

BAB IV

ANALISIS DAN PENDEKATAN KONSEP ARSITEKTUR BIOKLIMATIS TERHADAP PERANCANGAN EKSPLOKATORIUM

4.1 Tinjauan Arsitektur Bioklimatis

Bentuk dan metode konstruksi bangunan modern pada umumnya memungkinkan setiap bangunan menggunakan *air conditioner* (penyejuk udara) untuk menciptakan kondisi *environment* ruang yang ideal bagi penghuninya. Jika kondisi iklim diperhatikan pada pembuatan instalasi penyejuk udara, maka ini adalah metode yang paling terjamin untuk mendapatkan iklim ruangan dan iklim kerja yang paling optimum dalam ruang. Tetapi instalasi penyejuk yang terbaik pun dapat menimbulkan masalah-masalah diberbagai tempat. Anggaran biaya perawatan yang harus dikeluarkan juga terbilang cukup besar.

Kekurangan lainnya dari sistem kenyamanan ruang yang terprogram secara mekanis adalah terganggunya keseimbangan organisme baik manusia, tumbuhan dan lingkungan sekitar. Karenanya maka semakin penting untuk mempertimbangkan iklim lingkungan setempat menjadi bagian perencanaan bangunan, demi terciptanya kenyamanan alami didalamnya.

Desain arsitektur bioklimatis adalah satu bentuk desain bangunan yang memiliki suatu bentuk yang menggunakan energi pasif yang rendah, dengan memanfaatkan kondisi iklim setempat, dengan pemakaian energi operasional yang rendah demi terciptanya kenyamanan bagi pengguna didalamnya. Desain bioklimatis bukanlah desain ekologis dalam keseluruhannya, tetapi hanya suatu langkah dalam tingkatan yang maju menuju kearah tersebut.¹

Berikut merupakan aspek-aspek desain bioklimatis yang akan diperhatikan agar dapat menciptakan sebuah lingkungan eksploratorium dengan kenyamanan yang maksimal.

4.2 Pertimbangan pemilihan site

Dalam proses perancangan sebuah bangunan, pertimbangan pemilihan site umumnya didasarkan pada :

1. Kecenderungan perkembangan kota,
2. Rencana atau arahan pengembangan suatu wilayah kota,
3. Pencapaian lokasi dan sarananya,
4. Hak guna lahan,

¹ Hamzah T.R & Yeang, *Ecology Of the Sky*, 2001

Selain memperhatikan pertimbangan tersebut diatas, dalam sebuah desain bioklimatis, pertimbangan pemilihan site juga akan harus diarahkan pada beberapa hal yang lebih spesifik, mengingat karakteristik design itu sendiri yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sekitar. Adapun beberapa hal tersebut, antara lain adalah :

1. Tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu, dan polutan lain yang mengganggu,
2. Suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28°Celsius),
3. Tidak banyak bangunan sekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal (sehingga angin berhembus lancar),
4. Lingkungan tidak bising.
5. Kecepatan angin < 26,6 km/jam (skala gaya angin beaufort)

Berkaitan dengan site bangunan eksploratorium, awalnya terdapat tiga pilihan lokasi. Yakni Desa Gendeng, Desa Ringinharjo dan Desa Wukirsari, ketiganya terdapat di Kabupaten Bantul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Setelah melakukan pertimbangan berdasarkan parameter pemilihan site seperti tersebut diatas, site terpilih adalah Desa Gendeng Kecamatan Bangunjiwo Kasihan Bantul.

Berikut merupakan table pertimbangan pemilihan site, yang digambarkan untuk dapat menemukan site yang menjang keberadaan eksploratorium jika bangunan mengambil konsep perancangan arsitektur bioklimatis.

Parameter	Nilai	Desa Ringinharjo	Desa Gendeng	Desa Wukirsari
tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu, dan polutan lain yang mengganggu)	1	✓	✓	✓
suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28°Celsius),	1	✓	✓	
tidak banyak bangunan sekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal (sehingga angin berhembus lancar),	1		✓	
lingkungan tidak bising.	1		✓	
kecepatan angin < 26,6 km/jam (skala gaya angin beaufort)	1	✓	✓	✓
point akhir penilaian		3	5	2

Table 4.2 Pertimbangan pemilihan Site

Dengan terlebih dahulu melakukan penilaian terhadap site diharapkan dalam perjalanan design bangunan, konsentrasi akan lebih banyak dicurahkan terhadap modifikasi microclimate, design elemen bangun dan penampilan bangunan secara keseluruhan.

4.3 Lokasi

Lokasi akan erat kaitannya dengan kondisi iklim lingkungan tempat dimana bangunan akan didirikan. Kita dapat membagi iklim lingkungan tersebut kedalam 2 bagian yaitu *macroclimate* dan *microclimate*.

4.3.1 **Macroclimate**

Macroclimate merupakan keseluruhan kejadian meteorologis khusus diatmosfir. Iklim *macro* dipengaruhi oleh kondisi-kondisi topografis bumi dan perubahan-perubahan peradaban dipermukaannya. Iklim makro berhubungan dengan ruang yang besar seperti negara , benua dan lautan.

Secara umum iklim diIndonesia adalah :

1. Tidak ada perbedaan jelas antara musim kering (kemarau) dan basah (hujan). Musim hujan dan kering dapat panjang sehingga terjadi tumpang tindih musim yang sangat mengganggu pertanian.
2. Suhu udara relatif tinggi dengan amplitudo suhu siang malam kecil (24 - 32°C) walaupun
3. Suhu udara didaerah pegunungan dapat jauh lebih rendah dari angka tersebut.
4. Kecepatan angin rendah (terutama pada pagi dan malam hari). Siang hari pada umumnya angin berhembus cukup kuat.
5. Kelembaban udara tinggi (60 - 95 %). Kelembaban tinggi ini menyebabkan kulit terasa lengket karena keringat tidak dapat leluasa menguap sehingga menempel dikulit. Kondisi ini menyebabkan perasaan tidak nyaman.
6. Radiasi matahari cukup tinggi(>900 W/m²), walau sering juga tertutup mendung (100 W/m²).
7. Curah hujan deras dapat turun dalam beberapa hari berturut-turut dan umumnya turun pada siang atau sore hari.
8. Hampir selalu berawan. Langit sering berawan merata yang sangat menyilaukan mata dan menyebabkan perasaan tertekan.
9. Flora beraneka ragam, subur, dan tidak mengenal musim gugur. Jamur tumbuh dengan pesat.
10. Fauna beraneka ragam, termasuk serangga yang mengganggu dan berbahaya misalnya nyamuk.
11. Berdebu.
12. Karat logam dan pelapukan organik mudah terjadi.
13. Penduduknya mengembangkan budaya kehidupan diluar rumah (*outdoor living*).
14. Pakaian ringan dan longgar. Bertelanjang dada dan kaki adalah hal yang wajar dihari panas.
15. Tenaga mudah tersedot habis (kelelahan, *fatigue*). Untuk mengatasi keadaan yang tidak nyaman, maka diperlukan *recovery* dalam bentuk tidur siang (*siesta*).

	Musim hujan (Desember -Maret)	Musim panas (September - November)
suhu udara maksimum rata-rata	31.0°C	33.2°C
suhu udara minimum rata-rata	25.0°C	25.6°C
rentang suhu udara dalam satu tahun	4.5°C	4.5°C
kelembaban udara rata-rata	88%	70%
kelembaban relatif rata-rata	60% - 94 %	50% - 90 %
waktu pancar matahari rata-rata	7.8 jam	11.4 jam
curah hujan	280.6mm	142.2 mm
kecepatan angin rata-rata	1.0 - 2.5 m/det	1.0 - 4.3 m/det
arah angin dominan	barat	timur
periode tanpa angin	35%	22%
global irradiance (max)	780 Wh/m ²	1300 Wh/m ²

Sumber : makalah Arsitektur Surya, Sebuah Fenomena Spektik Untuk Daerah Tropis Lembab, Moe Santoso, PhD

Untuk menentukan keadaan iklim, harus diambil nilai rata-rata dari pengamatan cuaca dalam waktu yang lama, yang bukan hanya terdiri dari pengamatan temperatur dan curah hujan saja. Berikut ini merupakan beberapa hal yang perlu menjadi penilaian dalam menentukan *macroclimate* suatu tempat: ²

4.3.1.1 Temperatur maximum dan minimum

Mengetahui temperature maximum dan minimum dalam perancangan desain bioklimatis bertujuan untuk mengetahui kondisi ekstrim dari cuaca yang akan berpengaruh terhadap keberadaan bangunan. Data mengenai keadaan ini akan sangat menentukan terhadap bentuk-bentuk perlindungan ruang terhadap kondisi cuaca terlalu panas atau terlalu dingin.

Temperatur maximum dan minimum diYogyakarta adalah 14°C dan 32°C. Temperatur terendah akan dirasakan sepanjang hampir 21 hari pada malam hari dimusim penghujan, dan tertinggi pada musim panasnya disiang hari. Dalam konsep dasar desain bioklimatis mengetahui temperature maximum minimum juga akan membantu dalam mencari rekomendasi desain menggunakan Mahoney table.

4.3.1.2 Curah hujan dan kelembaban udara

Merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan terhadap keseimbangan alam dengan desain tropis. Kadar kelembaban udara tergantung pada curah hujan dan suhu udara. Semakin tinggi suhu, semakin tinggi pula kemampuan udara menyerap air.

Dari segi ketahanan unsur-unsur bangunan kelembaban sangat merugikan karena menunjang tumbuhnya jamur dan organisme-organisme pembusukan kayu, pengrusakan kain/textiles, pengkaratan logam-logam, pengembangan dan pengerutan panel serta bahan pelat

² Lippsmeier, George, *Bangunan Tropis*, Erlangga, 1994

yang tidak kedap air, seperti karton, hard board dan yang lainnya. Kisaran kelembaban di Yogyakarta mencapai angka 85.5%. Kondisi ini dapat digambarkan dengan mengerutnya selembar kertas putih kering yang diletakan diatas meja, dalam ruang tak berpenghuni seluas 3 x 3 x 3 meter, hanya dalam tempo 5 hari. Atau mengembunnya dinding bagian bawah dalam bangunan yang bersentuhan langsung dengan percikan hujan selama tidak lebih dari 2 jam.

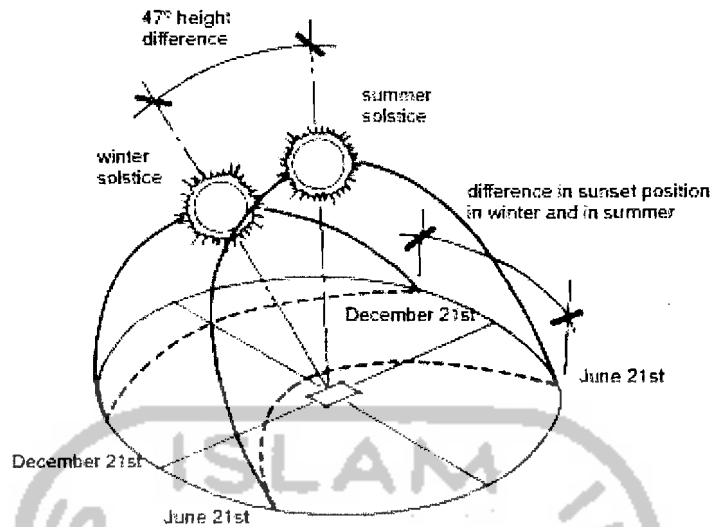
Sumber terjadinya kelembaban sangat beragam, dapat melalui penyusupan air hujan dari luar kedalam bangunan melalui dinding dan atap atau difusi air melalui bahan bangunan. Dalam desain bioklimatis, cara yang akan dilakukan untuk mengurangi nilai kelembaban dalam bangunan dapat melalui menghindari penyebab terjadinya kelembaban tersebut dan atau menciptakan kondisi ruang yang memiliki system sirkulasi udara dan pencahayaan yang baik. Karena dengan aliran angin yang lancar dalam ruang akan menghindari berkumpunya uap air yang akan meningkatkan kadar kelembaban.

4.3.1.3 Radiasi matahari

Radiasi matahari adalah penyebab semua ciri umum iklim dan radiasi matahari sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Kekuatan efektifnya ditentukan oleh energi radiasi (insolasi) matahari, pemantulan pada permukaan bumi, berkurangnya radiasi oleh penguapan, dan arus radiasi diatmosfir. Semuanya membentuk keseimbangan termal pada bumi.

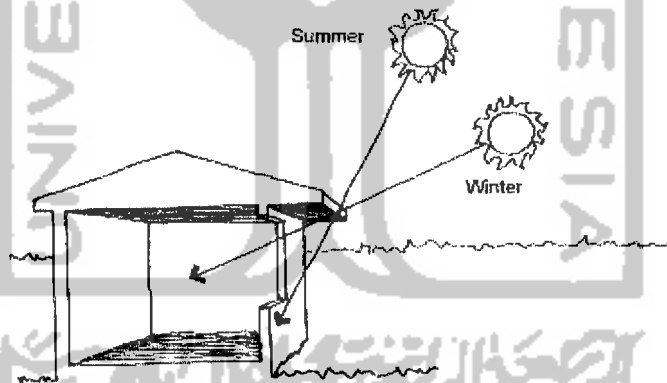
Dalam perjalananya menuju permukaan bumi, radiasi matahari harus melewati atmosfer yang sebagian mengandung debu dan uap air. Jarak terpendek adalah radiasi vertikal. Secara teoritis, insolasi tertinggi akan terjadi jika sampai dipermukaan bumi tegak lurus yaitu antara tropis Cancer dan Capricorn. Namun hal ini tidak akan mempertimbangkan sekumpulan faktor yang menyebabkan fluktuasi.

1. Perubahan insolasi absolute
2. Berkurangnya energi pada atmosfer
3. Berubahnya sudut jatuh radiasi
4. Radiasi matahari tidak langsung



Gambar 4.3.1.3 a Garis lintas matahari tahunan

Berubahnya garis lintas matahari sepanjang tahun, menyebabkan Bangunan memiliki perilaku yang berbeda. Karenanya dalam perencanaan desain bioklimatis Dibutuhkan sebuah simulasi direntang waktu-waktu tertentu guna memperoleh Gambaran yang jelas mengenai perubahan perilaku bangunan tersebut



Gambar 4.3.1.3 b Berubahnya sudut jatuh radiasi

4.3.1.4 Kecepatan dan arah angin

Kecepatan dan arah angin terjadi disebabkan oleh pemanasan lapisan-lapisan udara yang berbeda-beda. Skalanya berkisar mulai dari angin sepoi-sepoi sampai angin topan, yakni kekuatan angin 0 sampai 12 skala Beaufort.

Gaya	Efek yang dapat dilihat	Kecepatan angin m/dtk [km/jam]
0	tidak ada angin, asap membumbung tegak lurus, permukaan air danau tenang	< 0.5[3.6]
1	pergerakan udara lemah, asap sedikit condong	1.7[6.1]
2	hembusan angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik	3.3[11.9]
3	angin lemah, ranting-ranting bergerak, riak kecil di air	5.2[18.7]
4	angin sedang, cabang kecil bergerak	7.4[26.6]
5	angin kuat, cabang besar bergerak, suara keras, ombak berbuih putih	9.8[35.3]
6	angin sangat keras, daun-daun terlepas, berjalan agak sulit	12.4[44.6]
7	angin puyuh, batang pohon melengkung, ranting patah	15.2[54.7]
8	angin puyuh kuat, cabang pohon mungkin patah, cabang yang lebih besar melengkung	18.2[65.5]
9	angin puyuh sangat kuat, pohon kecil tercabut, genting berterbangan, bangunan rusak	21.4[77]
10	topan, bangunan berat rusak, pohon tumbang atau tercabut	25.1[90.4]
11	topan badai, bangunan hancur, seluruh hutan tercabut, manusia dan hewan dapat terbawa	29.0[104.4]
12	topan badai seperti diatas, tetapi lebih hebat lagi	>29.0[104.4]

Table 4.3.1.4 skala gaya angin beaufort

Dalam disain bioklimatis, kecepatan angin alami yang dapat diadaptasikan menjadi potensi atau penunjang iklim dalam lingkungan bangunan atau ruang adalah kecepatan angin yang berada dibawah 26,6 km/jam. Bangunan yang berada dilingkungan yang memiliki angin dengan kecepatan diatas 26,6 km/jam, diharuskan untuk melengkapi dirinya dengan instalasi teknologi struktur bangunan yang maju.

Berdasarkan laporan pengamatan cuaca dari Stasiun Meteorologi Cilacap, Yogyakarta memiliki kecenderungan arah angin Timur laut – Barat Daya dengan kecepatan 6 – 26 Km jam (berada di skala 1 – 4 skala beaufort). Kondisi ini akan sangat berpengaruh dalam perhitungan kenyamanan termal ruang berdasarkan perbedaan tekanan udara dan kecepatan angin.

4.3.1.5 Kondisi bola langit

Daerah dengan iklim tropis lembab seperti Indonesia, kondisi bola langitnya memiliki kecenderungan berawan disepanjang musim panasnya, yang itu mengakibatkan tingkat kesilauan cahaya pantulnya selalu melelahkan mata.

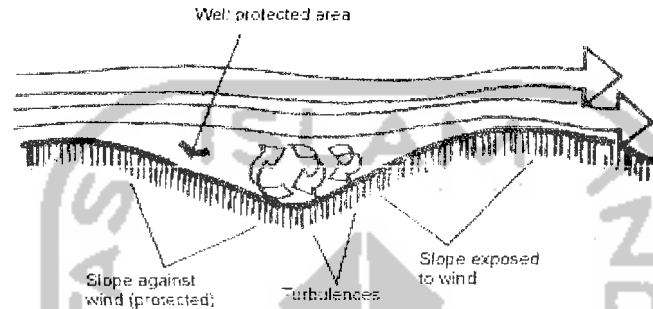
4.3.2 Microclimate

Kondisi *microclimate*, merupakan kondisi iklim lingkungan setempat tempat dimana bangunan akan didirikan. Adapun data yang diperlukan untuk mengetahui kondisi ini antara lain adalah :

4.2.1.3 Ground slope, selain akan mempengaruhi *setting* masa bangunan diatas site, jika perbedaan ketinggian contour lahan mencapai angka yang cukup besar, maka akan berpengaruh pada penciptaan pengarah angin, ground cover yang akan digunakan dan

pertimbangan lainnya berkaitan dengan setting bangunan yang tepat tanpa harus melakukan proses *cut and fill* pada lahan dalam skala yang besar.

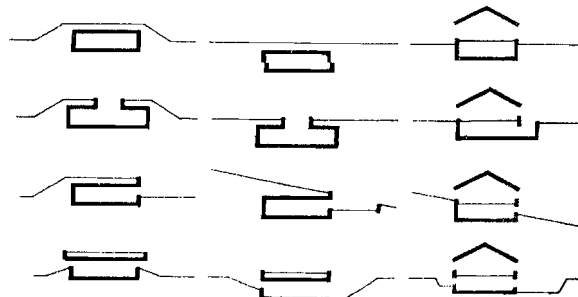
Berdasarkan data topografi wilayah Kecamatan Bangunjiwo, Kasihan Bantul sampai dengan akhir tahun 2002. ditemukan jika site eksploratorium tidak memiliki perbedaan ketianggian contour lahan yang sangat besar, angka terbesar dari perbedaan tersebut hanya mencapai 85 cm.



Gambar 4.2.1.3 Pengaruh Ground Slope Terhadap Angin.

4.2.2.3 Ground cover, material penutup permukaan tanah baik alami maupun buatan, kita ketahui jika ground cover berupa vegetasi, merupakan ground cover terbaik karena dampaknya yang tidak merugikan bagi keberadaan bangunan dan lingkungan sekitar. Dalam perancangan eksploratorium rancangan yang berkaitan dengan pemilihan jenis ground cover dan ruang terbuka hijau, diharapkan dapat mengarah kepada hal-hal yang bersifat *environmentally friendly*.

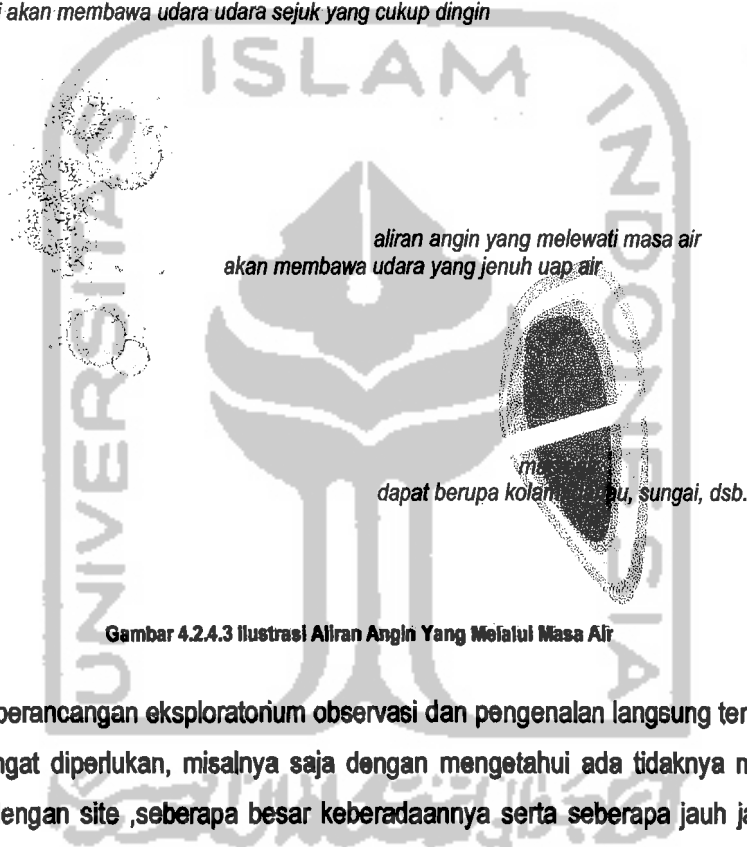
4.2.3.3 Kemiringan lahan, selain dapat berfungsi sebagai pengarah angin dan atau perlindungan terhadap radiasi matahari kemiringan lahan juga memberikan permasalahan terhadap jatuhnya aliran air. Dalam perancangan eksploratorium diharapkan bangunan harus dapat memaksimalkan nilai positif dari kemiringan lahan tersebut tanpa melupakan nilai negative lainnya.



Gambar 4.2.1.3 Tingkat Kemiringan Lahan Dan Pengaruhnya Terhadap Bangunan

4.2.4.3 Keberadaan masa air terdekat, yang mungkin dapat mengurangi atau meningkatkan suhu dan kelembaban. Keberadaan masa air akan sangat berpengaruh pada temperature dan kelembaban dilingkungan tempat terdapat masa air tersebut. Hal yang perlu dicermati adalah fakta iklim di Indonesia yang termasuk tropis lembab, dimana udara jenuh uap air. Keberadaan masa air tidaklah terlalu diinginkan karena hanya akan meningkatkan kadar kelembaban udara yang pada akhirnya akan meningkatkan perasaan tidak nyaman pada fisik manusia.

aliran angin yang melewati sekumpulan vegetasi akan membawa udara udara sejuk yang cukup dingin



Gambar 4.2.4.3 Ilustrasi Aliran Angin Yang Melalui Masa Air

Dalam perancangan eksploratorium observasi dan pengenalan langsung terhadap kondisi site sangat diperlukan, misalnya saja dengan mengetahui ada tidaknya masa air yang dekat dengan site, seberapa besar keberadaannya serta seberapa jauh jarak masa air tersebut dengan site, sehingga selanjutnya pengembangan design yang dilakukan benar-benar merupakan upaya bangunan merespon kondisi lingkungan sekitarnya.

4.2.5.3 Kualitas vegetasi disekitar lingkungan setempat

Kualitas vegetasi disekitar lingkungan setempat yang baik dapat :

1. Mempengaruhi arah dan kekuatan angin
2. Menyimpan air
3. Menurunkan temperatur
4. Menyamakan perbedaan temperatur

Pada dasarnya angin harus berhembus melalui daerah yang berada dalam bayangan sebelum mencapai bangunan, jangan melalui permukaan yang panas. Pada tempat-tempat

dimana pengurangan gerakan udara panas harus dihindari, dapat dipilih tanaman khusus yang jarang, misalnya palem kipas dengan mahkota yang tinggi sehingga udara dapat mengalir besar dibawahnya dan hanya menghasilkan sedikit kelembaban oleh karena permukaan daunnya rapat.

4.2.6.3 Keberadaan bangunan terdekat

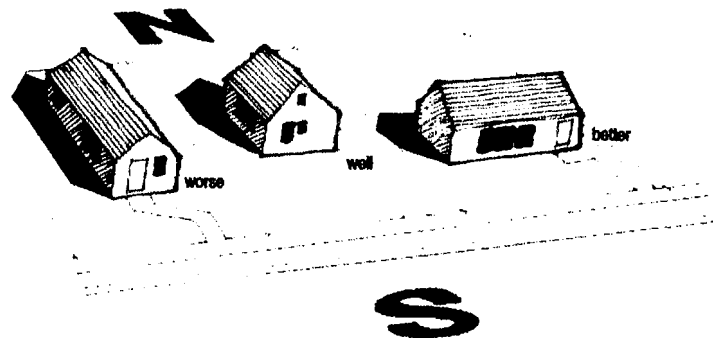
Semakin tinggi tingkat kerapatan bangunan disuatu tempat, akan meningkatkan suhu ditempat tersebut. Ini disebabkan karena ;

1. Sinar matahari yang datang sebagian besar akan diserap / dipantulkan kembali ke udara oleh material penutup bangunan tersebut.
2. Tidak tersedianya lahan yang cukup untuk penghijauan.
3. Terlalu rapatnya jarak antar bangunan menyebabkan udara tidak dapat mengalir dengan maksimal diantara sisi-sisi bangunan tersebut.

4.4 Bentuk dan orientasi

Bentuk dan orientasi akan sangat berpengaruh terhadap suhu dalam sebuah bangunan, dengan mengambil bentuk dan orientasi yang tepat maka bangunan akan dapat mengambil keuntungan yang maksimal dari kondisi iklim lingkungan sekitar bangunan. Beberapa konsep mengenai bentuk dan orientasi yang lazim diterapkan dalam desain bioklimatis, antara lain adalah:

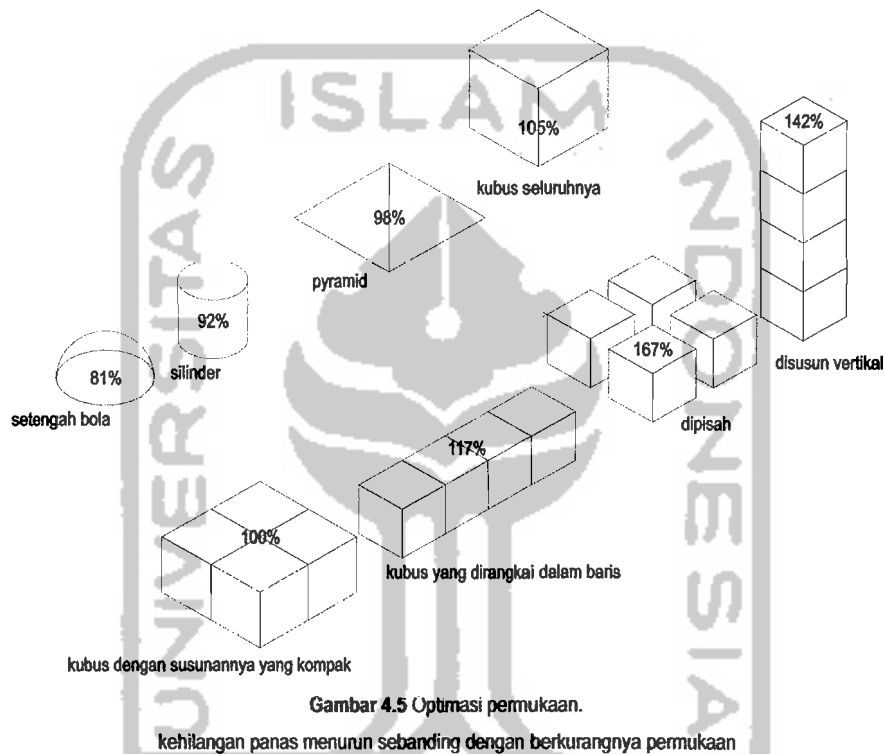
1. Sumbu panjang bangunan setidaknya sejajar dengan sumbu barat timur. Ini akan meminimalkan permukaan bangunan yang terkena sinar matahari langsung.
2. Bukaan menghadap keselatan dan utara agar penetrasi sinar langsung matahari dapat diminimalkan
3. Bangunan sedapat mungkin berada ditengah lahan sehingga semua sisi terkena oleh hembusan angin. Selain untuk kelancaran ventilasi, hembusan angin juga membantu menyejukan permukaan.
4. Hindari bentuk bangunan berdenah rumit. Partisi akan menghalangi kebebasan angin bergerak dalam ruangan.



Gambar 4.4 Pertimbangan orientasi

4.5 Tata masa

Didaerah yang memiliki iklim tropis kering, meletakkan masa-masa bangunan sedekat mungkin antara satu dengan lainnya, dinilai sangat ideal dalam upaya menciptakan efek bayangan yang secara langsung akan berpengaruh pada iklim didalam ruang. Akan tetapi pada daerah-daerah yang memiliki iklim tropis lembab seperti Indonesia, teknik pembayangan seperti tersebut diatas justru harus dihindari karena akan menutup kemungkinan bangunan menerapkan sistem ventilasi silang. Dan efek bayangan yang tercipta karena adanya masa bangunan lain hanya akan menyebabkan meningkatnya kelembaban diarea bayangan tersebut.



Dalam perancangan eksploratorium, desain bangunan akan diarahkan pada bentuk bangunan yang dapat memaksimalkan kehilangan panas dipermukaan bangunannya. Menghindari bentuk masa yang solid dan kompak dimungkinkan akan menjadi alternative pencapaian tujuan tersebut.

4.6 Landscaping

Akan erat kaitannya dengan pemilihan dan penataan vegetasi, modifikasi topografi dilingkungan sekitar bangunan. Vegetasi juga dapat menghasilkan pengaruh yang berbeda terhadap iklim mikro pada daerah kering atau daerah lembab. Apa yang cocok untuk suatu daerah belum tentu sesuai untuk daerah lain, didaerah kering, vegetasi lebat dapat menahan angin panas dan debu yang tidak diinginkan dan penguapan daun akan menambah kelembaban udara

bengkel, toilet dan dapur), semakin tinggi angka pergantian udara perjam yang diharuskan. Setiap negara mempunyai standar ACH sendiri-sendiri.⁴

4.8.1 Aspek perancangan

Selain akan mempengaruhi terhadap kondisi pencahayaan alami ruang pada siang hari, penempatan dan dimensi bukaan juga akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas penghawaan alaminya. Ini merupakan salah satu hal yang dalam disain bioklimatis akan mendapat perhatian yang cukup besar, karena melalui satu aspek (ventilasi) bergantung dua aspek kenyamanan ruang yakni pencahayaan dan penghawaan alami.

Bukaan diusahakan selebar-lebarnya untuk memberi keleluasaan angin bergerak didalam ruang. Namun bukaan ini harus terlindung dari sinar langsung matahari yang akan memanaskan udara ruangan. Tritisasi, pohon, dan tirai merupakan sarana yang baik untuk menghalangi sinar langsung matahari. Hati-hati dengan pemakaian tirai disisi dalam kaca. Tirai yang panas akan berfungsi layaknya radiator yang akan melepaskan panasnya keudara didalam ruang. Untuk memperoleh efek-efek tertentu (kesehatan, bersih, dan lain-lain), dapat saja sinar langsung matahari dimasukkan kedalam bangunan.

4.8.2 Aspek matematis

Aspek matematis dalam pembahasan akan menguraikan tentang rumus-rumus sederhana yang dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan dalam merancang bukaan pada sebuah bangunan. Untuk dapat menghitung dan mensimulasi aliran udara secara akurat, diperlukan perhitungan yang sangat rumit dan hanya dapat dilakukan dengan bantuan computer. Perangkat lunak yang populer untuk membantu perhitungan adalah program *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang harganya relatif mahal.

Dalam perhitungan matematis kenyamanan thermal sebuah ruang dalam bangunan, terdapat beberapa istilah yang akan seringkali kita jumpai, beberapa istilah tersebut antara lain adalah :

Konduktivitas (*Conductivity*) adalah bilangan yang menunjukkan besar panas (*watt*) yang mengalir melalui bahan setebal 1m, seluas 1m² dengan perbedaan suhu antara kedua sisi permukaannya 1degC (derajat Celcius). Jadi satuan konduktivitas adalah Wm/m²degC. Karena seringkali kita memerlukan bahan dengan tebal nyata, maka dibuatlah istilah konduktan (*conductance*) yang merupakan konduktivitas untuk tebal tertentu bukan 1 m². Hal ini karena pada kehidupan nyata, misalnya kita tidak pernah memakai genting setebal 1m. konduktan = k/b . b adalah tebal bahan normal. Sebagai contoh, genting tanah liat mungkin $b = 6 \text{ mm} = 0.006 \text{ m}$ saja.

⁴ Satwiko, Prasasto, *Fisika Bangunan 1*, Edisi 1, Yogyakarta, Andi, 2004

Jadi satuan konduktan adalah $k/b = (W/m^2 \text{degC})/m = W/m^2 \text{degC}$. (untuk mudahnya konduktivitas diberi notasi k , sedangkan konduktan k')

Resistivitas (resistivity, R) adalah kebalikan dari konduktivitas ($R = 1/k$) dengan satuan $m \text{degC}/W$. sebaliknya, resistan merupakan kebalikan konduktan, b/k , dengan satuan $m^2 \text{degC}/W$ (untuk mudahnya, resistivitas diberi notasi R , sedangkan resistan R')

Konduktan permukaan (air film conductance) adalah konduktan lapisan udara tipis antara udara dengan permukaan bahan, biasa diberi notasi f . Konduktan permukaan ini mempengaruhi perpindahan panas dan nilainya tergantung dari kondisi permukaan dan lokasinya (apakah didalam ruangan atau diluar ruangan). Karena kita dalam kehidupan nyata sehari-hari tidak dapat mengabaikan konduktan permukaan, maka dalam ilmu bangunan dibuatlah angka konduktan elemen bangunan yang sudah memasukan factor konduktan permukaan tadi dan dinamai transmittan.

Transmittan (transmittance), U = $1/R'_a$. Sedang R'_a adalah resistan elemen yang sudah memasukan unsur lapisan tipis udara tadi,

Table 4.8.2.1 Konduktan permukaan⁵

Letak Permukaan	Elemen	Konduktan $W/m^2 \text{ degC}$
permukaan dalam, f_i	dinding	8.12
	lantai, langit-langit, panas mengalir keatas	9.48
	lantai, langit-langit, panas mengalir kebawah	6.70
permukaan luar, f_o	sisi bawah atap	9.48
	dinding selatan terlindung	7.78
	dinding selatan, normal	10.00
	dinding selatan, sangat terbuka	13.18
	dinding barat, barat daya dan tenggara, terlindung	10.00
	dinding barat, barat daya dan tenggara, normal	13.18
	dinding barat, barat daya dan tenggara sangat terbuka	18.90
	dinding barat laut terlindung	13.18
	dinding barat laut normal	18.90
	dinding barat laut sangat terbuka	31.50
	dinding utara, timur laut, dan timur terlindung	13.18
	dinding utara, timurlaut, dan timur, normal	81.20
	dinding utara, timurlaut, dan timur, sangat terbuka	14.20
	atap, terlindung	22.70
	atap, normal	56.70
atap sangat terbuka	18.90	

⁵ O.H. Koenigsberger, T.G. Ingersoll, A. Mayhew, S.V. Szokolay, *Manual of Tropical Housing and Building, Part one: Climatic Design*, Bombay, Orient Longman, 1973

4.8.2.1 Transmittan elemen bangunan berlapis

$$U = 1/R_a \text{ atau } U = 1/(1/F_o + R_b + 1/F_i) \text{ W/m}^2\text{degC}$$

- Dengan : U = nilai transmittan (konduktan total), W/m²degC
 F_o = konduktan permukaan luar bahan, W/m²degC
 R_b = resistan total lapisan elemen, m²degC/W
 F_i = konduktan permukaan dalam bahan W/m² degC

4.8.2.2 Panas yang menembus elemen bangunan

$$Q_c = A \cdot U \cdot \Delta T$$

- Dengan A = Luas elemen, m²
 U = Nilai transmittan (konduktan total), W/m²degC
 ΔT = Selisih suhu permukaan luar dan dalam, degC

4.8.2.3 Panas yang menembus kaca

$$Q_g = A \cdot I \cdot \Theta W$$

- Dengan A = Luas jendela, m²
 I = Intensitas radiasi matahari, W/m²
 Θ = Solar gain factor bahan kaca

Solar gain factor (Θ) dapat diperoleh dari pabrik pembuat kaca yang bersangkutan. Dalam hal data Θ belum memasukan pertimbangan sudut datang sinar langsung matahari pada bidang kaca, maka $I = I \cos \beta$ adalah sudut yang dibentuk oleh garis datang sinar matahari dengan garis normal (tegak lurus) bidang.

4.8.2.4 Kenaikan suhu benda oleh radiasi matahari

$$T_s = T_o + (I \cdot \alpha / f_o) ^\circ\text{C}$$

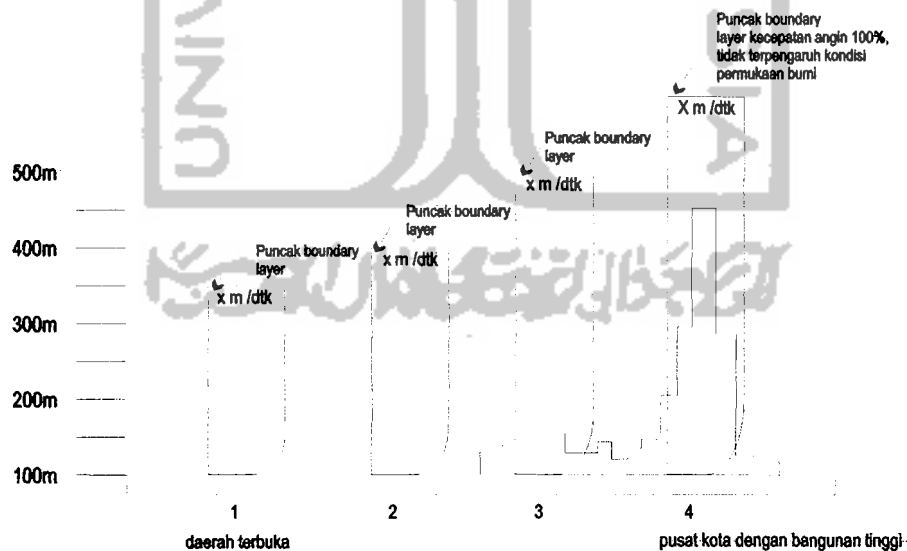
- Dengan T_s = Suhu permukaan yang terkena sinar matahari langsung, °C

- T_0 = Suhu ruang luar, °C
 I = Intensitas radiasi matahari, W/m²
 α = Bilangan serap
 F_0 = Konduktan permukaan luar bahan, W/m²degC

Tabel 4.8.2.4 Bilangan serap

Permukaan	Bilangan serap, α
hitam, bukan metalik	0.85-0.98
bata merah (bentuk batu maupun kepingan)	0.65-0.80
bata kuning atau kekuning-kuningan (bentuk batu)	0.50-0.70
bata krem (bentuk kepingan maupun plaster)	0.30-0.50
kaca jendela	(transparan)
aluminium cerah mengkilat, perunggu	0.30-0.50
kuningan buram, aluminium buram, besi galvanis	0.40-0.65
kuningan mengkilat, tembaga mengkilat	0.30-0.50
aluminium mengkilat, krom	0.10-0.40

4.8.2.5 Kecepatan angin diketinggian tertentu, m/s



Gambar 4.8.2.5 Lapisan batas dikondisi permukaan bumi yang berbeda

$$V_h = V_{bl} (h/h_{bl})^\phi \text{ m/dtk}$$

- Dengan V_h = Kecepatan angin diketinggian h, m/dtk
 V_{bl} = Kecepatan angin dipuncak *boundary layer*, m/dtk
 h = Ketinggian ukur, m
 h_{bl} = Ketinggian *boundary layer*, m
 ϕ = Eksponen kecepatan angin rata-rata

4.8.2.6 Aliran udara karena perbedaan tekanan angin

$$Q = C_v A V \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Dengan Q = Udara yang mengalir melalui jendela, m^3/dtk
 C_v = Keefektifan bukaan (0,5 – 0,60) apabila arah datang angin tegak lurus bukaan, (0,25 – 0,35 apabila arah angin diagonal jendela)
 A = Luasan efektif jendela (bukaan),
 V = Kecepatan angin, m/dtk

Rumus diatas digunakan untuk kondisi lubang masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) sama luasnya. Bila lubang masuk dan keluar tidak sama, maka C_v perlu dikaitkan dengan konstanta proporsional.

Tabel 4.8.6.2 Konstanta penyesuaian proporsi bukaan akibat tekanan angin

Pembandingan luas inlet dan outlet	Pengali, C_v	Pembandingan luas inlet dan outlet	Pengali, C_v
1:1	1.00	1:5	1.40
1:2	1.27	2:1	0.63
1:3	1.35	4:1	0.35
1:4	1.38	4:3	0.86

4.8.2.7 Aliran udara untuk membuang panas, Q, tanpa memperhatikan volume ruang

$$Q = H/60C_r \rho(t_i - t_o) \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dengan	Q	=	Udara yang dipindahkan, m ³ /dtk
	H	=	Panas yang dipindahkan, W, (W=J/dtk)
	C _p	=	Panas jenis udara pada tekanan konstan, 1025/kg°C
	ρ	=	Berat jenis udara, 1,2 kg/m ³
	t _i	=	Suhu udara didalam ruang, °C
	t _o	=	Suhu udara diluar ruangan, °C

4.8.2.8 Aliran udara untuk membuang panas, Q, memperhatikan volume ruang

$$Q = VN/3600 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dengan	Q	=	Udara yang dipindahkan, m ³ /dtk
	N	=	Pergantian udara ruang perjam; N=H/0,33V (t _i - t _o)
	V	=	Volume ruang, m ³
	H	=	Panas yang dipindahkan, W, (W=J/dtk)
	t _i	=	Suhu udara didalam ruang, °C
	t _o	=	Suhu udara diluar ruangan, °C

4.8.2.9 Aliran udara karena perbedaan suhu udara, Q_B

$$Q_B = CAh(t_i - t_o) \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dengan	Q _B	=	Udara yang mengalir melalui bukaan,
	C	=	Konstanta proporsi
	A	=	Luas bebas bukaan, m ² (pakai luasan yang kecil)
	H	=	Tinggi antara titik tengah bukaan bawah (<i>inlet</i>) dan titik tengah bukaan atas (<i>outlet</i>), m
	t _i	=	Suhu udara didalam ruang, °C
	t _o	=	Suhu udara diluar ruangan, °C

4.8.2.10 Aliran udara yang diakibatkan oleh gabungan tekanan angin & perbedaan suhu

$$Q = [Q_A + Q_B]''$$

- Dengan Q_P = Aliran angin oleh perbedaan tekanan, m^3/dtk
 Q_B = Aliran angin oleh perbedaan suhu, m^3/dtk

4.8.2.11 Indeks kenyamanan termal menurut PMV dan PPD

Profesor P. O. Fanger telah membuat skala dan rumus untuk menilai tingkat kenyamanan ruang. Dia membuat skala PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentaged of Dissatisfied*) terdiri atas 7 titik : -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 yang mewakili dingin, sejuk, agak sejuk, netral, agak hangat, hangat, dan panas. Sedangkan PPD memberikan prakiraan seberapa besar (%) penghuni ruang yang akan merasa tidak nyaman. Jelaslah, apabila PPD semakin mendekati 0% berarti ruang semakin nyaman.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{0,036M} + 0,028) [(M-W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

$$H = \epsilon \sigma (A_r/A_{Du}) f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$T_{cl} = t_{sk} - I_{cl} K_1 f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4] - I_{cl} f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$K_1 = \epsilon \sigma (A_r/A_{Du}) = 39,6 \cdot 10^{-9}$$

$$H_c = 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} \text{ atau } 12,1 \cdot (V_{ar})^{0,5} \text{ dipilih yang lebih besar}$$

$$f_{cl} = 1,00 + 1,29 \cdot I_{cl}, 0,078 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$t_{sk} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W)$$

$$E_c = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] + 0,42 \cdot (M - W - 58,15)$$

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a)$$

$$E_{res} = 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a)$$

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

Dengan,

- M = Kecepatan metabolisme, W/m^2
 W = Tenaga mekanis efektif, W/m^2
 p_a = Kelembaban, tekanan parsial uap air, Pa

- t_a = Temperatur udara, °C
 t_r = Temperatur permukaan rata-rata, °C
 f_{cl} = Factor area pakaian. Perbandingan antara permukaan tubuh yang tertutup pakaian dan terbuka.
 v_{ar} = Kecepatan angin relative, kecepatan angin relative yang mengenai tubuh, termasuk jika tubuh bergerak, m/dtk
 t_{cl} = Temperatur permukaan pakain, °C
 I_{cl} = Isolator pakaian, $m^{20}C/W$
 E_c = Pertukaran panas secara penguapan pada kulit ketika manusia mengalami sensasi netral, W/m^2
 C_{res} = Pertukaran panas konvektif respiratori, W/m^2
 E_{res} = Pertukaran panas evaporatif respiratori, W/m^2
 T_{sk} = Temperatur kulit, °C
 H = Kehilangan panas kering. Kehilangan panas melalui kulit akibat konveksi, radiasi dan konduksi.
 PMV = *Predicted Mean Vote*
 PPD = *Predicted Percentage Of Dissatisfied*

4.8.2.12 Tabel Mahoney

Table Mahoney terdiri atas beberapa table yang digunakan untuk menemukan hubungan antara kondisi iklim dan perancangan bangunan. Tabel ini akan memberikan rekomendasi perancangan bangunan secara umum.

Tabel A1
Data Lokasi

lokasi	
garis bujur	
garis lintang	
ketinggian	

Tabel A2
Temperatur udara, ° C

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	tinggi	TRT
maksimum rata-rata bulanan														
minimum rata-rata bulanan														
rentang rata-rata bulanan													rendah	RRT

TRT = Temperatur rata-rata tahunan RRT = Rentang rata-rata tahunan

Tabel A3
 Kelembaban Udara, %

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
maksimum rata-rata bulanan, a.m.												
minimum rata-rata bulanan, p.m												
rata-rata												
kelompok kelembaban												

Tabel A4
 Kelompok Kelembaban

Kelompok kelembaban	Jika rata-rata RH
1	dibawah 30%
2	30-50%
3	50-70%
4	diatas 70%

Tabel A5
 Curah hujan dan angin

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
curah hujan, mm													
arah angin utama													
arah angin sekunder													

Tabel A6
 Batas kenyamanan

Kelompok kelembaban	TRT diatas 20°C		TRT 15 - 20 °C		TRT dibawah 15°C	
	siang	malam	siang	malam	siang	malam
1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Tabel B1
 Diagnosa

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TRT
maksimum rata-rata bulanan													
kenyamanan siang: atas													
kenyamanan siang:bawah													
minimum rata-rata bulanan													
kenyamanan Malam: atas													
kenyamanan malam: bawah													
tegangan thermal:siang													
tegangan termal : malam													

P (Panas) apabila temperatur rata-rata diatas batas
 N (Nyaman) apabila temperatur rata-rata didalam batas
 D(Dingin) apabila temperatur rata-rata dibawah batas

Tabel B3

Arti	Indikator	tegangan panas		curah hujan	kelompok kelembaban	rentang rata-rata temperatur bulanan
		siang	malam			
pergerakan udara sangat diperlukan	L1	P			4	
		P			2,3	kurang dari 10°C
pergerakan udara dilinginkan	L2	N			4	
perlindungan terhadap hujan diperlukan	L3			diatas 200 mm		
kapasitas panas diperlukan	K1				1,2,3	lebih dari 10°C
tidur diruang terbuka dilinginkan	K2		P		1,2	
			P	N	1,2	lebih dari 10°C
perlindungan terhadap dingin	K3		D			

Tabel C
 Spesifikasi yang disarankan

Total indikator dari tabel B									
L1	L2	L3	K1	K2	K3				
			0-10				1	orientasi ke utara dan selatan (sumbu panjang timur-barat)	layout
			11,			5-12			
			12			0-4	2	rancangan bangunan kompak dengan halaman ditengah	
11,							3	peruangan terbuka untuk penetrasi hembusan angin	peruangan
12							4	seperti 3, tetapi diberi perlindungan terhadap angin panas dan dingin	
2-10							5	susunan kompak	
0, 1									
3-12							6	bangunan mempunyai ruang tunggal, tidak bersekat-sekat, penyediaan pergerakan angin permanen	pergerakan angin
1,2			0-5				7	bangunan mempunyai ruang ganda, penyediaan pergerakan angin temporer	
	2-12		6-12				8	tidak diperlukan pergerakan angin	
0									
			0,1		0		9	bukaan luas, 40-80%	bukaan
			11,		0,1		10	bukaan sangat kecil 10-20%	
			12				11	bukaan sedang 20-40%	
			0-2				12	dinding ringan, waktu perambatan panas pendek	dinding
			3-12				13	dinding luar dan dalam berat	
			0-5				14	atap ringan berisolator	atap
			6-12				15	atap berat, waktu perambatan panas lebih dari 8 jam	
				2-12			16	diperlukan ruangan untuk tidur diluar	
		3-12					17	diperlukan perlindungan terhadap curah hujan lebat	



4.9 Pencahayaan

Beberapa kelebihan cahaya dan sinar matahari antara lain adalah sebagai berikut :

1. Bersifat alami (natural). Manusia pada dasarnya tidak ingin dicabut dari alam dan selalu ingin berada didalam atau dekat dengan alam. Memaksakan diri hidup terpisah dari lingkungan alami akan memicu ketegangan batin maupun fisik. Cahaya alami matahari memiliki nilai-nilai (baik fisik maupun spiritual) yang tak tergantikan oleh cahaya buatan.
2. Tersedia berlimpah
3. Tersedia secara gratis
4. Terbaru (tidak habis-habisnya, sampai matahari mati!)
5. Memiliki spectrum cahaya lengkap
6. Memiliki daya panas dan kimiawi yang diperlukan bagi mahluk hidup dibumi.
7. Dinamis. Arah sinar matahari selalu berubah oleh rotasi bumi maupun peredarannya mengelilingi matahari. Intensitas cahaya yang berubah-ubah oleh adanya halangan awan yang melintas akan memberikan efek gelap terang yangb menambah kesan dinamis.

Sedangkan, beberapa kelemahan cahaya matahari untuk dipergunakan mencahayai ruangan adalah sebagai berikut:

1. Pada bangunan bertantai banyak dan gemuk (berdenah rumit) sulit untuk memanfaatkan cahaya alami matahari (walau ada teknologi serat kaca yang dapat menyalurkan cahaya jauh kedalam ruangan)
2. Intensitas tidak mudah diatur, dapat sangat menyilaukan atau sangat redup.
3. Pada malam hari tidak tersedia
4. Sering membawa panas masuk kedalam ruangan
5. Dapat memudarkan warna

Karena sinar langsung matahari membawa serta panas, maka cahaya yang dimanfaatkan untuk pencahayaan ruangan adalah cahaya bola langit. Sinar langsung matahari hanya diperkenankan masuk kedalam ruangan untuk keperluan tertentu atau bila hendak dicapai efek tertentu. Oleh karena itu bagi arsitek perlu diingat dua hal penting :

1. Pembayangan : untuk menjaga agar sinar langsung matahari tidak masuk kedalam ruangan melalui bukaan. Teknik pembayangan antara lain dengan memakai tritisan dan tirai
2. Pengaturan letak dan dimensi bukaan untuk mengatur agar cahaya bola langit dapat dimanfaatkan dengan baik.

3. pemilihan warna dan tekstur permukaan dalam ruangan dan luar untuk memperoleh pemantulan yang baik (agar pemerataan cahaya efisien) tanpa menyilaukan mata.

4.9.1 *Daylighting*

Merupakan cahaya alami, yaitu cahaya yang bersumber dari alam, misalnya matahari, fosfor dipohon-pohon, kilat dan kunang-kunang. *Daylighting* merupakan pilihan terbaik sebagai sumber cahaya bangunan, meski hanya dapat dimaksimalkan kegunaannya pada siang hari.

Sepanjang 24 jam dalam satu hari, diharapkan eksploratorium dapat memaksimalkan minimal 10 jam keberadaan cahaya alami sebagai sumber pencahayaan ruangnya. Ini akan berkaitan erat dengan bagaimana eksploratorium dapat membagi waktu pelaksanaan aktifitas kegiatan didalamnya. Ketika sebuah aktifitas menuntut tersedianya cahaya yang berlimpah, seperti proses membuat pola, proses restorasi *batik*, proses *membatik* itu sendiri, maka sudah selayaknya kegiatan-kegiatan tersebut diadakan atau dilaksanakan pada waktu pagi dan siang hari.

Sedangkan untuk malam hari, aktivitas dapat dibatasi hanya pada kegiatan yang bersifat lebih santai atau ringan seperti berdiskusi, bekerja didepan computer, merapikan file difiling cabinet, membersihkan ruang-ruang dan sebagainya.

4.9.2 *Artificial lighting*

Adalah segala bentuk cahaya yang bersumber dari alat yang diciptakan oleh manusia, seperti : lampu pijar, lilin, lampu minyak tanah dan obor. Dalam desain bioklimatis tidak ada larangan untuk tidak menggunakan artificial lighting dalam bangunan, karena bagaimanapun juga cahaya alami tidak tersedia pada malam hari. Yang berbeda hanyalah, selektifitas kita terhadap jenis artificial lighting tersebut. Mulai dari jenis, kegunaan sampai titik-titik penempatan harus benar-benar terukur, agar dalam perjalanannya bangunan tidak mengasup energi terlampau banyak dan terbuang dengan sia-sia.

Maksimalisasi fungsi artificial lighting selain dengan memilih fixture yang tepat juga dapat dilakukan dengan menggandakan fungsi dari keberadaan lighting tersebut. Misalnya dengan selain menjadikan lighting sebagai penerangan pada bangunan dimalam hari keberadaan lighting tersebut juga dapat dijadikan salah satu unsur penguat performance bangunan.

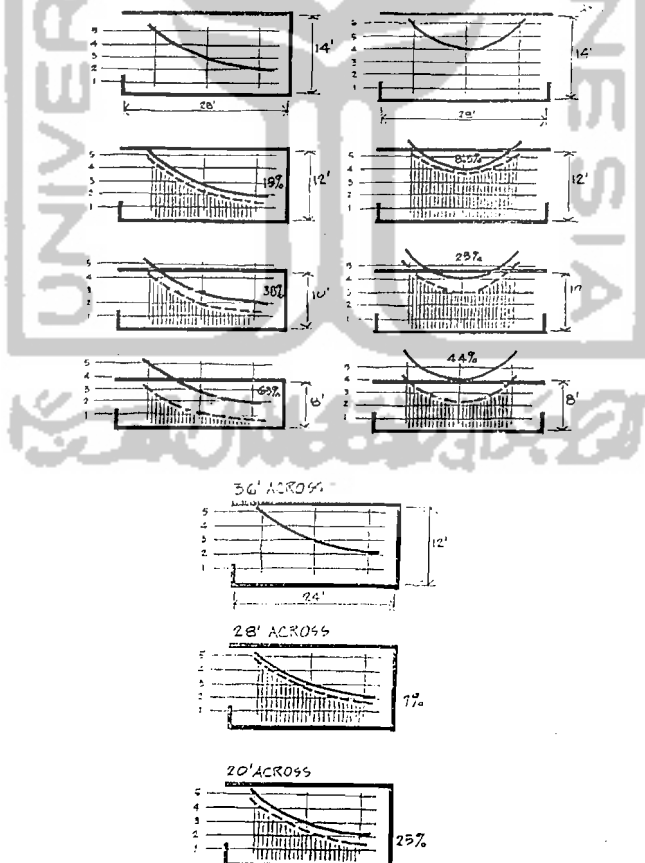
Keberadaan artificial lighting dalam eksploratorium akan sangat terukur, dalam artian setiap fixture penerangan yang terdapat dalam bangunan, harus merupakan *fixture* yang benar-benar dibutuhkan atau dimultifungsikan keberadaannya. Ada kemungkinan untuk memasukan unsur teknologi dalam memaksimalkan keberadaan *fixture-fixture* penerangan ini. Seperti misalnya system otomasi bangunan untuk pengaturan penerangan atau penerapan thermostat ruang, dimana system-sistem tersebut akan mengatur waktu kapan dimulainya *fixture* penerangan akan menyala/mati.



Gambar 4.9.2 maksimalisasi fungsi artificial lighting

4.9.3 Dimensi Jendela

Ukuran dan tinggi jendela diatas bidang kerja merupakan factor terpenting dalam mendesain pencahayaan. Secara alamiah, semakin besar ukuran jendela, cahaya yang masuk kedalam ruangan juga semakin bertambah. Tetapi tinggi jendela lebih berpengaruh dari pada lebar jendela, maka akan semakin banyak cahaya yang masuk kedalam ruangan. Pada grafik dibawah ini dapat dilihat intensitas jumlah cahaya yang masuk kedalam ruang dengan kedalaman ruang 28 ft (atau kurang lebih 8,5 m) dan ketinggian *ceiling* antara 14 – 8 ft (4,2 - 2,4 m)

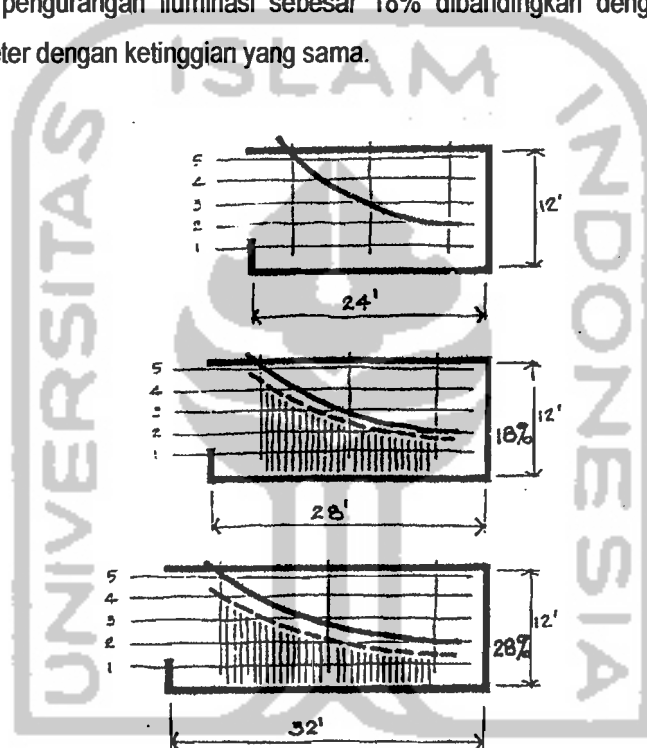


Grafik 4.9.3 pengaruh ketinggian *ceiling*, letak bukaan terhadap intensitas cahaya yang masuk kedalam ruang

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa jika ketinggian *ceiling* (jendela) diturunkan, maka intensitas cahaya (iluminasi) pada bagian dinding yang tidak berjendela akan turun sekitar 19%. Jadi semakin rendah jendela maka cahaya yang masuk akan semakin terbatas.

4.9.4 Kedalaman Ruang

Jarak atau jangkauan cahaya yang masuk kedalam sebuah ruang tergantung dari seberapa tinggi *ceiling* atau seberapa tinggi jendela. Grafik dibawah ini menunjukkan bahwa semakin dalam sebuah ruang, maka intensitas cahaya yang memasuki ruangan tersebut akan semakin berkurang pada sisi yang berlawanan dengan jendela. Ruangan dengan kedalaman 8,4 m akan mengalami pengurangan iluminasi sebesar 18% dibandingkan dengan ruangan dengan kedalaman 8,2 meter dengan ketinggian yang sama.



Grafik 4.9.4 Pengaruh kedalaman ruang terhadap intensitas cahaya yang masuk

4.9.5 Overhangs

Bangunan yang mempunyai overhangs akan sangat berguna dalam mengontrol sinar matahari dan hujan selain juga efektif dalam mengumpulkan cahaya yang dipantulkan dari permukaan dan memungkinkan untuk memantulkannya kembali kedalam interior.

Hasil uji menunjukkan bahwa overhangs dengan panjang 6 ft (1,8m) akan menghasilkan reduksi iluminasi yang lebih sedikit pada sisi dinding dalam dibandingkan dengan dinding disamping jendela.

Overhangs yang akan diaplikasikan menjadi bagian elemen bangunan eksploratorium ini akan berpanduan pada perbandingan standar tersebut diatas, dan hanya diaplikasikan pada

bukaan yang terletak pada sisi timur dan barat bangunan saja, mengingat pada kedua sisi itulah iluminasi yang akan diterima ruang pada saat-saat tertentu akan menjadi sangat tinggi.

4.9.6 Skylight

Skylights adalah cara yang efektif untuk mendapatkan cahaya matahari yang maksimal dengan ukuran bukaan yang minimal. *Skylights* juga sangat baik dalam menghantarkan cahaya ke dalam interior pada bangunan berlantai satu atau pada lantai atas bangunan berlantai banyak. Material dari skylights dapat berupa kaca glazing ataupun dari material plastic yang berglazing juga. Bahan yang cukup efektif sebagai kubah *skylights* yaitu *plastic arcilic* dengan keunggulan harga yang relative murah, mudah diganti, tahan hujan dan tahan lama. Dapat berbentuk bening, abu-abu atau *diffuse* (umumnya disebut *smokey white*).

4.9.7 Clerestory

Clerestory mempunyai sifat yang hamper sama seperti skylights, hanya posisi lebih mendekati vertical daripada horizontal. Kelebihan clerestory adalah :

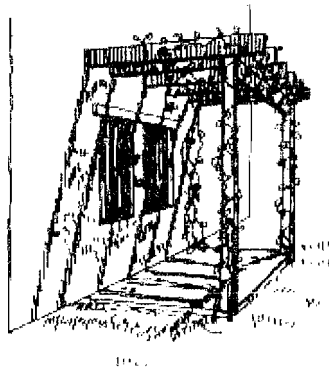
1. Penetrasi sinar langsung matahari langsung dapat dihindari.
2. Bila ditambah dengan overhangs di dalam light self, sinar yang masuk dapat dipantulkan kelangit-langit sekaligus menghalau sinar yang berlebihan.

4.9.8 Refleksi Permukaan

Pada ruang-ruang yang keseluruhan sisinya (dinding, lantai dan *ceiling*) dicat dengan warna putih, intensitas yang masuk dianggap 100%, dengan posisi iluminasi minimum diumpamakan "x". dari gambar tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa *ceiling* (langit-langit) merupakan factor terpenting dalam mengontrol cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Selanjutnya yang paling berpengaruh dalam mengontrol cahaya yang masuk adalah dinding bagian dalam, kemudian dinding samping dan selanjutnya lantai.

4.10 Perlindungan terhadap radiasi panas matahari

Berbeda dengan negara bermusim dingin, dimana kehilangan panas merupakan salah satu hal yang paling dihindari dari sebuah bangunan. Di negara dengan iklim tropis lembab seperti Indonesia, yang terjadi adalah sebaliknya. Melindungi ruangan dari radiasi panas sinar matahari merupakan hal yang harus dimaksimalkan agar ruang tidak mengalami peningkatan panas pada siang hari. Penggunaan *shading*, penataan vegetasi, penggunaan material isolasi pada selubung bangunan merupakan beberapa teknik dalam bioklimatis design untuk melindungi ruang dari radiasi sinar matahari.



Gambar 4.10 ilustrasi perlindungan terhadap bukaan dari sinar matahari

4.10.1 Sunscreen

Selain atap melebar atau atap tambahan yang posisinya horizontal sehingga hanya menahan sinar matahari beberapa derajat diatas permukaan tanah, ada pula elemen penahan sinar matahari yang lebih menyeluruh dalam posisi vertikal. Elemen ini dikenal dengan sebutan *sunscreen*. *Sunscreen* biasanya diletakan beberapa sentimeter didepan jendela untuk menghalangi masuknya sinar matahari yang menyilaukan secara menyeluruh, namun tidak sepenuhnya menghalangi aliran udara. Inilah perletakan *sunscreen* yang ideal, sebagaimana tujuannya, yaitu menahan masuknya sinar dan panas matahari.

Namun beberapa bangunan seringkali keliru menerjemahkan fungsi *sunscreen*, sehingga meletakkannya justru didalam bangunan, tepat setelah kaca jendela. Jenis yang banyak dipakai adalah *vertical blind* atau *horizontal blind*. Bila tujuannya hanya untuk mengurangi silau, maka pemasangan *sunscreen* didalam jendela ini telah memadai, namun tidak untuk menahan masuknya panas matahari.

Johnson (1981) dalam bukunya *solar architecture* menyampaikan "*an ideal sunscreen should be installed just before window, because once the rays passing through the glazing, they are in the building for good*". Artinya, *sunscreen* harus diletakan diluar/sebelum jendela kaca agar panas tidak menembus kaca jendela. Sedangkan pada *sunscreen* yang diletakkan didalam/setelah jendela, seperti umumnya *vertical blind*, sinar matahari tetap menembus jendela dan masuk kedalam ruangan.



Gambar 4.10.1 Contoh ruang yang menggunakan sunscreen

Sunscreen yang diletakkan sebelum jendela bentuknya sangat bervariasi dan terbuat dari bahan yang bervariasi pula. Dapat dibuat dari beton cor yang didesain menjadi relung-relung, dari bahan metal, atau dari papan kayu tipis yang dijajar vertikal atau horizontal. Pemakaian bahan *sunscreen* yang mampu memantulkan kembali sinar yang diterimanya akan lebih efektif untuk mengurangi silau dari dalam ruang, sekaligus menahan panas matahari, daripada memakai bahan yang menyerap panas. Namun perlu diperhatikan, apakah sekiranya bahan yang mampu memantulkan tersebut tidak menyilaukan bagi lingkungan sekitar.

Untuk memunculkan kesan alami, ada pula *sunscreen* yang tersusun dari frame kayu atau bamboo untuk menempatkan tanaman merambat atau tanaman menggantung sebagaimana ditempatkan diatas pergola. Keberadaan *sunscreen* sebelum jendela akan lebih ideal bila dikomposisikan dengan teritisan penahan tampias hujan.⁶

Sunscreen kemungkinan besar akan diterapkan menjadi bagian bangunan eksploratorium, dengan fungsi utama sebagai pereduksi discomfort glare. Dapat merupakan elemen bangunan yang akan tersusun dari material alam atau material fabrikasi, tergantung pada spesifikasi dampak yang diinginkan.

4.11 *Colling system*

Merupakan system pendinginan yang dapat diterapkan kedalam bangunan, dalam bioklimatis design, dikenal sedikitnya 4 macam system penyejukan, yaitu :

1. Penyejukan Evaporatif (*Evaporatif Cooling System*)

Adalah penyejukan dengan memanfaatkan mekanisme pengurangan panas akibat penguapan air atau zat lain. Air menguap membutuhkan panas yang akan diambil dari lingkungan sekitarnya. Dengan demikian, suhu lingkungan akan turun. Air dalam bentuk kabut (*spray*) akan lebih mudah menangkap panas dari udara lingkungan disekitarnya. Namun apabila lingkungan lembab (seperti di Indonesia, Indonesia merupakan Negara dengan iklim tropis lembab) udara tidak lagi "haus" uap air, sehingga penguapan tidak berlangsung dengan cepat. Keringat kita misalnya, cenderung menempel dikulit dan menyebabkan perasaan lengket yang tidak nyaman. Sebaliknya, di iklim kering penyejukan evaporatif akan sukses karena udara kering dan masih "haus" uap air. Jadi musuh utama kenyamanan termal di iklim tropis lembab adalah kelembaban udara yang tinggi

⁶ Christina E. Mediatika, Dosen arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta

2. Penyejukan Fisiologis (*Physiological Cooling System*)

Adalah sensasi sejuk yang dirasakan manusia karena hembusan angin yang mengenai kulitnya. Tubuh membuang kelebihan panasnya melalui kontak dengan benda lain yang lebih dingin, uap nafas dan penguapan keringat. Keringat dipermukaan kulit akan cepat menguap apabila dihembus oleh angin sambil membawa panas dari kulit dan memberi tempat bagi keringat selanjutnya. Semakin cepat proses tadi, maka semakin cepat panas dibuang, sehingga tubuh menjadi sejuk. Kipas tangan dan kipas angin listrik digunakan untuk memperlancar proses menguapnya keringat tadi sehingga menimbulkan sensasi sejuk.

3. Penyejukan Konvektif (*Convective cooling System*)

Adalah penyejukan dengan memanfaatkan aliran angin. Bila benda hangat dilewati angin yang lebih sejuk, maka akan terjadi proses perpindahan panas dari benda tersebut keudara. Proses yang berlangsung terus-menerus ini

Keempat macam system penyejukan ruang itu merupakan sistem penyejukan yang memaksimalkan potensi alami lingkungan melalui perancangan elemen-elemen dalam bangunan. Sederhana dan tidak membutuhkan perangkat system mekanik yang rumit.

Menciptakan kenyamanan ruang dengan menerapkan system-sistem tersebut diatas merupakan salah satu tujuan dari arsitektur bioklimatis, karena disamping tidak memberikan dampak negative bagi lingkungan, system seperti ini juga hanya membutuhkan biaya operasional yang sangat kecil.

4.12 *Environmentally Friendly Building Material*

Utamanya *Environmentally Friendly Building Material* akan terkait erat dengan konduktivitas, resistivitas dan absorbtivitas material terhadap radiasi panas sinar matahari, dimana ketiganya akan berdampak terhadap kenyamanan ruang dalam dan juga ruang luar bangunan. Dalam desain bioklimatis, penggunaan material bangunan menjadi sangat selektif, hal ini karena konsep dasar desain bioklimatis itu sendiri yang menghindari terciptanya sebuah bangunan yang berdampak negatif terhadap lingkungan terdekatnya.

Bangunan akan menghindari penggunaan material buatan yang memiliki nilai reflektifitas tinggi terhadap radiasi matahari. Material seperti, aluminium, baja exposed, fiberglass akan kecil kemungkinannya digunakan sebagai material dalam eksploratorium utamanya sebagai material yang bersentuhan langsung dengan udara terbuka.

4.13 Mencari Rekomendasi Desain dengan Tabel Mahoney

Tabel A1
Data Lokasi

lokasi	Bantul, Yogyakarta
garis bujur	110°26'BT
garis lintang	7°47' LS
ketinggian	350 feet

Tabel A2
Temperatur udara, ° C

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	tinggi	TRT
maksimum rata-rata bulanan	30.4	30.7	32.0	32.7	31.8	31.87	31.24	31.57	31.6	33.2	32.1	31.5	33.2	29.1
minimum rata-rata bulanan	24.1	24.0	24.1	24.7	23.5	22.23	20.32	21	22.4	23.9	25	24.5	25	
rentang rata-rata bulanan	6.3	6.7	7.9	8	8.3	9.64	10.92	10.57	9.2	9.3	7.1	7	rendah	RRT

TRT = Temperatur rata-rata tahunan RRT = Rentang rata-rata tahunan

Tabel A3
Kelembaban Udara, %

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
maksimum rata-rata bulanan, a.m.	97	97	97	95	95	97	95	95	97	91	95	97
minimum rata-rata bulanan, p.m	69	74	69	64	51	52	71	60	43	33	41	53
rata-rata	83	85.5	83	79.5	73	74.5	83	77.5	70	62	68	75
kelompok kelembaban	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4

Tabel A4
Kelompok Kelembaban

Kelompok kelembaban	Jika rata-rata RH
1	dibawah 30%
2	30-50%
3	50-70%
4	diatas 70%

Tabel A5
 Curah hujan dan angin

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
curah hujan, mm	173	465	236	243	129	15	0	0	0	1	262	235	1759
arah angin utama	SW	SW	S	S	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	
arah angin sekunder	SW	SW	S	S	SW	SW	S	SW	SW	SW	SW	SW	

Tabel A6
 Batas kenyamanan

Kelompok kelembaban	TRT diatas 20°C		TRT 15 - 20 °C		TRT dibawah 15°C	
	siang	malam	siang	malam	siang	malam
1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Tabel B1
 Diagnosa

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TRT
maksimum rata-rata bulanan	30.4	30.7	32.0	32.7	31.8	31.87	31.24	31.57	31.6	33.2	32.1	31.5	29.1
kenyamanan siang: atas	27	27	27	27	27	27	27	27	29	29	29	27	
kenyamanan siang:bawah	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	22	
minimum rata-rata bulanan	24.1	24.0	24.1	24.7	23.5	22.23	20.32	21	22.4	23.9	25	24.5	
kenyamanan Malam: atas	21	21	21	21	21	21	21	21	23	23	23	21	
kenyamanan malam: bawah	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
tegangan thermal:siang	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
tegangan thermal : malam	P	P	P	P	P	P	N	N	N	P	P	P	

P (Panas) apabila temperatur rata-rata diatas batas
 N (Nyaman) apabila temperatur rata-rata didalam batas
 D(Dingin) apabila temperatur rata-rata dibawah batas

Sumber Data Klimatologi Januari 2003 – Januari 2004 Stasiun Meteorologi Adi Sutjipto, Yogyakarta

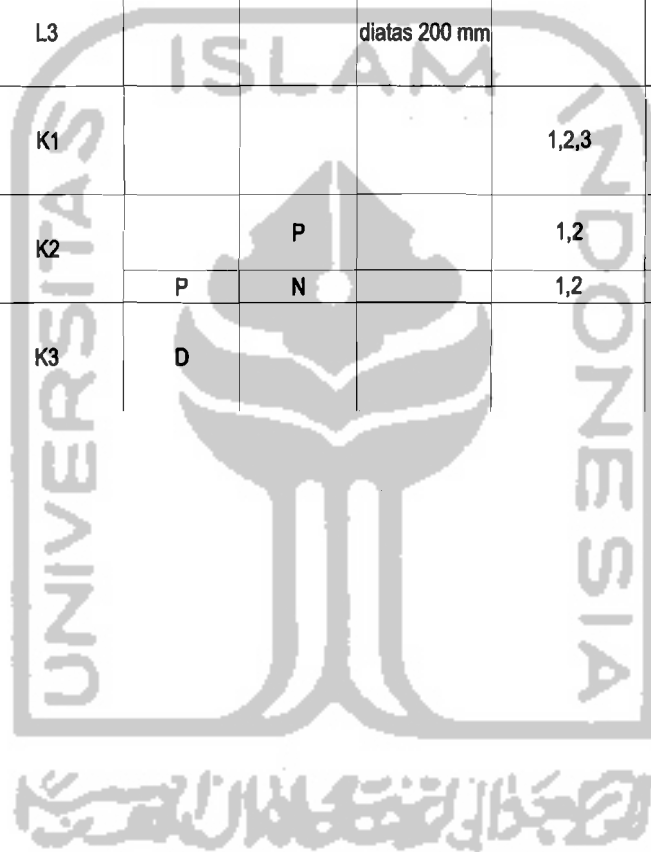
Tabel B2
 Indikator

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
Lembab : L1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
L2													0
L3		1	1	1							1	1	5
Kering : K1													0
K2													0
K3													0

L Lembab
 K kering

Tabel B3

Arti	Indikator	tegangan panas		curah hujan	kelompok kelembaban	rentang rata-rata temperatur bulanan
		siang	malam			
pergerakan udara sangat diperlukan	L1	P			4	
		P			2,3	kurang dari 10°C
pergerakan udara diinginkan	L2	N			4	
perlindungan terhadap hujan diperlukan	L3			diatas 200 mm		
kapasitas panas diperlukan	K1				1,2,3	lebih dari 10°C
tidur diruang terbuka diinginkan	K2		P		1,2	
		P	N		1,2	lebih dari 10°C
perlindungan terhadap dingin	K3	D				



Tabel C
 Spesifikasi yang disarankan

Total indikator dari tabel B								
L1	L2	L3	K1	K2	K3			
12	0	5	0	0	0			
		0-10						
		11,		5-12	✓ 1	orientasi ke utara dan selatan (sumbu panjang timur-barat)	layout	
		12		0-4	2	rancangan bangunan kompak dengan halaman ditengah		
11,					✓ 3	peruangan terbuka untuk penetrasi hembusan angin	peruangan	
12					4	seperti 3, tetapi diberi perlindungan terhadap angin panas dan dingin		
2-10					5	susunan kompak		
0, 1								
3-12					✓ 6	bangunan mempunyai ruang tunggal, tidak bersekat-sekat, penyediaan pergerakan angin permanen	pergerakan angin	
1,2		0-5			7	bangunan mempunyai ruang ganda, penyediaan pergerakan angin temporer		
	2-12	6-12			8	tidak diperlukan pergerakan angin		
	0							
			0,1	0	✓ 9	bukaan luas, 40-80%	bukaan	
			11,	0,1	10	bukaan sangat kecil 10-20%		
			12		11	bukaan sedang 20-40%		
			0-2		✓ 12	dinding ringan, waktu perambatan panas pendek	dinding	
			3-12		13	dinding luar dan dalam berat		
			0-5		✓ 14	atap ringan berisolator	atap	
			6-12		15	atap berat, waktu perambatan panas lebih dari 8 jam		
				2-12		16	diperlukan ruangan untuk tidur diluar	
		3-12			✓ 17	diperlukan perlindungan terhadap curah hujan lebat		

Tabel D
 Saran untuk detail

Total indikator dari tabel B					
L1	L2	L3	K1	K2	K3
12	0	5	0	0	0

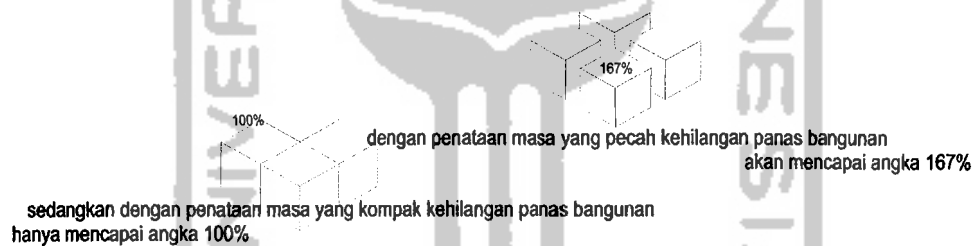
			0.1		0	✓	1	besar : 40 80%	ukuran bukaan
			2-5		1-12		2	sedang : 25 40 %	
			6-10				3	kecil : 15 - 25 %	
			11		0-3		4	sangat kecil : 10 - 20 %	
			12		4-12		5	sedang : 25 - 40 %	
3-12						✓	6	disebelah utara dan selatan, setinggi tubuh manusia pada sisi datangnya angin	letak bukaan
1-2			0-5				7	seperti diatas, bukaan juga diterapkan pada dinding dalam	
0	2-12		6-12						
					0-2	✓	8	hindari sinar langsung matahari	perlindungan bukaan
	2-12						9	lindungi dari curah hujan	
			0-2			✓	10	ringan, kapasitas panas rendah	dinding dan lantai
			3-12				11	berat, perambatan panas lebih dari 8 jam	dinding
10-12			0-2			✓	12	ringan, permukaan mengkilat, berongga	atap
			3-12				13	ringan, diberi isolator panas	
0-9			0-5				14	berat, perambatan panas lebih dari 8 jam	
					1-12		15	diperlukan ruangan untuk tidur diluar	fitur luar
		1-12				✓	16	diperlukan perlindungan terhadap curah hujan lebat	

Berdasarkan hasil analisa iklim dan *plotting* data analisa tersebut kedalam table Mahoney, diperoleh spesifikasi bangunan dan detail yang disarankan, adapun spesifikasi dan detail tersebut adalah :

1. Orientasi keutara selatan dengan sumbu panjang barat timur
2. Peruangan terbuka untuk penetrasi hembusan angin
3. Bangunan mempunyai ruang tunggal tidak bersekat, sekat, dengan penyediaan pergerakan angin permanent
4. Bukaan luas 40 – 80%
5. Dinding ringan dengan waktu perambatan panas pendek
6. Atap ringan berisolasi
7. Letak bukaan disebelah utara dan selatan setinggi tubuh manusia pada sisi datangnya angin
8. Menghindari sinar langsung matahari
9. Diperlukan perlindungan terhadap curah hujan lebat.

4.14 Konsep Tata Masa

1. Masa bangunan akan terdiri dari beberapa masa yang ditata dengan pola tertentu



2. Akan direncanakan adanya *inner court* atau penataan *circulation path* diantara kumpulan masa-masa bangunan tersebut, guna menghadirkan pencahayaan alami berlimpah dari bagian dalam maupun dari bagian luar bangunan
3. Jarak antara masa minimum adalah 6 meter dengan ketinggian dinding maksimal 4,5 meter. Bila ketinggian dinding lebih dari 5 meter maka jarak harus ditambah 1/5 tingginya

4.15 Konsep Bentuk Dan Orientasi

1. Sumbu panjang bangunan akan sejajar dengan sumbu barat timur. Ini akan meminimalkan permukaan bangunan yang terkena sinar matahari langsung.
2. Bukaan menghadap keselatan dan utara agar penetrasi sinar langsung matahari dapat diminimalkan

3. Bangunan sedapat mungkin akan diplotkan ditengah lahan sehingga semua sisi terkena oleh hembusan angin. Selain untuk kelancaran ventilasi, hembusan angin juga membantu menyejukan permukaan.
4. Menghindari bentuk bangunan berdenah rumit, karena partisi akan menghalangi kebebasan angin bergerak dalam ruangan. Bentuk dasar bangunan kemungkinan akan mengacu pada bentuk *platonik solid* segi empat, selain karena fleksibilitas ruang dalam yang akan dibentuk, juga karena kemudahannya dalam menerima bentuk baru menjadi bagian didekatnya.

4.16 Konsep Bukaannya

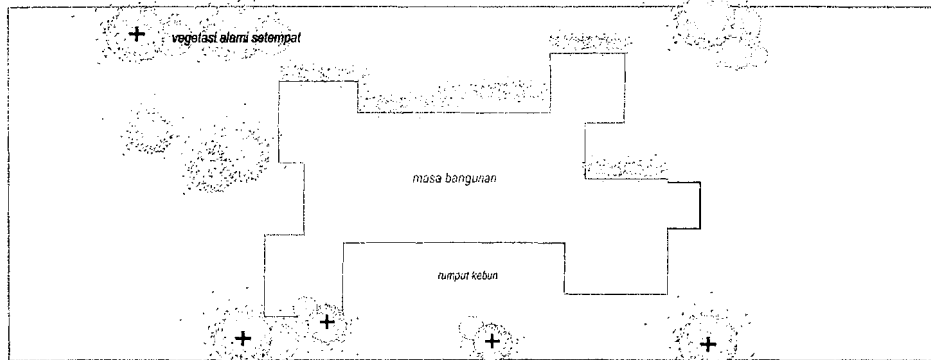
1. Bukaannya akan merespon kecenderungan arah aliran angin di Yogyakarta
2. Ruang akan memiliki system *cross ventilation* yang terukur, yang artinya besar bukaan yang terdapat pada sebelah utara dan selatan ruang akan melalui proses perhitungan dan atau simulasi aliran udara sehingga dapat diperkirakan debit aliran udara yang mengalir didalam ruang tersebut.
3. Bukaannya juga akan dikombinasikan dengan penggunaan *sunscreen* dan atau *shading* sebagai alat untuk menghalau silau sinar matahari.

4.17 Konsep Perlindungan Terhadap Radiasi Panas Matahari

1. Konsep utama perlindungan bangunan dan atau ruang terhadap panas radiasi matahari, adalah dengan perbaikan iklim mikro bangunan. Penataan vegetasi termasuk pemilihan jenis vegetasi itu sendiri,
2. Karena jarak yang terbentang mulai dari sisi sebelah timur sampai bagian paling barat bangunan mencapai 250 meter dan tidak diperkenankannya kendaraan memasuki kompleks bangunan. Maka selain memberikan perlindungan terhadap ruang, konsentrasi juga akan diberikan kepada perlindungan jalur pedestrian dari panas matahari,
3. *Sunscreen* (baik *vertical* maupun *horizontal blind*), *shading* atau bentuk perlindungan lain yang sifatnya melekat pada bukaan-bukaan bangunan akan tetap dipergunakan,

4.18 Konsep *Landscaping*

1. *Landscaping* dalam kompleks bangunan akan dimaksimalkan fungsinya sebagai sumber oksigen pengguna bangunan, sumber ketenangan, eksterior, penyaring polusi udara dan polusi suara, pereduksi radiasi panas matahari, dan system control bangunan.



Gambar 4.18 Schema Konsep Landscaping

Dalam gambar ditunjukkan jika keberadaan vegetasi alami bangunan tetap akan dipertahankan dan dijadikan bagian bangunan yang terbangun

2. Dengan adanya *system on site treatment* untuk limbah buangan dari *watering process* membuat, beberapa vegetasi yang ditanam juga akan digunakan sebagai alat ukur nilai *acceptable* dari air, vegetasi tersebut dapat berupa jenis tanaman bunga-bunga yang memiliki kepekaan tinggi terhadap air bersih dan kotor, seperti garbera, anyelir, amaryllis dan yang lainnya. Sehingga jika air hasil treatment masih mengandung zat-zat kimiawi yang membahayakan, maka bunga-bunga tersebut akan layu/mati.⁷
3. Mengatur jarak antara masa vegetasi guna menghindari terjadinya kelembaban udara di luar bangunan.
4. Memaksimalkan keberadaan ruang-ruang antara seperti foyer/ lobby, serta sudut-sudut ruang lainnya sebagai wadah menciptakan taman kering



Gambar 4.19 Contoh aplikasi taman kering pada ruang sisa dalam bangunan

5. Memilih jenis tanaman yang akan diletakkan baik didalam maupun diluar bangunan, sehingga dapat menunjang keberadaan bangunan dan aktivitas didalamnya. Kemungkinan besar dalam perancangan eksploratorium ini akan dihindari penggunaan

⁷ www.geocities.com/landscape

jenis vegetasi air sebagai unsur *greenery landscape* seperti teratai, bambu air, dan tetumbuhan sejenis lainnya yang berpotensi mengundang atau menjadi tempat berkembang biak serangga kecil.

6. Dengan pertimbangan tertentu, perancangan eksploratorium ini juga akan mengupayakan untuk dapat menciptakan *roof garden* dan bukan menutupnya dengan atap, pada ruang-ruang atap yang masih dapat diakses melalui ruang-ruang yang digunakan manusia yang bersisian/ berdekatan dengan ruang atap tersebut.

4.19 Konsep Pemilihan Material Bangunan

1. Utamanya material yang akan digunakan dalam bangunan adalah yang mudah dalam perawatannya, memiliki keawetan tinggi dan tidak menimbulkan iklim lingkungan yang tidak diinginkan berkaitan dengan tujuan dari bioklimatis design.
2. Material direncanakan akan didominasi oleh warna-warna terang, selain untuk memperoleh kesan luas dan bersih pada ruang, umumnya material berwarna terang memiliki nilai absorbtifitas yang kecil terhadap sinar matahari.
3. Tekstur halus pada material yang terdapat diruang ruang terbuka utama atau terekspos sinar matahari langsung seperti *foyer* dari setiap ruang, *pedestrian path*. Dapat berupa batu alam, batu palimanan yang dipotong halus.

4.20 Perhitungan Matematis

Perhitungan yang akan dijelaskan berikut, merupakan contoh aplikasi teori perhitungan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.8.2 kedalam bangunan eksploratorium. Perhitungan masih bersifat umum dalam artian belum menyentuh perhitungan terhadap ruang yang memiliki karakteristik khusus, seperti ruang exhibition, perpustakaan, ruang membatik, serta ruang penyimpanan kain.

Kesimpulan yang diambil dari perhitungan ini, akan menjadi hal-hal yang sifatnya aplikatif dalam eksploratorium. Dapat diterapkan, sejauh itu memberi kontribusi positif terhadap kenyamanan ruangnya. Untuk dapat melakukan perhitungan data akan dilengkapi dengan nilai konduktan permukaan yang telah distandarkan.

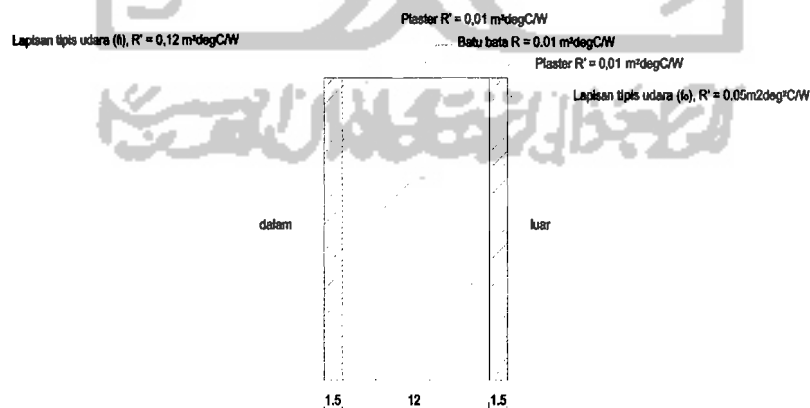
Table 4.20 Konduktan Permukaan

Letak Permukaan	Elemen	Konduktan $W/m^2 \text{ degC}$
permukaan dalam, f_i	dinding	8.12
	lantai, langit-langit, panas mengalir keatas	9.48
	lantai, langit-langit, panas mengalir kebawah	6.70
	sisi bawah atap	9.48
permukaan luar, f_e	dinding selatan terlindung	7.78
	dinding selatan, normal	10.00
	dinding selatan, sangat terbuka	13.18
	dinding barat, barat daya dan tenggara, terlindung	10.00
	dinding barat, barat daya dan tenggara, normal	13.18
	dinding barat, barat daya dan tenggara sangat terbuka	18.90
	dinding barat laut terlindung	13.18
	dinding barat laut normal	18.90
	dinding barat laut sangat terbuka	31.50
	dinding utara, timur laut, dan timur terlindung	13.18
	dinding utara, timurlaut, dan timur, normal	81.20
	dinding utara, timurlaut, dan timur, sangat terbuka	14.20
	atap, terlindung	22.70
	atap, normal	56.70
	atap sangat terbuka	18.90

4.21.1 Perhitungan Transmitan elemen bangunan

Elemen dinding terdiri atas lapisan plester luar (1, 5 cm), batu bata (12cm), dan plester dalam (1,5cm). Konduktivitas plester = 0, 9 Wm/m^2 , sedang konduktivitas batu bata = 1, 2 $Wm/m^2\text{degC}$.

1. Besar transmitan dinding



Gambar 4.21.1 a Transmisi dinding tanpa lapisan kayu

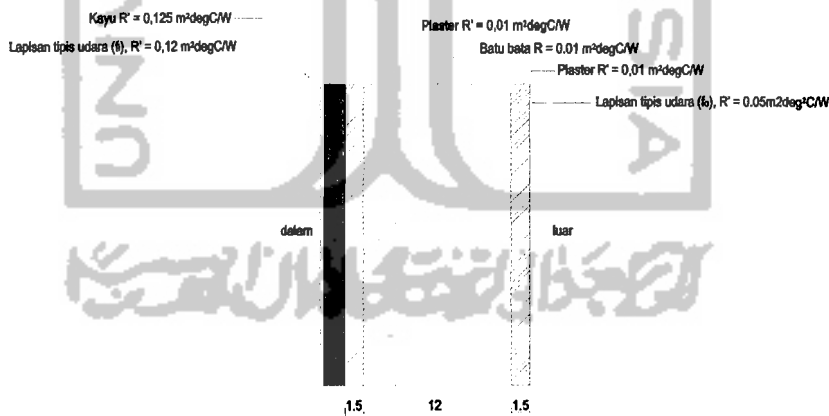
Ingat bahwa konduktivitas adalah untuk tebal 1m, sedang konduktan untuk tebal nyata!

$$\text{Konduktivitas plester (} k_{\text{plester}} \text{)} = 0,9 \text{ Wm/m}^2\text{degC}$$

$$\text{Konduktan plester (} k'_{\text{plester}} \text{)} = 0,9 \text{ Wm/m}^2\text{degC} / 0,015$$

$$\begin{aligned}
 &= 60 \text{ Wm/m}^2\text{degC} \\
 \text{Resistan plester (R' plester)} &= 1/k' \text{ plester} \\
 &= 1/60 \\
 &= 0,017 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 \text{Konduktivitas batu bata (k batu bata)} &= 1,2 \text{ Wm/m}^2\text{degC} \\
 \text{Konduktan batu bata (k' batu bata)} &= 1,2 / 0,12 \text{ Wm/m}^2\text{degC} \\
 &= 10 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 \text{Kond.permukaan dalam dinding (f}_1\text{)} &= 8,12 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 \text{Kond.permukaan luar dinding (f}_0\text{)} &= 18,9 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 \text{Resistan dinding (R' dinding)} &= 1/f_1 + R' \text{ plester dalam} + R' \text{ batu bata} + R' \text{ plester luar} + 1/f_0 \\
 &= 1/8,12 + 0,017 + 0,1 + 0,017 + 1/18,9 \\
 &= 0,12 + 0,017 + 0,1 + 0,017 + 0,05 \\
 &= 0,304 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 \text{Transmitan dinding (U' dinding)} &= 1/R' \text{ dinding} \\
 &= 1/0,304 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 &= 3,29 \text{ W/ m}^2\text{degC/W}
 \end{aligned}$$

2. Besar transmitan dinding bila permukaan sebelah dalam dilapisi kayu 2 cm (konduktivitas kayu = 0.16 Wm/m²degC)



Gambar 4.21.1 b Transmisi dinding dengan lapisan kayu disebelah dalam

$$\begin{aligned}
 \text{Konduktivitas kayu (k kayu)} &= 0.16 \text{ Wm/m}^2\text{degC} \\
 \text{Konduktan kayu (k' kayu)} &= 0.16 \text{ Wm/m}^2\text{degC} / 0,02 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 &= 8 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 \text{Resistan kayu (R' kayu)} &= 0,125 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 \text{Resistan dinding (R' dinding)} &= 1/f_1 + R' \text{ kayu} + R' \text{ plester dalam} + R' \text{ batu bata} + R' \text{ plester luar} + 1/f_0 \\
 &= 1/8,12 + 0,125 + 0,017 + 0,1 + 0,017 + 1/18,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,12 + 0,125 + 0,017 + 0,1 + 0,017 + 0,05 \\
 &= 0,429 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 \text{Transmitan dinding (U' dinding)} &= 1/R'_{\text{dinding}} \\
 &= 1/0,429 \text{ m}^2\text{degC/W} \\
 &= 2,33 \text{ W/ m}^2\text{degC/W}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, ditemukan jika penambahan kayu pada dinding bagian dalam sebuah ruang akan memperkecil nilai transmittan. Yang perlu ditindak lanjuti dari kesimpulan ini adalah pemilihan jenis material kayu yang akan digunakan, furnishing yang akan digunakan dan pengaruh penggunaan material terhadap interior ruang dalam eksploratorium.

4.21.2 Perhitungan Panas Yang Menembus Elemen Bangunan

Elemen dinding terdiri atas lapisan plester luar (1,5 cm), batu bata (12 cm), dan plester dalam (1,5cm). Konduktivitas plaster = 0,9 Wm/m², sedang konduktivitas batu bata = 1,2 Wm/m²degC. Luas dinding 3 x 6 m². Suhu udara didalam ruangan 27°C. Suhu udara luar 30°C. matahari tidak mengenai dinding secara langsung.

1. Perhitungan besar panas yang mengalir dari permukaan luar dinding kepermukaan dalam, bila dinding tanpa lapisan kayu.

Karena sinar langsung matahari tidak mengenai dinding, maka suhu permukaan luar dinding dianggap sama dengan suhu udara luar!

$$\begin{aligned}
 U_{\text{dinding}} &= 3,45 \text{ W/m}^2\text{degC} \\
 A_{\text{dinding}} &= 3 \times 6 \text{ m}^2 \\
 \Delta T &= (30 - 27)\text{degC} \\
 &= 3 \text{ degC} \\
 \text{Panas yang menembus dinding, } Q_c &= A \cdot U \cdot \Delta T \\
 &= (18) (3,45)(3) \text{ W} \\
 &= 177,7 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan besar panas yang mengalir dari permukaan luar dinding kepermukaan dalam, bila dinding sebelah dalam dengan lapisan kayu

Dengan penambahan kayu U_{dinding} menjadi 2,41 W/m²degC.

$$\begin{aligned}
 \text{Panas yang menembus dinding, } Q_c &= A \cdot U \cdot \Delta T \\
 &= (18) (2,41)(3) \text{ W} \\
 &= 125,8 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan panas yang menembus elemen bangunan diatas, diketahui bahwa penambahan kayu akan mengurangi panas yang menembus dinding hingga 51,9W. Namun perlu diingat bahwa di iklim tropis, bangunan cenderung memiliki bukaan lebar. Sehingga apabila jendela dibuka lebar-lebar suhu udara luar akan relatif sama dengan suhu udara dalam. Dengan demikian,

kedua permukaan dinding akan menjadi sama pula suhunya. Akibatnya tidak akan terjadi aliran panas yang melewati dinding. Sebaliknya, pada bangunan ber AC, jendela harus ditutup dan suhu udara luar dan dalam sangat berbeda sehingga pada dinding terjadi aliran panas dari sisi luar kedalam.

4.21.3 Perhitungan Panas Yang Menembus Kaca

Perhitungan panas yang menembus kaca bening selebar 1 x 2 m², apabila sinar langsung matahari bersudut 60 dari jendela. Radiasi matahari = 700 W/m². (Ingat sudut datang adalah sudut antara garis sinar matahari dan garis tegak lurus dinding! Jadi $\beta = 90 - 60 = 30$)

Untuk sudut datang 30deg kaca bening mempunyai $\theta = 0,7$ (didapat dari brosur)

$$\begin{aligned} \text{Panas yang menembus kaca } Q_s &= A \cdot U \cdot \theta \cdot W \\ &= (2) (700) (0.7) \text{ W} \\ &= 980 \text{ W} \end{aligned}$$

karena θ kaca sudah memperhitungkan sudut datang matahari, maka I tidak perlu dikalikan dengan $\cos \beta$

4.21.4 Perhitungan Suhu Benda Oleh Radlasi Matahari Langsung

Elemen dinding terdiri atas lapisan plester luar (1,5 cm), batu bata (12cm), dan plester dalam (1,5cm). Konduktivitas plaster = 0,9 Wm/m², sedang konduktivitas batu bata = 1,2 Wm/m²°C. Luas dinding 3 x 6 m². suhu udara didalam ruangan 27°C. suhu udara luar 29°C. dinding luar dicat warna merah bata dengan absopsi 0,6. matahari mengenai dinding dengan sudut datang 30°.

1. Besar panas yang mengenai permukaan dinding

$$\begin{aligned} T_o &= 29^\circ\text{C} \\ \alpha &= 0,6 \end{aligned}$$

Karena matahari mengenai dinding dengan sudut datang 30°C, maka I harus dikalikan dengan $\cos 30^\circ\text{C}$

Untuk dinding yang menghadap timur, normal, $f_0 = 18,9 \text{ W/ m}^2\text{°C}$

$$\begin{aligned} T_s &= T_o + (I \cdot \alpha / f_0)^\circ\text{C} \\ &= 29 + (900)(\cos 30) (0,6) / 18,9 \\ &= 29 + (900)(0,87)(0,6) / (18,9) \\ &= 29 + 24,74 \\ &= 53,74^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, suhu permukaan luar dinding yang terkena sinar langsung matahari (T_s) = 53,74 °C

2. Besar panas yang merambat dari permukaan luar ke permukaan dalam!

Karena dinding terkena oleh radiasi matahari, maka suhu permukaan luarnya naik melebihi suhu udara luar. Menurut hitungan soal1, (T_s) = 53,74 °C

Dengan demikian, panas yang merambat dari sisi luar kesisi dalam dihitung berdasarkan suhu permukaan yang terkena radiasi matahari tadi.

$$\begin{aligned} Q_c &= A \cdot U \cdot \Delta T \\ &= (18) (3,45)(53,74-27) \text{ W} \\ &= 1660,78 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Besar panas yang merambat dari permukaan luar kepermukaan dalam apabila cat diganti dengan warna putih berangka serap 0,2

Mengecat dinding luar dengan cat putih yang mempunyai bilangan lebih kecil ($\alpha = 0,2$) dari cat warna merah bata ($\alpha = 0,6$) akan menyebabkan radiasi yang diserap lebih kecil. Atau dengan kata lain, warna terang akan memantulkan lebih banyak radiasi matahari yang akan menyebabkan panas dinding berkurang.

$$\begin{aligned} T_s &= T_o + (I \cdot \alpha / f_o)^\circ \text{ C} \\ &= 29 + (900)(\cos 30) (0,2) / 18,9 \\ &= 29 + (900)(0,87)(0,2) / (18,9) \\ &= 29 + 8,25 \\ &= 37,25^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

Panas yang merambat kesisi dinding bagian dalam

$$\begin{aligned} Q_c &= A \cdot U \cdot \Delta T \\ &= (18) (3,45)(37,25-27) \text{ W} \\ &= 636,39 \text{ W} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa mengecat dinding luar dengan warna terang akan mengurangi panas dinding cukup besar yang pada akhirnya akan mengurangi panas ruangan! Catatan : ingat bahwa perhitungan tersebut mengabaikan emisivitas dinding! Jika dinding mempunyai emisivitas tinggi, maka panas dinding akan segera dipancarkan kembali ke lingkungan sekitar sehingga suhu dinding tidak setinggi perhitungan diatas!

4.21.5 Perhitungan Kecepatan Angin Diketinggian Tertentu

Diketahui kecepatan angin ditempat terbuka (lapangan udara) pada ketinggian 10m adalah 10m/dtk. Berapakah kecepatan angin di unit bangunan setinggi 30 meter dari muka tanah yang terletak dipusat kota dekat lapangan udara tadi. Diasumsikan kecepatan angin diatas boundary layer lapangan udara dan pusat kota yang sama!

Lapangan udara

Kategori 2

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,15 \\ V_{10} &= 10 \text{ m/dtk} \\ H_1 &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{bl1} = 300m$$

$$V_{bl1} = ?$$

Pusat kota

Kategori 4

$$\Phi = 0,15$$

$$V_{30} = 10m/dtk$$

$$H_2 = 10m$$

$$H_{bl2} = 300m$$

$$V_{bl2} = ?$$

Rumus

$$V_h = V_{bl} (h/h_{bl})^\Phi$$

$$V_{bl1} = V_h (h_1/h_{bl1})^{\Phi_1}$$

$$= 10 / (10/300)^{0,15}$$

$$= 16.7 \text{ m/dtk}$$

$$V_{h2} = V_{bl2} (h_2/h_{bl2})^{\Phi_2}$$

$$= 16.7 (30/500)^{0,36}$$

$$= 6.07m/dtk$$

jadi kecepatan angin yang datang diunit apartemen setinggi 30 m dipusat kota = $V_{30} = 6.07m/dtk$

4.21.6 Perhitungan Debit Aliran Udara Melalui Jendela Akibat Angin Luar

Ketika angin datang dengan kecepatan 2m/dtk, tegak lurus bidang jendela.

1. Hitung debit udara yang melalui jendela, apabila luas efektif jendela *inlet* sama dengan jendela *outlet*, yaitu 1,5m²!

Luas jendela *inlet* dan *outlet* sama

$$A_i = 1,5m^2$$

$$A_o = 1,5m^2$$

$$V = 2m/dtk$$

$$C_v = 0.55 \text{ (ambil nilai rata-rata 0.5 dan 0.6 untuk arah angin datang tegak lurus jendela)}$$

Rumus

$$Q = C_v AV$$

$$= (0.55) (1,5)(2)$$

$$= 1.65 \text{ m}^3/dtk$$

2. Hitunglah debit udara yang melalui jendela, apabila luas jendela *inlet* 1,5m² dan luas jendela *outlet* 3m²

luas jendela *inlet* dan *outlet* tidak sama $A_i < A_o$

$$A_i = 1,5m^2$$

$$A_o = 3m/dtk$$

$$V = 2m/dtk$$

$$C_v = 0.55 \text{ (ambil nilai rata-rata 0.5 dan 0.6 untuk arah angin datang tegak lurus jendela)}$$

$$\begin{aligned} \text{Rumus } Q &= C_v AV \\ &= (0.55) (1,17)(1.5)(2) \\ &= 2.0955 \text{ m}^3/dtk \end{aligned}$$

3. Hitunglah debit udara yang melalui jendela, apabila luas jendela *inlet* 3,0m/dtk dan luas jendela *outlet* 1,5m/dtk! diruangan tersebut tidak terdapat partisi yang mengganggu aliran angin.

Luas jendela *inlet* dan *outlet* tidak sama $A_i > A_o$

$$A_i = 1,5m^2$$

$$A_o = 3m/dtk$$

$$V = 2m/dtk$$

$$C_v = 0.55 \text{ (ambil nilai rata-rata 0.5 dan 0.6 untuk arah angin datang tegak lurus jendela)}$$

Table 4.21.6 Konstanta penyesuaian proporsi bukaan akibat tekanan angin

Pembandingan luas inlet dan outlet	Pengali, C_v	Pembandingan luas inlet dan outlet	Pengali, C_v
1:1	1.00	1:5	1.40
1:2	1.27	2:1	0.63
1:3	1.35	4:1	0.35
1:4	1.38	4:3	0.86

karena $A_i : A_o = 3,0 : 1,5 = 2 : 1$ maka C_v harus dikalikan 0.63

ingat, luas jendela yang dipakai dalam rumus adalah luasan yang kecil. Jadi, walau luas *inlet* 3,0 m², dipakai 1,5 m²

$$\begin{aligned} \text{Rumus } Q &= C_v AV \\ &= (0.55) (0,63)(1.5)(2) \\ &= 1,0395 \text{ m}^3/dtk \end{aligned}$$

Bila (1), (2) dan (3) dibandingkan, terlihat bahwa luas *outlet* > *inlet* memberi debit yang lebih besar.

4.21.7 Perhitungan Aliran Udara Yang Diperlukan Untuk Mempertahankan Suhu Ruang

Menghitung aliran udara yang diperlukan agar suhu udara dapat dipertahankan 27°C, apabila suhu diluar 25°C dan didalam ruang terdapat sumber panas dari 2 orang yang sedang bersantai (@150 W) dan 2 lampu yang mengeluarkan panas masing-masing 100W.

$$H = (2) (150 \text{ W}) + (2) (100 \text{ W})$$

$$= 500 \text{ W}$$

$$t_i = 27^\circ\text{C}$$

$$t_o = 25^\circ\text{C}$$

$$C_p = 1025 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rumus } Q &= H/60 C_p \rho (t_i - t_o) \\ &= 500/60 (1025) (1,2) (27-25) \\ &= 500/147600 \\ &= 0,2035 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Jadi, dengan volume aliran udara sebanyak 0,2 m³/dtk sudah cukup untuk mempertahankan suhu ruang tetap. Apabila lebih besar dari itu, maka suhu udara ruangan akan turun mendekati suhu udara luar.

4.21.8 Perhitungan Aliran Udara Yang Diperlukan Untuk Mempertahankan Suhu Ruang Dengan Memperhitungkan Volume Ruang

Menghitung aliran udara yang diperlukan agar suhu udara dapat dipertahankan 27°C, apabila suhu udara luar 25°C dan didalam ruang terdapat sumber panas dari 2 orang yang sedang bersantai (@150 W) dan 2 lampu yang mengeluarkan panas masing-masing 100W. Volume ruang 27 m³. Apabila ruang tersebut memiliki jendela dikedua sisi, masing-masing seluas 0,8 m², hitunglah kecepatan angin yang melalui jendela tersebut!

Kecepatan angin yang melewati jendela $V = Q/A = 0,21/0,8 = 0,26 \text{ m/dtk}$. Walau suhu ruangan dapat dipertahankan untuk tidak naik, kecepatan serendah itu tidak akan terasa pada kulit. Agar terjadi penyejukan fisiologis, diperlukan kecepatan antara 0,5 – 1 m/dtk. Masalahnya, biasanya diiklim tropis lembab kecepatan angin sangat rendah.

4.21.9 Perhitungan Aliran Udara Oleh Perbedaan Suhu

Hitunglah aliran udara yang terjadi oleh perbedaan suhu diatrium, apabila jarak antara jendela bawah (*inlet*) dan jendela atas (*outlet*) 10m (dihitung dari tengah jendela). Suhu udara dalam ruang 27°C, udara luar 25°C. luas *inlet* 1m², luas *outlet* 2 m².

$$\begin{aligned}t_i &= 27^{\circ}\text{C} \\t_o &= 25^{\circ}\text{C} \\A_i &= 1\text{m}^2 \\A_o &= 2\text{m}^2 \\h &= 10\text{m}\end{aligned}$$

Lihat table, karena karena $A_i : A_o$ 1:2 maka C perlu dikalikan 1.27 pada rumus. A diisikan luasan bukaan efektif yang berarti dipakai luasan bukaan yang kecil.

$$\begin{aligned}Q &= CAh(t_i - t_o) \text{ m}^3/\text{dtk} \\&= (0,121)(1,27)(1)(10)(27-25) \\&= 3,0734\text{m}^3/\text{dtk} \sim 3,1 \text{ m/dtk.}\end{aligned}$$

Kecepatan angin yang melewati jendela bawah $V = Q/A = 3,1/1 = 3,1 \text{ m/dtk.}$



BAB V

ANALISIS PERILAKU DAN KEBUTUHAN RUANG EKSPLORATORIUM

5.1 Analisis Pelaku dan Bentuk Kegiatan

Analisis perilaku dan kebutuhan ruang eksploratorium dilakukan untuk dapat memberikan gambaran aktivitas yang akan berlangsung di dalam lingkungan eksploratorium. Melalui analisis ini selain dapat menentukan jenis ruang, dimensi dan persyaratannya, juga dapat ditentukan penempatan ruang dalam bangunan berdasarkan kemungkinan urutan aktivitas yang akan terjadi. Sehingga selain dapat menciptakan ruang-ruang yang efektif analisis juga dapat menciptakan pola distribusi dalam bangunan yang sederhana.

Analisis selain akan bersumber dari standar yang umum dipakai dalam masyarakat juga akan dikombinasikan dengan pendapat para ahli, pengambil kebijakan dan standar keruangan dalam bangunan dan arsitektur. Dalam perancangan eksploratorium ini, standar dimensi dan kebutuhan ruang umumnya mengacu kepada *Data Arsitek*, *Time Server Standard* dan *Library And Public Facilities*.

Adapun pelaku dalam lingkungan eksploratorium dan bentuk kegiatannya akan meliputi :

5.1.1 Pengelola / Pengguna Tetap

Akan terdiri dari orang-orang yang mengatur jalannya setiap kegiatan yang terjadi dalam eksploratorium, adapun kegiatan orang-orang tersebut antara lain adalah :

1. Mengatur manajemen dan hal-hal yang bersifat administratif demi berjalannya seluruh kegiatan eksploratorium secara efektif dan efisien,
2. Mempersiapkan segala sarana dan prasarana untuk kegiatan-kegiatan yang diadakan dieksploratorium,
3. Mengatur operasional, memberikan pelayanan keamanan, ketertiban dan servis kepada seluruh pengguna eksploratorium.

Berikut merupakan struktur organisasi eksploratorium yang dapat dijadikan gambaran secara umum mengenai kegiatan pengelolaan dalam eksploratorium.

eksploratorium batik

Sebuah Upaya Perancangan Arsitektural

Menciptakan Lingkungan Eksploratorium Yang Memiliki Never Ending Activities
Dengan Pendekatan Konsep Perancangan Arsitektur Bioklimatis

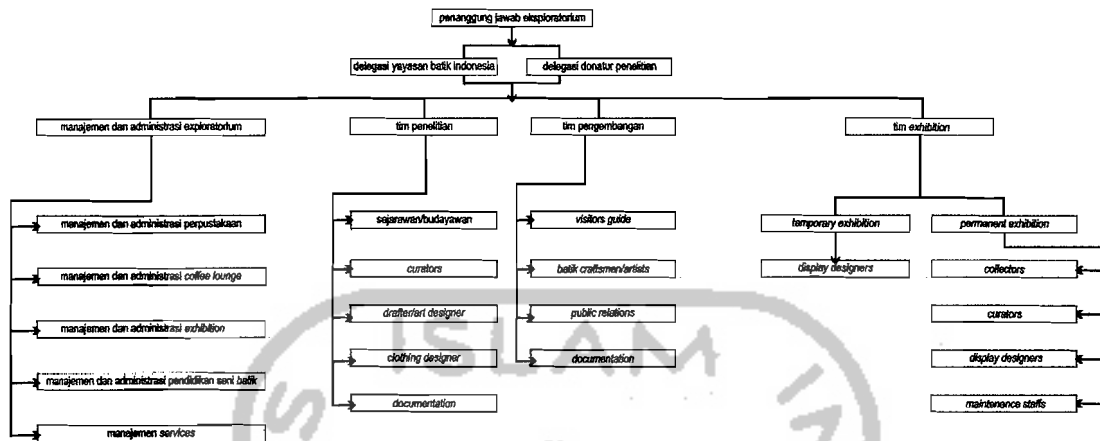


Diagram 5.1.1 Struktur Organisasi Eksploratorium

Berdasarkan bagan tersebut, dapat diketahui jika terdapat empat divisi / team utama yang mengepalari tim-tim lain dibawahnya. Dan semuanya menggambarkan jika dalam eksploratorium akan terdapat ruang-ruang yang akan mewadahi aktivitas orang-orang dari :

1. Delegasi Yayasan *Batik* Indonesia,
Eksploratorium akan mewadahi aktivitas orang-orang yang berasal dari YBI. Keberadaan delegasi YBI dalam eksploratorium dinilai akan sangat berpengaruh terhadap aktivitas yang akan bertanggung didalamnya. Satu buah ruang kerja akan disediakan untuk dapat digunakan sebagai ruang kerja mereka.
2. Delegasi donatur penelitian,
Dalam menjalankan fungsinya sebagai sebuah pusat pengkajian, eksploratorium tidak akan pernah terlepas dari kebutuhan biaya. Eksploratorium akan menyediakan dua ruang terpisah untuk digunakan oleh orang-orang yang menjadi donatur penelitian atau donatur kegiatan eksploratorium.
3. Tim penelitian
Tim penelitian dalam eksploratorium akan terdiri dari orang-orang (ahli) yang akan melakukan proses penelitian dan atau perawatan terhadap keberadaan *batik*, melakukan riset guna menemukan cara produksi *batik* yang efisien dan inovatif. Dalam perancangan ini diasumsikan akan terdapat 10 orang ahli yang akan menjadi bagian dari tim penelitian.
4. Sejarawan/budayawan
5. *Curators*

Merupakan sekumpulan orang-orang yang ditugasi untuk merawat dan atau merestorasi helaian *batik* dan dokumen yang hampir rusak berkaitan dengan upaya pelestarian *batik*.

6. *Drafter /art designer*

7. *Clothing designer*

Salah satu bentuk aplikasi batik dalam kehidupan masyarakat yang umum dikenal adalah dalam bentuk motif pakaian, baik pria maupun wanita. *Clothing designer* dalam eksploratorium keberadaannya akan lebih diarahkan untuk dapat menciptakan bentuk-bentuk desain pakaian yang modern dan dinamis, sehingga dalam eksploratorium ini dapat terjadi sebuah proses pengembangan desain batik dalam dunia *fashion* yang terkontrol.

8. Tim pengembangan

9. *Tim exhibition*

Mencari materi pameran, menerima atau menyaring materi-materi yang akan dipamerkan, mengatur jadwal pameran dan menjalin hubungan dengan pusat-pusat eksebis yang ada dimana saja, merupakan salah satu tugas yang akan dilakukan oleh *tim exhibition*.

10. *Collectors*

Dapat merupakan sekumpulan orang-orang yang ditugasi untuk mencari dan mengumpulkan helaian *batik* atau dokumen dan Informasi yang berkaitan dengan upaya pelestarian *batik* yang masih tersebar dimasyarakat

11. *Display designers*

Akan bekerja lebih banyak diarea *exhibition*, melakukan *layout* tata ruang dan benda-benda pameran, sehingga dapat memaksimalkan fungsi pameran sebagai media yang informatif dan edukatif bagi pengunjung yang menyaksikannya. Namun dapat juga sebagai *display designers* untuk *craft shop* atau *front desk*.

12. *Maintenance staffs*

Akan bekerja diarea *service*, melakukan inventarisasi dan *controlling* terhadap properti eksploratorium, mulai dari *furnishings* yang terdapat dalam tiap ruang sampai dengan inventarisasi *landscape* dan sistem *service* lainnya.

13. Manajemen dan administrasi eksploratorium

Akan terdiri dari orang-orang yang bekerja dalam area manajerial eksploratorium secara umum,

14. Manajemen dan administrasi perpustakaan

15. Manajemen dan administrasi *coffee lounge*

16. Manajemen dan administrasi *exhibition*

Akan terdiri dari orang-orang yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya aktivitas pameran dalam eksploratorium. Orang-orang inilah yang bertugas untuk mengatur jadwal pameran, mencari materi pameran.

17. Manajemen dan administrasi pendidikan seni *batik*

Akan terdiri dari orang-orang yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya aktivitas pelatihan seni *batik* dalam eksploratorium. Orang-orang inilah yang bertugas untuk mengatur jadwal pelatihan, membenarkan pelatihan dan mengawasi jalannya proses pelatihan

18. Manajemen *services*

19. Penanggung jawab eksploratorium

20. *Batik craftsmen/artists*

Kehadiran seniman atau pengrajin *batik*, sudah barang tentu sangat dibutuhkan, selain sebagai *trainee* (instruktur pelatihan) kehadiran mereka dalam eksploratorium juga dapat membantu di area lain, di studio pola misalnya.

21. *Visitors guide*

Pekerjaan *visitors guide* akan berhubungan erat dengan pengunjung eksploratorium, karena melalui mereka pengunjung dapat memperoleh kemudahan dalam mengenal setiap bagian yang ada dalam bangunan.

22. *Public relations*

23. *Documentation*

Dari sedikit uraian diatas, maka diasumsikan akan terdapat sekitar 75 orang yang dimungkinkan sebagai pengguna tetap dalam eksploratorium,

5.1.2 Pengguna Tidak Tetap

Terdiri dari 200 orang perhari (dalam kondisi normal, tidak ada kegiatan khusus yang memang diperuntukan bagi orang banyak seperti seminar, pameran atau kunjungan budaya, dalam kondisi seperti itu diasumsikan eksploratorium masih dapat mengakomodir kehadiran sampai dengan 300 orang) merupakan orang-orang yang datang berkunjung kedalam eksploratorium untuk melakukan

eksploratorium batik

Sebuah Upaya Perancangan Arsitektural

Menciptakan Lingkungan Eksploratorium Yang Memiliki Never Ending Activities
Dengan Pendekatan Konsep Perancangan Arsitektur Bioklimatis

aktifitas tertentu. Seperti misalnya pencarian data, belajar *membatik*, melihat koleksi, berdiskusi, mengikuti seminar dan atau pameran. Orang-orang tersebut :

- Masyarakat
- Mahasiswa sekolah-sekolah seni / umum
- Pemerhati masalah *batik*
- Seniman *batik*
- Peneliti
- Penulis,
- Wisatawan *domestic / mancanegara*

