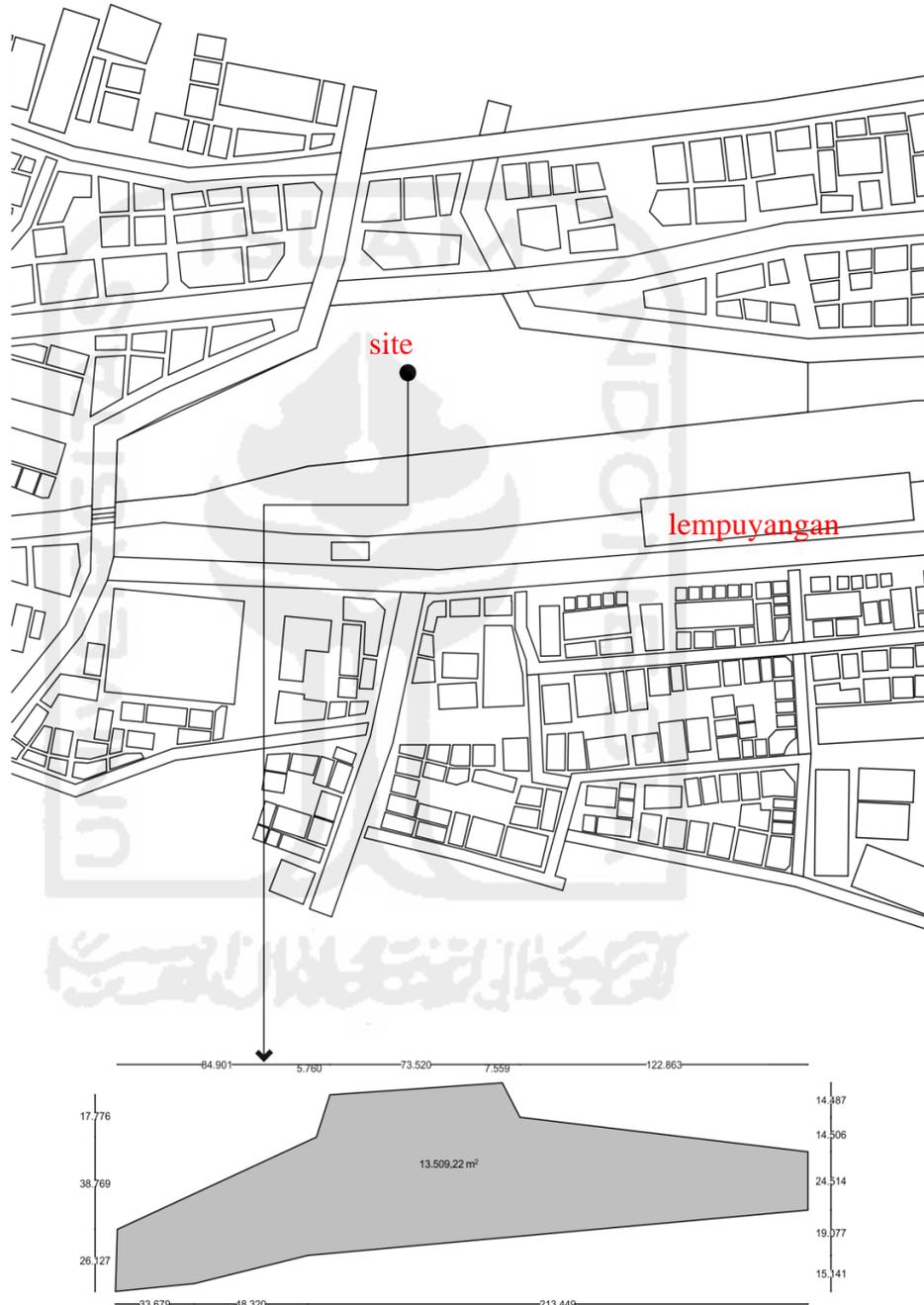


Gambar 2.47 Lokasi Site perancangan

(Sumber : Beny Bali, 2014)

Batasan wilayah site terencana :

- Timur : berbatasan dengan Jalan Krasak Timur
- Barat : berbatasan dengan Jalan Tukangan
- Utara : berbatasan dengan Stadion Kridosono
- Selatan : berbatasan dengan Stasiun Lempuyangan



Gambar 2.48 Dimensi Site

(Sumber : archicad dibuat oleh Beny Bali, 2015)

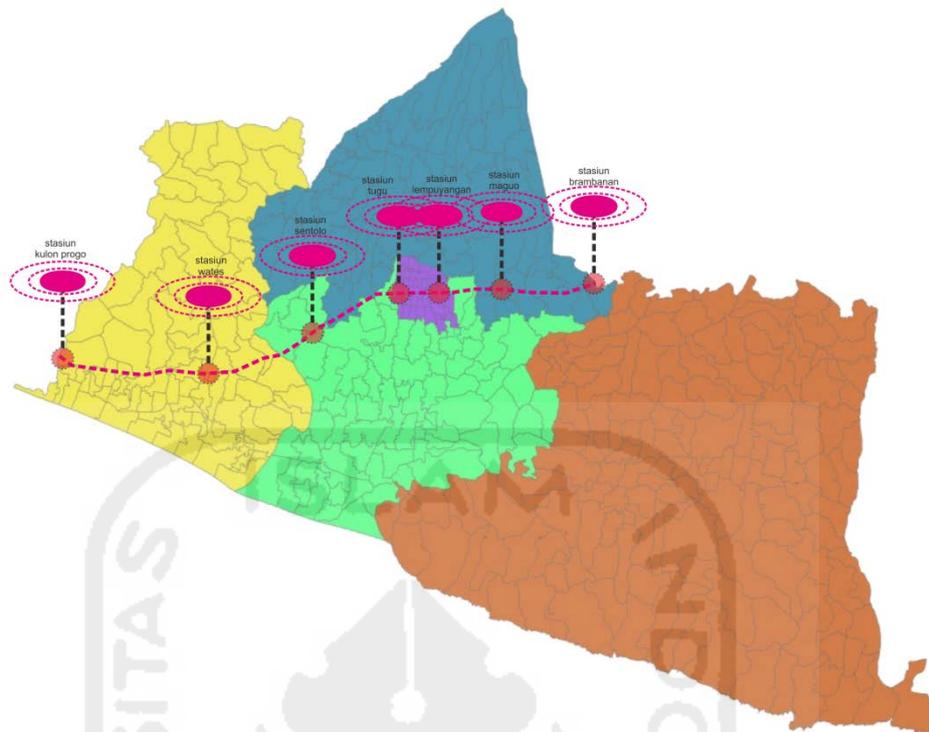
Daerah Lempuyangan merupakan kawasan yang termasuk dalam wilayah kota Yogyakarta, dan juga menjadi *entri point* untuk memasuki Daerah Istimewa Yogyakarta melalui moda transportasi dengan wujud kereta api. Pada daerah tersebut juga rawan terjadinya kemacetan, karena penumpukan sebagian besar kendaraan yang melewati pada jalan Lempuyangan.

Gambar 2.44 diatas menunjukkan dimensi site perancangan stasiun MRT di kawasan Lempuyangan. Site terletak pada sisi utara stasiun Lempuyangan, dan merupakan termasuk kedalam wilayah gudang semen holsim, yang berdasarkan isu akan dipindahkan ke daerah pinggiran kota yaitu di kota Prambanan. Yang pada saat ini sudah mulai dioperasikan kembali.

**Site terencana untuk stasiun MRT adalah pada area lempuyangan sisi utara yang merupakan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai *mass rapid transit*. Isu terkait mengenai perpindahan gudang semen (holcim) ke daerah pinggiran di prambanan, menjadikan potensi untuk mengembangkan sarana transportasi berbasis *rapid* pada kawasan Lempuyangan.**

### **3. Route Jalur transportasi di Yogyakarta**

Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk kedalam wilayah DAOP 6 PT Kereta Api Indonesia. Artinya Yogyakarta memiliki daerah basis perjalanan kereta meliputi daerah Kutoarjo sampai Solo Balapan untuk tipe perjalanan Prameks. Dan juga daerah lempuyangan, menerima pemberhentian dari berbagai daerah di pulau Jawa seperti rute perjalanan dari atau berangkat (Jakarta, Bandung, Madiun, Kediri, Surabaya, Malang, dll).



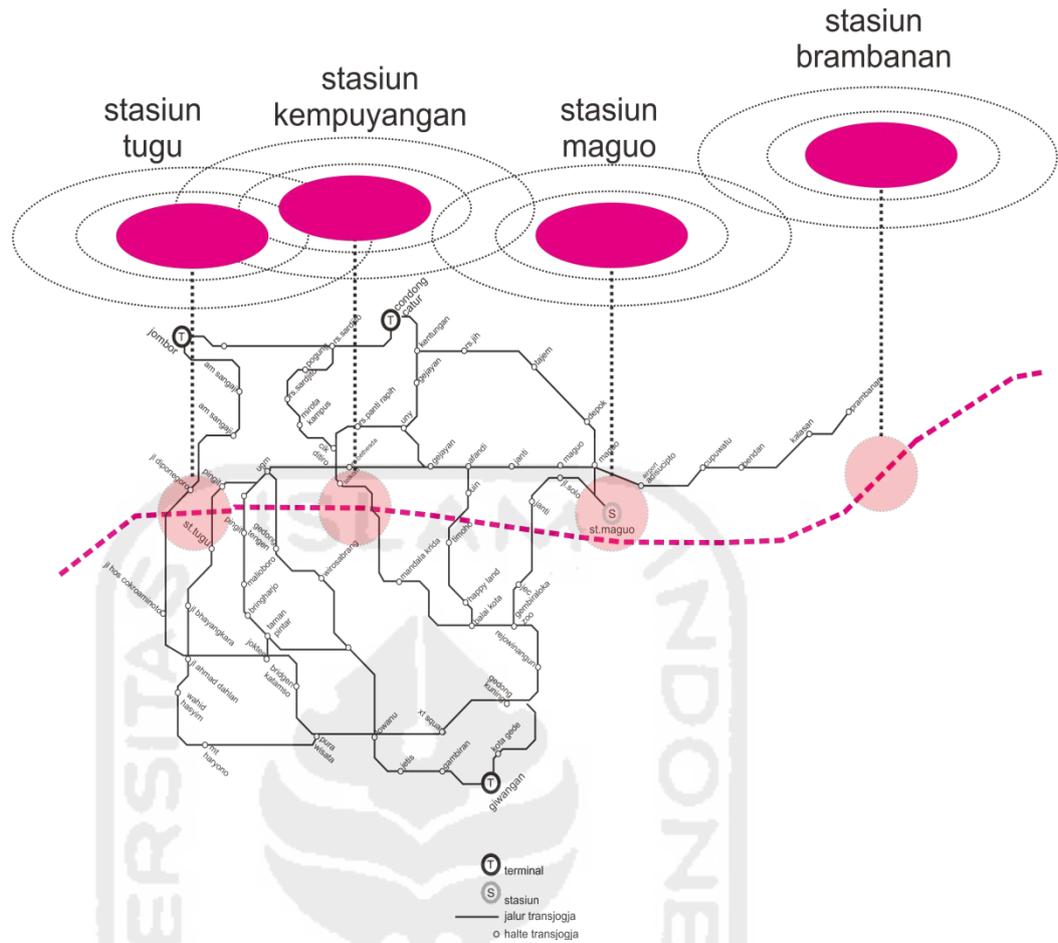
Gambar 2.49 Rute Perjalanan Kereta dari stasiun Lempuyangan

(Sumber : analisa penulis, desember 2015)

Gambar diatas menjelaskan tentang bagaimana skema perjalanan kereta di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Dapat dikatakan bahwa, stasiun lempuyangan memiliki jalur perjalanan lintas propinsi yang menghubungkan beragam daerah (kota besar) di pulau jawa.

**Berdasarkan penjelasan tersebut, maka perancangan stasiun MRT untuk daerah Yogyakarta, merupakan perpanjangan jalur dari eksisting dari stasiun lempuyangan. Dengan kata lain stasiun MRT tersebut melayani perjalanan lokal dengan lingkup hampir keseluruhan kabupaten di DIY (kota yogyakarta, sleman, bantul, kulon progo). Sedangkan stasiun Lempuyangan melayani perjalanan antar propinsi di pulau Jawa.**

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Gambar 2.50 Rute Transjogja dan kereta KAI

(Sumber : analisa penulis, desember 2015)

Gambar diatas merupakan skema perjalanan transportasi yang terdapat di wilayah Yogyakarta. Meliputi perjalanan kereta dengan rute dari Brambanan (sisi timur) sampai Wates (sisi barat). Dan perjalanan menggunakan moda transjogja dengan 3 (tiga) rute yang bisa dipergunakan, diantaranya rute dengan kode 1A – 1B melayani perjalanan dari prambanan sampai bandara internasional Adisucipto. Sedangkan rute dengan kode 2A – 2B melayani perjalanan dari bandara internasional Adisucipto sampai terminal Giwangan dan terminal Condongcatur. Dengan beberapa rute kecil melingkupi perjalanan di wilayah kota yogyakarta. Dan terakhir

rute 3A – 3B melayani perjalanan dari terminal Condong catur dan terminal Giwangan sampai ke terminal Jombor di jalan Magelang. (Transjogja, Yogyakarta)

**Berdasarkan penjelasan diatas makan, status stasiun lempuyangan akan tetap sebagai stasiun yang melayani perjalanan antar propinsi (kota) di pulau jawa. Dan status moda transportasi transjogja juga sebagai penyedia layanan publik di lingkup kota Yogyakarta. Dan untuk stasiun MRT memiliki peranan sebagai penyedia layanan transportasi publik, dengan jangkauan mencakup 4 (empat) kabupaten di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Sehingga keseluruhan sistim dapat berjalan dan memenuhi kebutuhan masyarakat kota Yogyakarta khususnya akan moda transportasi publik.**

#### 4. Potensi Site

Secara garis besar, untuk daerah Yogyakarta memiliki karakteristik cuaca dengan temperatur yang cukup tinggi. Memiliki kadar suhu udara yang panas serta ditambah dengan kelembaban yang cukup tinggi. Daerah Yogyakarta juga memiliki intensitas curah hujan yang cukup tinggi.

**Tabel 2.3** Perkembangan Iklim di Yogyakarta

Indikator	Satuan	2010	2011	2012	2013
Suhu udara terendah	C	22	18	17	18
Suhu udara tertinggi	C	35	40	35	36
Rata-rata suhu udara	C	27	26	27	26
Curah Hujan Maksimum	mm	512	405	409	442
Rata-rata curah hujan	mm	254	173	122	230

Indikator	Satuan	2010	2011	2012	2013
Rata-rata hari hujan	kali	17	14	9	15
Kelembaban udara minimum	%	41	42	47	44
Kelembaban Udara maksimum	%	97	96	100	98

(Sumber : BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta, 2013)

Untuk wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta rata-rata suhu udara di kisaran 23 Celcius di tahun 2013. Untuk suhu udara tertinggi yaitu 36 Celcius terjadi di bulan Oktober. Sementara, suhu udara terendah tercatat sebesar 18 Celsius dan terjadi di bulan Agustus.

Intensitas hujan yang diukur dari rata-rata curah hujan per bulan pada tahun 2013 tercatat sebesar 230 mm dan mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan tahun 2012 yang sebesar 122 mm. Rata-rata hari hujan juga meningkat dari 9 kali per bulan menjadi 15 kali di tahun 2013. Curah hujan yang tertinggi selama tahun 2013 terjadi di bulan Januari dengan intensitas sebesar 442 mm selama 21 hari dan bulan Desember dengan intensitas 358 mm selama 20 hari. Sementara, intensitas hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dan September. Bahkan, di Kota Yogyakarta tidak terjadi hujan selama dua bulan tersebut. Rata-rata kelembaban udara pada tahun 2013 tercatat sebesar 86 persen dan cenderung meningkat dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang sebesar 80 persen.

Kelembaban udara minimum tercatat sebesar 44 % yang terjadi pada bulan Oktober, sementara kelembaban maksimum mencapai 98 % yang terjadi pada bulan Februari, Juni, dan September. Nilai rata-rata, kelembaban terendah terjadi pada bulan

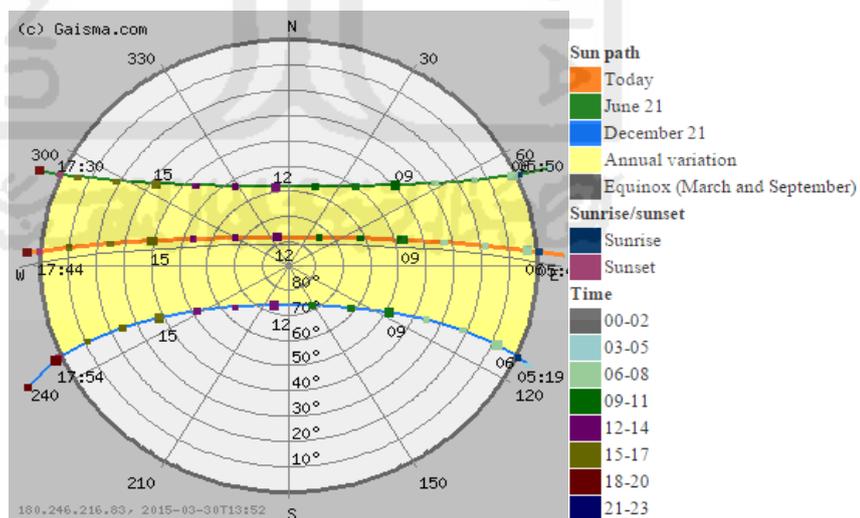
“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Oktober sebesar 80 % dan kelembaban tertinggi di bulan Juni sebesar 90 %.

Tekanan udara rata-rata selama tahun 2013 tercatat sebesar 1.015 milibars dan mengalami peningkatan dibandingkan dengan tahun 2012 yang sebesar 1.014 milibars. Tekanan udara terendah tercatat sebesar 1.010 milibars yang terjadi di bulan Februari dan Juni, sementara tekanan udara tertinggi sebesar 1.019 milibars yang terjadi selama bulan September. Selama bulan Januari-Juni 2013, angin lebih banyak bergerak dari arah barat dengan rata-rata kecepatan tertinggi sebesar 5,4 m/s pada bulan Januari dan kecepatan terendah sebesar 2,7 m/s pada bulan Mei. Pada bulan Agustus-November angin lebih banyak bergerak dari arah selatan.

**Data diatas digunakan sebagai pembentuk iklim mikro dikawasan stasiun MRT, dengan memanfaatkan poternsi tersebut. Dan juga dapat dimanfaatkan ke dalam bangunan, untuk membantu menekan tingkat kebutuhan energi melalui desain pasif strategi.**



Gambar 2.51 Sunpath Diagram Kota Yogyakarta

(Sumber : Gaisma, April 2015)

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



Gambar diatas menunjukkan diagram jalur matahari (*sunpath*) pada kota Yogyakarta. Data tersebut digunakan untuk menentukan orientasi perencanaan pembangunan bangunan, tata letak bukaan bangunan, dan sebagainya. Data tersebut dimaksudkan untuk mempermudah perencanaan pembangunan stasiun MRT dengan pendekatan penyediaan energy terbarukan nantinya. Berdasarkan data iklim dapat menemukan permasalahan serta potensi yang dapat diterapkan pada pembangunan stasiun MRT. Misalnya, data curah hujan dapat di jadikan potensi perencanaan rain harvesting sebagai suplai energi alternatif pengganti air bersih. Tekanan udara dan arah datangnya dapat di gunakan sebagai data perancangan bukaan dan sebagainya. Kedua hal tersebut contoh metode penerapan terhadap bangunan berdasarkan data yang ada.

#### 2.6.2 *Building Code*

Melihat Tabel 2.4 mengenai peraturan daerah kota Yogyakarta, telah jelas dinyatakan bahwa untuk daerah Danurejan memiliki fungsi sebagai Pusat Kota dan memiliki kewenangan Nasional Provinsi Kota. Secara lebih rinci termasuk kedalam poin A,B,C dan F yaitu meliputi : pusat administrasi provinsi, pusat administrasi kota atau kecamatan, pusat perdagangan jasa, dan perdagangan dan termasuk kedalam pusat perhubungan dan komunikasi.

**Tabel 2.4** Lampiran II Peraturan Daerah Kota Yogyakarta

**LAMPIRAN II PERATURAN DAERAH KOTA YOGYAKARTA**  
**NOMOR : 2 Tahun 2010**  
**TANGGAL : 6 Mei 2010**

**Tabel 1**  
**Rencana Fungsi Pusat Permukiman Kota Yogyakarta**

No.	Pusat Permukiman (Kecamatan)	Skala Pelayanan		A	B	C	D	E	F	G	H
		Fungsi	Kewenangan								
1.	Keraton	Wisata Budaya/ Sub Pusat Kota	Nasional Provinsi Kota		X		X				X
2.	Mantrijeron	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X					X
3.	Mergangsan	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X					
4.	Umbulharjo	Pusat Administrasi Kota	Kota		X	X	X		X	X	
5.	Kotagede	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X		X	X			X
6.	Gondokusuman	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X	X		X	X	
7.	Danurejan	Pusat Kota	Nasional Provinsi Kota	X	X	X			X		
8.	Pakualaman	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X						X
9.	Gondomanan	Pusat Kota	Nasional Provinsi Kota		X	X	X				X
10.	Ngampilan	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X					
11.	Gedongtengen	Pusat Kota	Nasional Provinsi Kota		X	X			X		
12.	Wirobrajan	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X	X				
13.	Jetis	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X			X		
14.	Tegal Rejo	Sub Kota Pusat	Kecamatan		X	X					

- Keterangan :**
- A. Pusat administrasi Provinsi
  - B. Pusat administrasi kota/kecamatan
  - C. Pusat perdagangan, jasa dan pemasaran
  - D. Pusat pelayanan sosial (kesehatan, agama dll)
  - E. Pusat produksi pengolahan
  - F. Pusat perhubungan dan komunikasi
  - G. Pusat pendidikan
  - H. Pusat kegiatan pariwisata

(Sumber : RTRW Kota Yogyakarta, 2010-2029)

Melihat tabel 2.5 mengenai peraturan pengembangan dan peletakan bangunan kota Yogyakarta, menyangkut sarana

“Dengan efisiensi penggunaan energi melalui desain pasif dan optimalisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan tenaga surya”.



transportasi telah tertulis jelas bahwa untuk Terminal dan Stasiun Kereta Api memiliki angka KDB maksimal sebesar 70%, untuk KLB maksimal 4.0, untuk KDH sebesar 20%, dan untuk ketinggian jumlah lantai mencapai 3 lapis. Acuan ini digunakan dalam perancangan Stasiun MRT, karena memiliki fungsi bangunan serupa sebagai sarana transportasi.

**Tabel 2.5** Peraturan Pengembangan dan Peletakan Bangunan Kota Yogyakarta

Tabel 4  
Peraturan Pengembangan dan Peletakan Bangunan Kota Yogyakarta

Kawasan	Peruntukan Pemanfaatan Ruang	Keterangan				
		KDB maks (%)	KLB maks	KDH min (%)	Ketinggian (jml. lantai)	
1	2	4	5	6	7	
KAWASAN BUDIDAYA	Perumahan & Permukiman	Fungsi Hunian	80	1,5	10	3
		Fungsi Campuran	70	≤ 4,0	10	3
		Kondominium/ Apartemen/ Flat	60	≤ 4,0	20	7
	Fasilitas Umum & Sosial	Pendidikan (TK-SLTA)	70	≤ 4,0	20	3
		Universitas/ Akademi	70	≤ 4,0	20	6
		Kesehatan	70	≤ 4,0	20	4
		Perkantoran	70	≤ 4,0	50	2
		Pemerintahan	70	≤ 4,0	20	5
	Perdagangan & Jasa	Pusat Perbelanjaan Modern/ Mall	70	≤ 4,0	15	8
		Pertokoan Retail & Grosir	70	≤ 4,0	15	6
		Rental Office	70	≤ 4,0	15	10
		Hotel & Jasa Penginapan lainnya	70	≤ 4,0	15	10
		Bank	70	≤ 4,0	15	8
		Pasar	70	≤ 4,0	15	4
		Jasa Lainnya	60	≤ 4,0	20	6

Kawasan	Jenis Kawasan	Keterangan				
		KDB maks (%)	KLB maks	KDH min (%)	Ketinggian (jml. lantai)	
1	2	4	5	6	7	
KAWASAN LINDUNG	Sarana & Prasarana Lainnya	Taman Kota	10	0,5	70	1
		Kaw. Gelanggang Olahraga	80	3	15	4
		Kws. aneka Industri (Rumah Tangga)	80	1,5	10	3
	Kws Perlindungan Setempat	Pergudangan	70	1,5	20	3
		Terminal	70	4	20	3
		Station Kereta Api	70	4	20	3
Cagar Budaya & Ilmu pengetahuan Rawan Bencana	Sempadan Sungai			90		
	Ruang Terbuka Hijau (RTH)					
	Inti Pelestarian pada Citra Kota					

WALIKOTA YOGYAKARTA

H. HERRY ZUDIANTO

(Sumber : RTRW Kota Yogyakarta, 2010-2029)

## 2.7 RUMUSAN PERSOALAN DESIGN YANG HARUS DISELESAIKAN

Rumusan permasalahan desain diperoleh dengan cara merangkum permasalahan khusus berdasarkan tanggapan dari kajian-kajian permasalahan pada bab 2 (dua) ini. Penyelesaiannya akan dibahas pada bab 3 (tiga) pada **Analisis Penyesesaian Masalah Desain** berdasarkan rumusan persoalan desain tersebut. Berikut perumusan persoalan desain Stasiun MRT di kawasan Lempuyangan, Yogyakarta :

**Tabel 2.6** Persoalan Desain yang harus diselesaikan dalam perancangan

No	Kategori	Persoalan
1.	Permasalahan desain pasif bangunan	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana menetapkan bangunan stasiun MRT pada penataan massa – gubahan massa untuk mendapatkan pencahayaan dan penghawaan alami.</li><li>- Bagaimana mendapatkan desain bangunan stasiun MRT yang memiliki prinsip konsepsi desain pasif pada bangunan.</li></ul>
2.	Permasalahan pemanfaatan energi surya	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana menghasilkan rancangan stasiun MRT yang mampu memanen radiasi panas matahari melalui sel photovoltaic, dan dapat dipergunakan untuk keperluan oprasional bangunan.</li><li>- Perlu adanya ifrastruktur yang dapat memanen radiasi panas matahari.</li><li>- Menyangkut perhitungan-analisis akan dibahas pada bab 3 (tiga).</li></ul>

No	Kategori	Persoalan
3.	Permasalahan penyediaan ruang publik	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana menerapkan material lunak lansekap di dalam perancangan stasiun MRT, yang sekaligus dapat menyediakan ruang bersosial pengguna.</li><li>- Bagaimana menerapkan fasilitas ruang publik yang dapat membantu memberikan atau menghasilkan iklim mikro kawasan kedalam bangunan perancangan.</li></ul>
4.	Permasalahan menyangkut struktur bangunan	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana merancang struktur bangunan stasiun MRT yang dapat memberikan kemudahan sirkulasi pengguna didalamnya. Mengingat ini adalah bangunan fasilitas publik.</li><li>- Bagaimana menghasilkan struktur bangunan yang dapat memberikan fasilitas ruang publik sekaligus memiliki aspek <i>suporting energy</i>.</li></ul>
5	Permasalahan menyangkut pengolahan Lansekap	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana merancang bangunan dengan fungsi stasiun MRT – penyediaan ruang publik yang memperhatikan skala ruang.</li></ul>
6	Permasalahan menyangkut fungsi bangunan	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bagaimana merancang bangunan stasiun MRT yang terhubung dengan stasiun Lempuyangan (eksisting).</li><li>- Bagaimana merancang alur pergerakan penumpang dari (stasiun MRT- Lempuyangan).</li></ul>

(Sumber : Beny Bali, 2015)

