

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Dalam bab tinjauan pustaka ini akan dibahas mengenai iklim kota malang, kenyamanan termal, faktor yang mempengaruhi. Bab tinjauan pustaka ini memiliki fungsi sebagai informasi yang menjadi landasan untuk tahapan pembahasan sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan. Untuk tinjauan mengenai iklim kota malang akan dijelaskan mengenai suhu kota, kondisi angin, radiasi matahari, dan data iklim kota malang, pada bagian kenyamanan termal mengenai karakteristik, kinerja, dan pengukuran kinerja kenyamanan termal, berikut faktor – faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada bangunan. Tinjauan bukaan menjelaskan bukaan secara kefungsiannya, hubungannya dengan suhu, kelembaban dan angin untuk sebagai salah satu strategi penaikan atau penurunan suhu pada bangunan. Bukaan jendela dibahas meliputi aliran udara, jenis bukaan, luasan, dan diagram aliran udara.

2.2 Tinjauan Iklim Kota Malang

Kota Malang yang terletak pada ketinggian antara 440 - 667 meter diatas permukaan air laut, merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada ditengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak $112,06^{\circ}$ - $112,07^{\circ}$ Bujur Timur dan $7,06^{\circ}$ - $8,02^{\circ}$ Lintang Selatan.



Gambar 2.1 Peta Malang
(Sumber : google.com)

- ↳ Sebelah Utara : Kecamatan Singosari dan Kec. Karangploso Kabupaten Malang
- ↳ Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang
- ↳ Sebelah Selatan : Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang
- ↳ Sebelah Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau Kabupaten Malang

2.2.1 Kondisi Iklim Kota Malang

Kondisi iklim Kota Malang selama tahun 2008 tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara 22,7°C - 25,1°C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 32,7°C dan suhu minimum 18,4°C . Rata kelembaban udara berkisar 79% - 86%. Dengan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 40%. Seperti umumnya daerah lain di Indonesia, Kota Malang mengikuti perubahan putaran 2 iklim, musim hujan, dan musim kemarau. Dari hasil pengamatan Stasiun Klimatologi Karangploso Curah hujan yang relatif tinggi terjadi pada bulan Pebruari, Nopember, Desember. Sedangkan pada bulan Juni dan September Curah hujan relatif rendah. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan Mei, September dan Juli.

2.3. Tinjauan Rumah

2.3.1 Definisi Rumah

Rumah menurut UU No. 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman pasal 1 ayat (1), rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga. Rumah jika ditinjau dari sudut pandang ilmu arsitektur, rumah adalah setiap tempat/ruang paling tidak harus memperhatikan unsur-unsur yang mempengaruhi falsafah, karakter bentuk dan ruangnya, yaitu (1) manusia sebagai pengguna (user), dengan segala latar belakangnya, seperti budaya, tradisi, perilaku, tingkat sosial dan sebagainya, (2) aktivitas, yaitu kegiatan-kegiatan yang berlangsung dalam ruang untuk mencapai tujuan tertentu atau untuk memenuhi kebutuhan tertentu, dan (3) teknologi, yang merupakan pemecahan teknis untuk mendukung tercapainya tujuan dari suatu aktivitas, baik pemecahan dimensi fungsional ruang, struktur dan konstruksi maupun fungsi pelayanan (services) untuk aktivitas yang dilakukan.

Menurut WHO, rumah adalah struktur fisik atau bangunan untuk tempat berlindung, lingkungan berguna untuk kesehatan jasmani dan rohani serta keadaan sosialnya baik untuk kesehatan keluarga dan individu (Komisi WHO Mengenai Kesehatan dan Lingkungan, 2001) Rumah (home, Inggris) dalam kamus bahasa Inggris lebih digambarkan sebagai sesuatu yang bersifat fisik (house, dwelling, shelter), seperti contoh pengertian rumah berikut: (1) bangunan untuk tempat tinggal/ bangunan pada umumnya (seperti gedung dan sebagainya); (2) dwelling- place, fixed residence of family or household ;members of family collectively; private-house. Jika ditinjau secara lebih dalam rumah tidak sekedar sebuah bangunan melainkan suatu

konteks sosial dari kehidupan keluarga, manusia yang tinggal di dalamnya saling mencintai dan berbagi dengan orang-orang terdekatnya. Pandangan ini menekankan rumah lebih merupakan suatu sistem sosial daripada sistem fisik. Hal ini disebabkan karena rumah berkaitan erat dengan manusia, yang memiliki tradisi sosial, perilaku dan keinginan-keinginannya yang berbeda dan selalu bersifat dinamis, karenanya rumah bersifat kompleks dalam mengakomodasi berbagai konsep dalam diri manusia dan kehidupannya.

2.3.2 Kebutuhan Kesehatan dan Kenyamanan

Rumah sebagai tempat tinggal yang memenuhi syarat kesehatan dan kenyamanan dipengaruhi oleh 3 (tiga) aspek, yaitu pencahayaan, penghawaan, serta suhu udara dan kelembaban dalam ruangan. Aspek-aspek tersebut merupakan dasar atau kaidah perencanaan rumah sehat dan nyaman, berikut ini adalah penjelasan masing-masing aspek tersebut:

a. Pencahayaan

Matahari sebagai potensi terbesar yang dapat digunakan sebagai pencahayaan alami pada siang hari. Pencahayaan yang dimaksud adalah penggunaan terang langit, dengan ketentuan sebagai berikut: cuaca dalam keadaan cerah dan tidak berawan, ruangan kegiatan mendapatkan cukup banyak cahaya, ruang kegiatan mendapatkan distribusi cahaya secara merata.

b. Penghawaan

Udara merupakan kebutuhan pokok manusia untuk bernafas sepanjang hidupnya. Udara akan sangat berpengaruh dalam menentukan kenyamanan pada bangunan rumah. Kenyamanan akan memberikan kesegaran terhadap penghuni dan terciptanya rumah yang sehat, apabila terjadi pengaliran atau pergantian udara secara kontinyu melalui ruangan-ruangan, serta lubang-lubang pada bidang pembatas dinding atau partisi sebagai ventilasi. Agar diperoleh kesegaran udara dalam ruangan dengan cara penghawaan alami, maka dapat dilakukan dengan memberikan atau mengadakan perangan silang (ventilasi silang) dengan ketentuan sebagai berikut: (1) Lubang penghawaan minimal 5% (lima persen) dari luas lantai ruangan; (2) Udara yang mengalir masuk sama dengan volume udara yang keluar; (3) Udara yang masuk tidak berasal dari asap dapur atau kamar mandi/WC.

c. Suhu udara dan kelembapan

Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan bangunan disekitarnya. Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan ruangan kegiatan dalam bangunan seperti: ruangan keluarga, tidur, tamu dan kerja. Suhu udara dan kelembaban rumah dinyatakan sehat dan nyaman, apabila suhu udara dan kelembaban udara ruangan sesuai dengan suhu tubuh manusia normal. Suhu udara dan kelembaban ruangan sangat dipengaruhi oleh penghawaan dan pencahayaan. Penghawaan yang kurang atau tidak lancar akan menjadikan ruangan terasa pengap atau sumpek dan akan menimbulkan kelembaban tinggi dalam ruangan. Untuk mengatur suhu udara dan kelembaban normal untuk ruangan dan penghuni dalam melakukan kegiatannya, perlu memperhatikan: (1) keseimbangan penghawaan antara volume udara yang masuk dan keluar; (2) Pencahayaan yang cukup pada ruangan dengan perabotan yang tidak bergerak; (3) Menghindari perabotan yang menutupi sebagian besar luas lantai ruangan.

2.4. Tinjauan Kinerja Termal

Kinerja menurut KBBI diartikan sebagai kemampuan kerja. Dalam konteks kinerja termal (*thermal performance*) bangunan didefinisikan sebagai kemampuan kerja sebuah bangunan hubungannya dengan termal. Kinerja termal sebuah bangunan menjadi sumber yang mempengaruhi kenyamanan termal. Berdasarkan pengertian tersebut dapat dijabarkan bahwa kemampuan bangunan dalam memberikan tanggapan termal tergantung kepada elemen pembentuknya, semisal konstruksi, material, jenis bukaan, ventilasi, orientasi, atap, lantai serta lingkungan dimana bangunan tersebut berada. Sehingga kinerja bangunan yang baik akan memberikan pengaruh linear terhadap kenyamanan termal, yang indikasinya dapat dilihat dari faktor faktor yang membentuk kenyamanan termal, yaitu suhu udara, angin, radiasi, kelembaban. Dalam penelitian ini ingin diketahui hubungan salah satu elemen pembentuk kinerja termal bangunan, yaitu bukaan jendela pengaruhnya terhadap perubahan suhu dalam bangunan terkait dengan kenyamanan termal.

2.4.1 Definisi Kenyamanan Termal

Menurut Peter Hoppe (2002) pendekatan kenyamanan termal ada tiga macam, yaitu: pendekatan thermophysiological, pendekatan heatbalance dan pendekatan psikologis (Sugini, 2004: 6). Menurut Karyono, (2001: 24) kenyamanan termal adalah:

sensasi panas atau dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa kulit terhadap stimulasi suhu di sekitarnya.

Menurut Boutet, (1987) untuk kenyamanan termal faktor psikologis perlu diperhatikan sebab setiap individu berbeda persepsi pada kenyamanan tubuhnya (Purnomo, H., dan Rizal, 2000: 38). Olgay (1963) mendefinisikan zona kenyamanan sebagai suatu keadaan di mana manusia berhasil mengurangi pengeluaran tenaga dalam badannya untuk menyesuaikan dirinya dengan persekitarannya. ASHRAE Standart 55-1992 mendefinisikan kenyamanan termal sebagai keadaan pikiran yang menyatakan puas terhadap persekitaran termal. Standar ini juga menentukan persekitaran termal yang boleh diterima sebagai keadaan dimana 90% penghuni merasa nyaman.

Menurut DR. Ir. RM. Sugiyatmo, kondisi yang berpengaruh dalam perancangan bangunan pada iklim tropis lembab adalah, yaitu :

1. Kenyamanan Thermal

Usaha untuk mendapatkan kenyamanan thermal terutama adalah mengurangi perolehan panas, memberikan aliran udara yang cukup dan membawa panas keluar bangunan serta mencegah radiasi panas, baik radiasi langsung matahari maupun dari permukaan dalam yang panas. Perolehan panas dapat dikurangi dengan menggunakan bahan atau material yang mempunyai tahanan panas yang besar, sehingga laju aliran panas yang menembus bahan tersebut akan terhambat. Permukaan yang paling besar menerima panas adalah atap. Sedangkan bahan atap umumnya mempunyai tahanan panas dan kapasitas panas yang lebih kecil dari dinding. Untuk mempercepat kapasitas panas dari bagian atas agak sulit karena akan memperberat atap. Tahanan panas dari bagian atas bangunan dapat diperbesar dengan beberapa cara, misalnya rongga langit-langit, penggunaan pemantul panas reflektif juga akan memperbesar tahanan panas. Cara lain untuk memperkecil panas yang masuk antara lain yaitu :

- Memperkecil luas permukaan yang menghadap ke timur dan barat
- Melindungi dinding dengan alat peneduh.

Perolehan panas dapat juga dikurangi dengan memperkecil penyerapan panas dari permukaan, terutama untuk permukaan atap. Warna terang mempunyai penyerapan radiasi matahari yang kecil sedang warna gelap adalah sebaliknya. Penyerapan panas yang besar akan menyebabkan temperatur permukaan naik. Sehingga akan jauh lebih

besar dari temperatur udara luar. Hal ini menyebabkan perbedaan temperatur yang besar antar kedua permukaan bahan, yang akan menyebabkan aliran panas yang besar.

2. Aliran Udara Melalui Bangunan

- Untuk memenuhi kebutuhan kesehatan yaitu penyediaan oksigen untuk pernapasan, membawa asap dan uap air keluar ruangan, mengurangi konsentrasi gas-gas dan bakteri serta menghilangkan bau.
- Untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan thermal, mengeluarkan panas, membantu mendinginkan bagian dalam bangunan.

Aliran udara terjadi karena adanya gaya termal yaitu terdapat perbedaan temperature antara udara di dalam dan diluar ruangan dan perbedaan tinggi antara lubang ventilasi. Kedua gaya ini dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mendapatkan jumlah aliran udara yang dikehendaki.

Jumlah aliran udara dapat memenuhi kebutuhan kesehatan pada umumnya lebih kecil daripada yang diperlukan untuk memenuhi kenyamanan thermal. Untuk yang pertama sebaiknya digunakan lubang ventilasi tetap yang selalu terbuka. Untuk memenuhi yang kedua, sebaiknya digunakan lubang ventilasi yang bukaannya dapat diatur.

3. Radiasi Panas

Radiasi panas dapat terjadi oleh sinar matahari yang langsung masuk ke dalam bangunan dan dari permukaan yang lebih panas dari sekitarnya, untuk mencegah hal itu dapat digunakan alat-alat peneduh (Sun Shading Device). Pancaran panas dari suatu permukaan akan memberikan ketidaknyamanan thermal bagi penghuni, jika beda temperatur udara melebihi 40C. Hal ini sering kali terjadi pada permukaan bawah dari langit-langit/ permukaan bawah dari atap.

2.4.2 Faktor Kenyamanan Termal

2.4.2.1. Suhu Udara

Pada umumnya memang benar bahwa daerah yang paling panas adalah daerah yang paling banyak menerima radiasi matahari, yaitu daerah khatulistiwa. Panas tertinggi dicapai kira-kira 2 jam setelah tengah hari, karena pada saat itu radiasi matahari langsung bergabung dengan temperatur udara yang sudah tinggi. Karena itu

pertambahan panasterbesar terdapat pada fasad barat daya atau barat laut. Sebagai patokan yang dianggap bahwa temperature tertinggi sekitar 1-2 jam setelah posisi matahari tertinggi, dan temperature terendah sekitar 1-2 jam sebelum matahari terbit. Temperature sudah mulainaik lagi sebelum matahari terbit disebabkan oleh penyebaran radiasi pada langit. Sebanyak 43% radiasi matahari dipantulkan kembali, 57% diserap, yaitu 14% oleh atmosfer dan 43% oleh permukaan bumi. Sebagian besar radiasi yang diserap inidipantulkan kembali ke udara, terutama setelah matahari terbenam, sejauh kondisiatmofiris mengijinkan.

2.4.2.2. Radiasi

Radiasi matahari adalah penyebab semua ciri umum iklim dan radiasi matahari sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Dalam perjalanan menuju permukaan bumi, radiasi matahari harus melewati atmosfer yang sebagian mengandung debu dan uap air. Jarak terpendek adalah radiasi vertical. Secara teoritis, insolasi tertinggi akan sampai di permukaan bumi tegak lurus yaitu antara tropis cancer dan carpricorn. Namun hal initidak akan mempertimbangkan sekumpulan faktor yang menyebabkan fluktuasi. Pengaruh radiasi pada suatu tempat tertentu dapat ditentukan terutama oleh:

- ↳ Durasi radiasi
- ↳ Intensitas
- ↳ Sudut jatuh

Durasi matahari setiap hari dapat diukur dengan otogral sinar matahari secara fotografis dan termoelektris. Lama penyinaran maksimum dapat mencapai 90%.

Durasi harian penyinaran matahari tergantung pada:

- ↳ Musim
- ↳ Garis lintang geografis tempat pengamatan
- ↳ Density awan

Data-data mengenai intensitas radiasi matahari dari stasiun meteorology sering tidak tersedia dalam bentuk yang diinginkan, sehingga harus dilakukan pengamatan khusus, intensitas matahari ditentukan oleh:

- ↳ energy radiasi absolute
- ↳ hilangnya energy pada atmosfer
- ↳ sudut jatuh pada bidang yang disinari
- ↳ penyebaran radiasi

Rata-rata suhu pancaran, memberi pengaruh pada suhu udara an dari suhu permukaan benda yang ada di dalam ruang, bervariasi untuk tiap ruang dan waktu pengukuran. Untuk beberapa kondisi, mungkin lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu udara sekitar, namun biasanya berperan kecil.

2.4.2.3. Velocity (Kecepatan Angin)

Gerakan udara terjadi disebabkan oleh pemanasan lapisan-lapisan udara yang berbeda-beda. Skalanya berkisar dari angin sepoi-sepoi sampai angin topan, yakni kekuatan angin 0 sampai 12 (skala beaufort).

Angin yang diinginkan, local, sepoi-sepoi yang memperbaiki iklim mikro mempunyai efek khusus dalam perencanaan, seperti memiliki gerakan udara kuat yang tidak diharapkan berlawanan dengan ukuran pencegahan harus diberikan. Gerakan udara didekat permukaan tanah dapat bersifat sangat berbeda dengan gerakan di tempat yang tinggi. Semakin kasar permukaan yang dilalui, semakin tebal lapisan udara yang tertinggal diam di dasar dan menghasilkan perubahan pada arah serta kecepatan gerakan udara. Penelitian di kota-kota besar menunjukkan bahwa kecepatan angin di permukaan jalan rata-rata hanya sepertiga dari kecepatan pada lansekap terbuka. Bangunan tinggi memiliki pengedaraan yang lebih baik pada bagian sebelah atas, karena disini intensitas gerakan udara lebih besar daripada lantai. Gerakan udara menimbulkan pelepasan panas dari permukaan kulit bangunan oleh penguapan. Semakin besar kecepatan udara, semakin besar panas yang hilang. Tetapi ini hanya terjadi selama temperature udara lebih rendah daripada temperature kulit.

Derajat Kecepatan	Sifat	Ciri dan Musibah Akibat Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		
			m/dtk	Km/jam	Mil/jam
0	Sunyi Tegak	Tidak ada angin, asap mengepul	0 - 0,2	1	1
1	Angin Sepoi	Amb angin terlihat pada amb asap, tidak pada benda angin	0,3 - 1,5	1 - 5	1 - 5
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun-daun ringan bergoyang	1,6 - 3,3	6 - 11	4 - 7
3	Angin lemah	Daun-daun dan ranting kecil terus bergoyang	3,4 - 5,4	12 - 19	8 - 12
4	Angin sedang	Pohon dan ranting terting, ranting dan ranting kecil bergoyang	5,5 - 7,0	20 - 28	13 - 18
5	Angin agak kuat	Pohon-pohon kecil bergoyang, buih putih di air laut	8,0 - 10,7	29 - 38	18 - 24
6	Angin kuat	Dahan-dahan besar bergoyang, sumbu menderai di kawat listrik/telepon	10,8 - 13,8	39 - 49	25 - 31

7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergoyang, perjalanan di luar angkasa	13,9 – 17,1	50 – 61	32 – 38
8	Angin sangat kuat	lanting – ranting pohon patah, berjalan menentang angin berat	17,2 – 20,7	62 – 74	39 – 46
9	Budai	Keraguan – kerugian kecil terhadap rumah – rumah, genting – genting rumah sering ada terlepas	20,8 – 24,4	75 – 88	47 – 54
10	Budai kuat	Pohon – pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah – rumah	24,5 – 28,1	89 – 102	55 – 63
11	Angin tiut	Kerusakan terjadi pada daerah yang luas	28,5 – 32,6	109 – 120	64 – 75

Gambar 2.1. Skala Beaufort

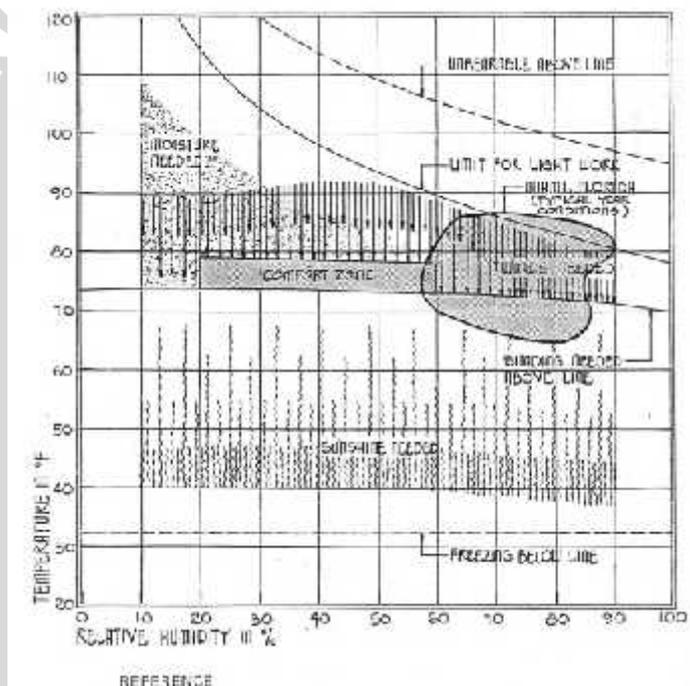
Sumber : Fisika Bangunan

Menurut Turyanti dan Effendy (2006) angin adalah massa udara secara mendatar(horizontal) yang pada umumnya dikur dalam dua parameter yaitu kecepatan dan arah. Buys Ballot ahli ilmu cuaca dari Perancis menerangkan bahwa angin adalah massa udara yang bergerak dari suatu tempat bertekanan tinggi ke tempat lain yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Menurut Ahrens (2007), angin merupakan udarayang kekuatannya sangat bergantung pada gradient tekanan dan merupakan proses penting dalamtransport bahang (panas), kelembaban, uap air, mikroorganisme dan material lainnya dari suatu tempat menuju tempat yang lain. Angin memiliki hubungan yang erat dengan sinar matahari karena daerah yang terkenabanyak paparan sinar matahari akan memiliki suhu yang lebih tinggi serta tekanan udara yang lebih rendah dari daerah dari daerah lain di sekitarnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran udara. Angin juga dapat disebabkan oleh pergerakan benda sehingga mendorong udara di sekitarnya untuk bergerak ke tempat lain.

Secara umum angin terjadi karena terbentuknya gradient tekanan(slope) udara pada dua wilayah yang berbeda. Jika suatu wilayah menerima energi radiasi matahari lebih besar maka suhu udara yang dimilikinya akan lebih panas dan tekanan udara yang terbentuk cenderung lebih rendah. Perbedaan kerapatan massa udara akan terjadi antara daerah yang menerima energi panas lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi panas, sehingga mengakibatkan terbentuknya aliran udara pada wilayah tersebut dari tekanan tinggi ketekanan rendah. Dapat disimpulkan bahwa tekanan dan suhu udara sangat penting dalam proses terjadinya angin atau perbedaan tekanan sebagai akibat dari perbedaan suhu inilah penyebab terjadinya angin

2.4.2.4. Kelembaban

Kadar kelembaban udara, berbeda dengan unsur-unsur yang lain, dapat mengalami fluktuasi yang tinggi dan tergantung terutama pada perubahan temperature udara. Semakin tinggi temperature, semakin tinggi pula kemampuan udara menyerap air. Kelembaban absolut adalah kadar air dari udara, dinyatakan dalam gram per kilogram udara kering. Kelembaban relative menunjukkan perbandingan antara tekanan uap air yang ada terhadap tekanan uap air maksimum yang mungkin (derajat kejenuhan) dalam kondisi temperature udara tertentu, dinyatakan dalam persen. Udara ini telah jenuh, artinya tidak dapat menyerap air lagi jika alam temperature tertentu tekanan uap air maksimum telah dicapai. Misalnya udara 38°C dapat menyerap uap air sepuluh kali lebih banyak dibandingkan udara dengan 0°C . Jadi, titik jenuh akan naik dengan meningkatnya temperature.



Gambar. 2.3 Hubungan Suhu dan Kelembaban

Sumber : Fisika Bangunan

Pengaruh Kelembaban

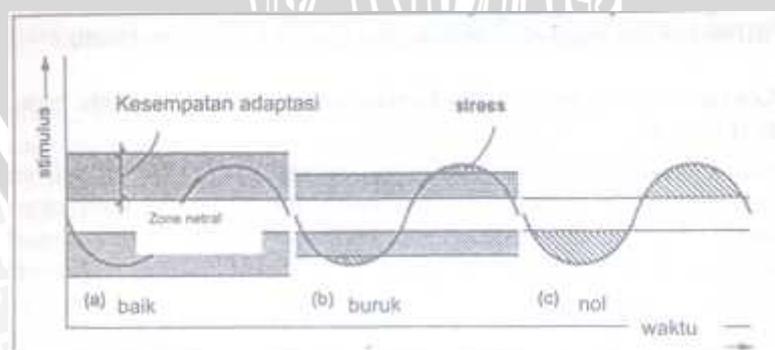
Kepengapan sangat terasa pada saat akan terjadi hujan lebat. Justru sesudah hujan turun, rasa pengap menjadi hilang karena kendati kelembaban udara mencapai 100%, namun itu diimbangi oleh perginya suhu panas dan hawa terasa sejuk. Sesudah hujan, hawa tentulah masih sangat lembab, tetapi kecerahan langit karena sinar matahari memungkinkan kelembaban menguap lagi.

Kelembaban udara yang nikmat untuk tubuh berkisar antara 40-70%. Padahal kelembaban udara di tempat-tempat di tepi pantai seperti misalnya Jakarta, Ujungpandang, Manado dan sebagainya menunjukkan angka rata-rata setahun kurang lebih 80%. Dalam keadaan maksimum dapat mencapai 98% dan minimum masih di atas 70%. Oleh karena itu, dari segi kenyamanan, kebasahan udara di kota-kota semacam itu dibutuhkan pertimbangan lain. Dengan kata lain: proses penguapan harus dipercepat. Jika kelembaban udara sudah jenuh, maka tubuh kita tidak akan bisa lagi menguapkan air keringat.

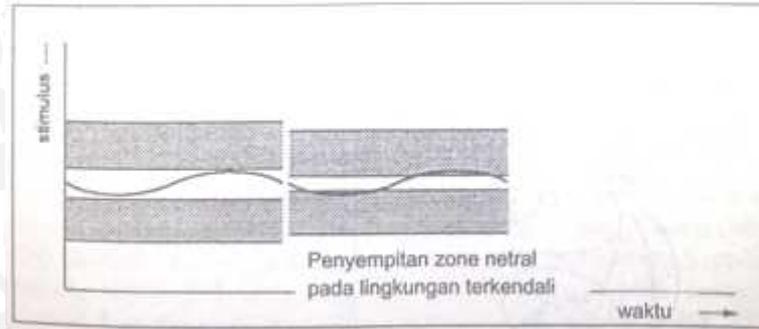
Penghalangan proses berkeringat menimbulkan rasa sesak, kotor, dan panas. Oleh karena itu, konstruksi maupun tempat peletakan rumah-rumah harus benar-benar kering dan mempercepat proses penguapan. Pengeringan dapat dicapai dengan pertolongan pemanasan, terutama dari matahari, tetapi untuk unsur-unsur rumah yang tidak pernah atau tidak lama terkena matahari, pengeringan ditolong oleh penghembusan udara yang mengalir

2.5. Tinjauan Suhu Netral

Suhu Netral atau Zona nyaman dapat dijadikan salah satu acuan untuk menentukan *range* nyaman termal. Suhu netral adalah suhu dimana responden tidak merasa panas, dingin, sejuk, atau hangat. (Nugroho, 2007) pernah dilakukannya ventilasi alami. Kondisi kenyamanan termal dapat ditentukan berdasarkan zona nyaman. Cahyani (2010) menyatakan bahwa range suhu udara netral berkisar antara 17⁰C hingga 30⁰C. Namun perlu disimpulkan bahwa penyesuaian diri juga memiliki dampak terhadap suhu udara yang dibutuhkan untuk netralitas termal.



Gambar 2.4. Kesempatan adaptasi mengakomodasi stress
(Sumber : Sugini, Kenyamanan Termal)



Gambar 2.5. Penyempitan zona
(Sumber : Sugini, Kenyamanan Termal)

Gambar. Zona netral penghuni ruang, kesempatan adaptasi dan pengendalian ruang

Konsep kesempatan adaptasi nampaknya dapat dibuktikan kebenarannya dengan hasil penelitian Rowe (1996) yang menyimpulkan bahwa kesempatan untuk mengendalikan lingkungan termal baik yang bersifat potensial atau akses nyata dalam kendali ruang akan menentukan tingkat kenyamanan termal.

Pada penelitian ini Rowe, meneliti empat kelompok bangunan, yang meliputi : 1) bangunan dengan ventilasi alami (2) bangunan NV dengan tambahan fan dan pemanas portable. (3) Bangunan NV dengan pendingin tambahan (4) bangunan dengan AC berjendela mati. Dalam laporan akhir Rowe menyimpulkan bahwa sistem pasif pada NV yang memberikan peluang kepada penghuni untuk memilih ventilasi sesuai dengan keinginan yang menghasilkan rentang termal lebih besar.

Model Auliciums, De dan Brager An Nicol serta Humphreys adalah model disusun atas dasar pandangan bahwa kenyamanan termal tidak hanya ditentukan oleh variabel iklim dalam kondisi stasis dan tidak hanya ditopang oleh sistem termoregulator fisiologis saja, tetapi ditopang pula oleh termoregulator perilaku. Oleh sebab itu faktor – faktor yang menentukan derajat kenyamanan termal. tidak hanya ditentukan oleh 4 variabel iklim ruang dan 2 variabel. Tetapi dipengaruhi oleh variabel- variabel psikologis yang kompleks. Walaupun pada konsep pendekatannya kenyamanan termal ditentukan oleh variabel- variabel yang kompleks tapi variabel yang menentukan dalam model model ini adalah temperature udara luar. Hal ini disebabkan karena variabel psikologis dan fisiologis pada akhirnya dimoderatori oleh udara luar.

Model Adaptif Auliciums

$$T_n = 9.22 + 0.48 T_a + 0.14 t_{mmo} \dots\dots\dots (1)$$

T_n : temperatur netral

Ta : temperatur udara

Tmno : temperature udara luar bulanan rata – rata

Model Nicol dan Humphyres

$T_c = 13,5 + 0,54 t_o$ (2)

Tc : temperatur nyaman

To : temperatur operatif udara luar

Model De Dear Dan Brager

$T_c = 17,8 + 0,31 t_{a \text{ out}}$ (3)

Tc : temperatur nyaman

Ta Out : temperature udara luar

2.6 Tinjauan Buka-an Jendela

Aliran Udara Melalui Bangunan, Kegunaan dari aliran udara atau ventilasi adalah :

1. Untuk memenuhi kebutuhan kesehatan yaitu penyediaan oksigen untuk pernafasan, membawa asap dan uap air keluar ruangan, mengurangi konsentrasi gas-gas dan bakteri serta menghilangkan bau.
2. Untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan thermal, mengeluarkan panas, membantu mendinginkan bagian dalam bangunan.

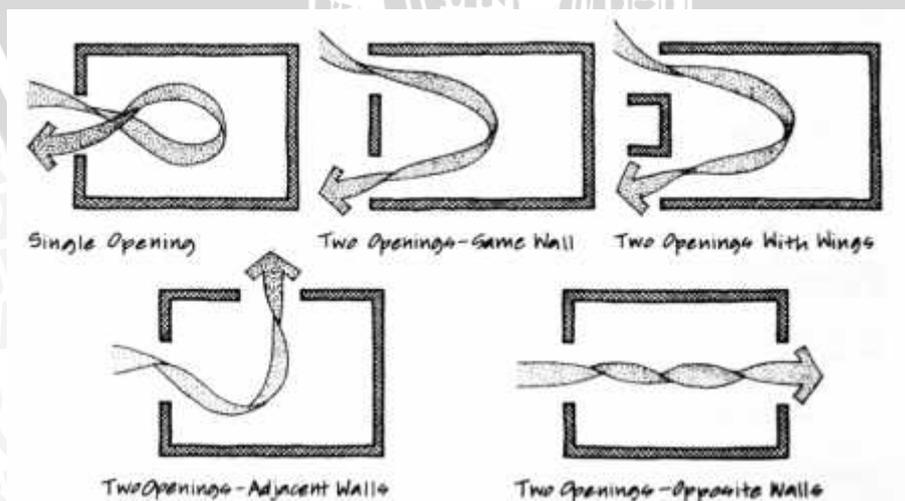
Ventilasi Ruang Bangunan Menurut SNI 03-6572-2001: 3, tujuan ventilasi untuk: membuang gas-gas keringat dan CO₂ dari pernafasan; membuang uap air; membuang kalor; memperoleh kenyamanan termal. Model ventilasi ada dua macam gaya angin dan gaya termal. Ventilasi gaya angin ventilasi yang memanfaatkan perbedaan tekanan angin. Laju angin ventilasi gaya angin dipengaruhi: kecepatan rata-rata; arah angin yang kuat; variasi kecepatan, arah angin musiman dan harian; hambatan setempat, seperti padatnya bangunan, bukit, pohon dan semak belukar (SNI 03-6572-2001: 5).

Menurut Givoni (1976), Lechner (1991) dan Moore (1993), ada beberapa faktor yang akan berpengaruh terhadap proses pertukaran udara secara alamiah yang terjadi pada suatu ruangan atau bangunan, Faktor-faktor tersebut adalah arah dan kecepatan angin di luar bangunan, suhu, dan kelembaban udara di dalam dan di luar bangunan, spesifikasi lubang ventilasi (posisi inlet dan outlet, dimensi dan bentuk serta feature penunjang). Faktor-faktor ini saling berkaitan dan mendukung dalam menciptakan

pertukaran udara yang baik pada suatu ruangan atau bangunan. Moore menggambarkan bahwa posisi yang baik bagi sebuah lubang ventilasi yang berfungsi sebagai inlet (tempat memasukkan udara) adalah yang sama tingginya dengan penghuni yang sedang beraktifitas dalam ruang tersebut. Dan untuk memudahkan udara yang telah mengandung CO₂ segera keluar dari ruangan maka posisi outlet (tempat mengeluarkan udara) sebaiknya dibuat lebih tinggi.

2.6.1. Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara atau ventilasi alami akan terjadi jika terdapat perbedaan tekanan antara lingkungan luar dengan ruang dalam suatu bangunan, yang disebabkan oleh angin atau perbedaan temperatur. Pengudaraan alami dalam rumah tinggal juga perlu direncanakan. Untuk bisa mengalirkan udara ke dalam bangunan di dalam sistem sirkulasi udara ini diperlukan bukaan sebagai medianya. Dalam merencanakan bukaan perlu dipertimbangkan mengenai seberapa besar bukaan yang diperlukan untuk sebuah ruangan agar diperoleh pengudaraan ruangan yang ideal. Bentuk bukaan untuk sirkulasi udara dapat berupa kisi-kisi, ataupun jendela yang bisa dibuka atau yang memiliki kisi-kisi pada daun jendelanya. Menurut Sutanta (2007: 31), sistem Cross Ventilation atau ventilasi silang merupakan sistem pengudaraan ruangan yang ideal dengan cara memasukkan udara ke dalam ruangan melalui bukaan penangkap angin dan mengalirkannya ke luar melalui bukaan yang lain. Sistem ini bertujuan agar selalu terjadi pertukaran udara di dalam ruangan sehingga ruangan tidak menjadi pengap.



Gambar.2.6 alur pergerakan udara berdasarkan bukaan

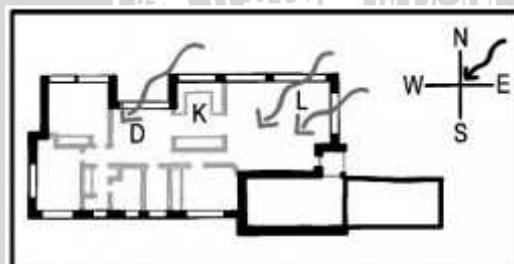
(sustainabilityworkshop.autodesk.com)

Suatu ruangan akan terasa nyaman apabila udara di dalam ruangan itu mengandung oksigen (O₂) yang cukup. Selain itu juga tidak ada bau yang mengganggu pernapasan, seperti asap pembakaran, sampah, dan gas-gas yang berbahaya bagi manusia, seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂), (Lasa, 2005: 168). Masih menurut Lasa, untuk menjaga kenyamanan ruangan diperlukan pemasangan alat pengatur suhu, misalnya:

- a) Memasang AC (air conditioner) untuk mengatur udara diruangan.
- b) Mengusahakan agar peredaran udara dalam ruangan itu cukup baik, misalnya dengan memasang lubang-lubang angin dan membuka jendela pada saat kegiatan di perpustakaan sedang berlangsung.
- c) Memasang kipas angin untuk mempercepat pertukaran udara dalam ruangan. Kecepatan pertukaran ini mempengaruhi kenyamanan udara. Adapun kecepatan udara yang ideal adalah berkisar antara 0,5 – 1 m/detik.

Agar performa sistem ventilasi alamiah pada bangunan mempunyai kualitas yang baik maka, diperlukan suatu desain lubang ventilasi tertentu. Berikut adalah aspek-aspek penting untuk mendesain lubang ventilasi:

- a. Orientasi lubang ventilasi
Lubang ventilasi sebaiknya ditempatkan/diorientasikan untuk menghadap arah dimana arah angin utama menuju bangunan.

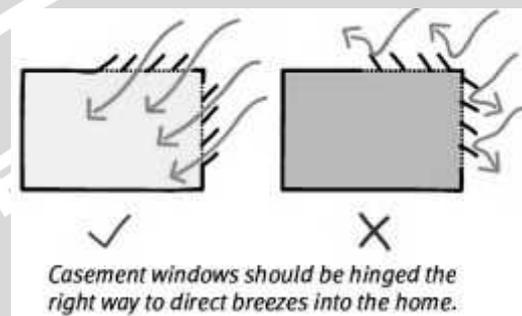


Example of good orientation to capture breezes.

Gambar.2.7 Orientasi terhadap aliran udara
(<http://janderson99.hubpages.com>)

b. Posisi lubang ventilasi

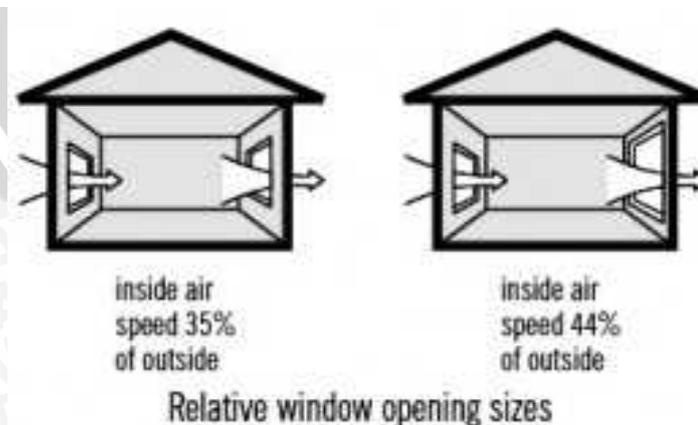
Lubang ventilasi yang berfungsi untuk memasukkan udara (inlet) seyogyanya ditempatkan dengan ketinggian manusia beraktifitas. Sementara lubang ventilasi yang berfungsi mengeluarkan udara (outlet) sebaiknya diletakkan sedikit lebih tinggi (di atas ketinggian aktivitas manusia) agar udara panas dapat dikeluarkan dengan mudah tanpa tercampur lagi dengan udara segar yang masuk melalui inlet. Ketinggian aktivitas manusia di dalam ruangan adalah lebih kurang 60-80 cm (aktivitas duduk) dan 100-150 cm (aktivitas berdiri).



Gambar. 2.8 Posisi bukaan terhadap arah angin
(<http://janderson99.hubpages.com>)

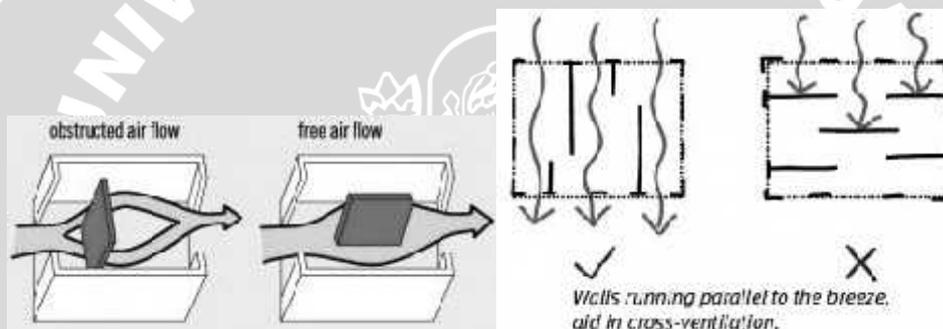
c. Dimensi lubang ventilasi

Faktor penting yang mempengaruhi pemasukan panas melalui kulit bangunan adalah rasio jendela sebagai bukaan terhadap dinding atau WWR = window to wall ratio. Variasi ini akan berpengaruh pada pola ventilasi yang berperan pada keluaran nilai pertukaran udara dan kecepatan angin dalam bangunan. Pada bangunan di daerah tropis lembab, luasan bukaan pada kulit bangunan direkomendasikan berkisar antara 10% - 20% dari luas lantai bangunan (Urasa, 1998).



Gambar 2.9. Inlet – Outlet
(<http://janderson99.hubpages.com>)

Semakin besar ukuran lubang ventilasi dan semakin banyak jumlahnya, maka semakin besar tingkat ventilasi yang terjadi dalam ruang atau bangunan tersebut. Rasio dimensi antara inlet dan outlet sangat berpengaruh dalam proses ventilasi. Luas bukaan inlet yang baik yaitu sekitar 20% dari luas lantai bangunan. Untuk mencapai secara umum dimensi inlet dan outlet yang baik memiliki luas yang sama sehingga total luas bukaan adalah 40% dari luas lantai. Namun apabila tidak memungkinkan menempatkan inlet dan outlet dengan dimensi yang sama, maka lubang outletlah yang memiliki dimensi lebih kecil. Dengan perbedaan dimensi ini, kecepatan angin pada inlet dapat lebih tinggi daripada kecepatan angin di dalam ruang/bangunan dan kecepatan angin tersebut menurun ketika angin mencapai tengah dan outlet.



Gambar.2.10 Penghalang (buffer) Aliran Udara

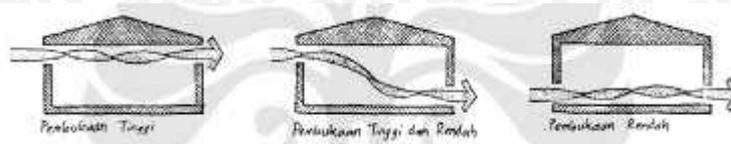
(<http://janderson99.hubpages.com>)

2.6.2 Inlet dan Outlet

Biasanya ukuran bukaan untuk udara masuk sama dengan ukuran bukaan untuk udara keluar. Tetapi apabila salah satunya harus lebih kecil, akan lebih baik jika yang lebih kecil adalah bukaan untuk udara masuk karena akan memaksimalkan kecepatan aliran udara di dalam ruangan (kecepatan inilah yang mempengaruhi kenyamanan). Bukaan masuk tidak hanya mempengaruhi kecepatan, tetapi juga pola aliran udara dalam ruangan, sedangkan lokasi bukaan keluar hanya memiliki pengaruh kecil dalam kecepatan dan pola aliran udara.

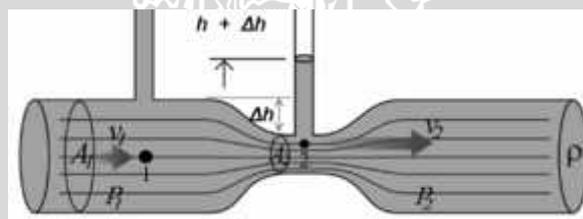
Kesalahpahaman yang sering terjadi mengenai ukuran bukaan, adalah besarnya bukaan yang menghadap ke arah angin akan menghisap udara ke dalam ruangan sementara bukaan kecil pada dinding yang bersebrangan dengannya akan menciptakan ventilasi silang. Sebenarnya, rancangan yang sebaliknya akan lebih tepat dalam menciptakan ventilasi silang pada musim panas. Semakin besar perbandingan ukuran

bukaan keluar dengan bukaan masuk akan menciptakan kecepatan yang lebih tinggi, yang juga menghasilkan penyejukan lebih besar.



Gambar.2.11 Peletakan posisi bukaan

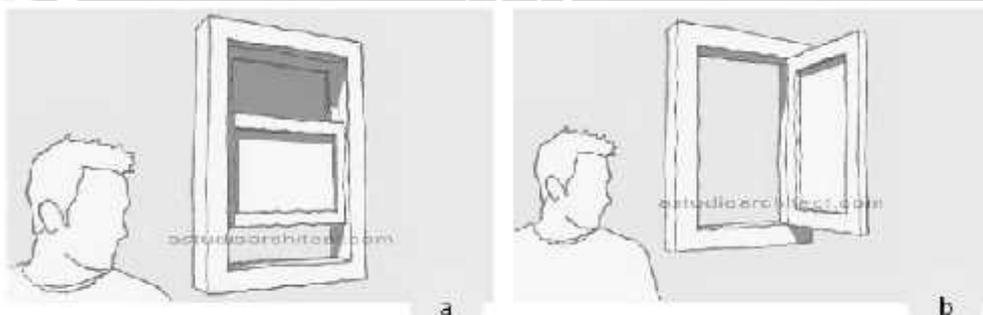
Udara dalam ruangan akan mencapai kecepatan yang maksimum apabila disain inletnya (lubang masuk dari dinding depan) lebih kecil dari pada desain outlet (lubang keluaran belakang). Hal ini dikenal dengan efek venturi. Efek venturi adalah penurunan tekanan fluida yang terjadi ketika fluida tersebut bergerak melalui pipa menyempit. Kecepatan fluida dipaksa meningkat untuk mempertahankan debit fluida yang sedang bergerak tersebut, sementara tekanan pada bagian sempit ini harus turun akibat pemindahan energi potensial tekanan menjadi energi kinetik.



Gambar.2.12. Ilustrasi Efek Venturi

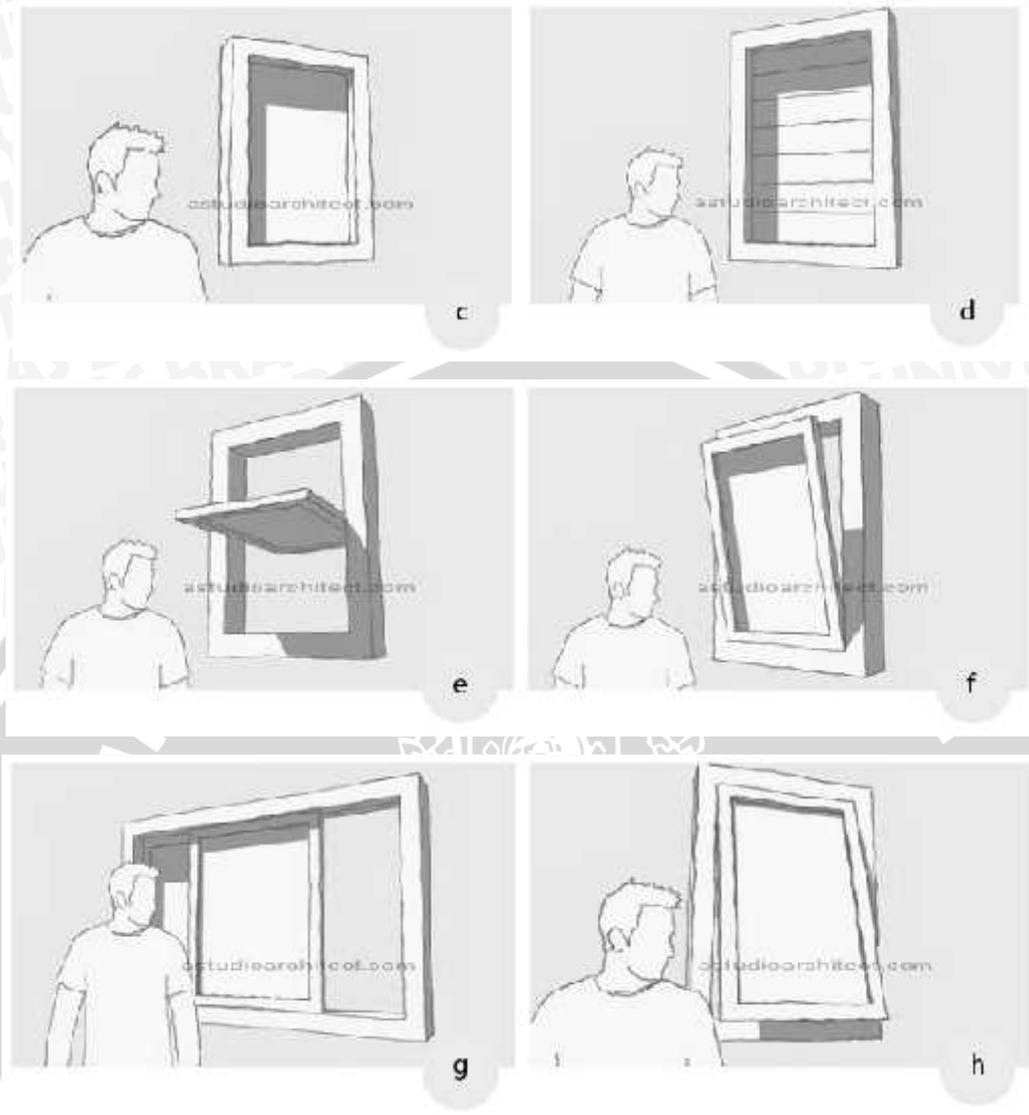
2.6.3 Tipe Jendela

Peran penting jendela meliputi pencahayaan, penghawaan, jendela yang dirancang dengan baik menjadi keuntungan tersendiri untuk konservasi energi begitu sebaliknya. Berdasarkan cara pembukaan jendela dibagi atas:



a

b



Gambar.2.13. Tipe Bukan Jendela
(sumber: astudioarchitect.com)

Secara berurutan, a) jendela dengan daun pintu yang dibuka dengan digeser ke atas/ kebawah. b) jendela dengan daun jendela yang dibuka kedalam atau keluar. c) jendela yang dipasang mati d) jendela dengan kaca – kaca/krepyak e) jendela dengan daun yang dibuka dengan diputar dalam sumbu horisontal f) jendela dengan daun seperti dibawah ini biasanya dibuka kedalam agar tidak tampias hujan. g) jendela dengan geser kesamping h) jendela dengan dibuka dengan posisi engsel diatas.

Jenis jendela h) jendela dengan dibuka dengan posisi engsel diatas yang digunakan dalam penelitian, dengan merubah sudut jendela.

Jendela dengan tipe pada poin e (diputar dengan sumbu horizontal dapat dibagi kedalam 2 kategori, yaitu putaran positif dan putaran negatif. Putaran pada jendela berpengaruh terhadap peningkatan kecepatan udara.

Keberadaan letak dan tipe jendela serta bentuk lubang ventilasi sangatlah mempengaruhi pola gerakan udara alami yang masuk kedalam ruangan.

2.6.4 Teori dan Konsep Ventilasi Alami

Pengertian Ventilasi Alami Menurut Danusugondho (1983), ventilasi pada hakikatnya dibedakan menjadi:

a. Ventilasi alami

Ventilasi alami adalah ventilasi yang bergantung pada beberapa faktor alam diantaranya: kecepatan angin, tekanan kecepatan karena gerakan atau aliran angin bergerak. Selain itu, ventilasi alami bisa diciptakan dengan cara membuat perbedaan thermal antara satu ruangan dengan ruangan lain. Penempatan lubang ventilasi dapat diatur dibagian bawah dekat lantai atau dibagian atas pada langit-langit.

b. Ventilasi buatan

Ventilasi buatan adalah ventilasi yang bergantung pada faktor-faktor alami yang tidak menentu. Maka pada ventilasi buatan, aliran udara diperoleh dengan menggunakan kipas atau blower. Komponen-komponen yang melengkapi ventilasi buatan antara lain kipas, saringan udara.

Syarat, Nilai Negatif dan Kegunaan Ventilasi Alami

Ventilasi alami dipakai untuk memanfaatkan potensi alam yang membantu mencapai kenyamanan termal. Ventilasi alami akan sangat bergantung pada kualitas udara lingkungan, sehingga udara lingkungan yang sejuk dan sehat menjadi modal utama keberhasilan ventilasi alami. Syarat untuk membuat ventilasi alami:

- Tersedia udara luar yang sehat
- Suhu udara diluar tidak terlalu tinggi
- Tidak banyak bangunan diluar yang menghalangi udara horizontal
- Lingkungan tidak bising

Strategi Pengendalian Iklim Ruang.

Strategi pengendalian iklim ruang meliputi empat strategi. Pertama, adalah peningkatan perolehan termal dengan peningkatan perolehan panas. Kedua, mencegah

kehilangan panas, Ketiga, mencegah perolehan panas dan keempat peningkatan kehilangan panas.

Strategi pencegahan panas dilakukan dengan atau melalui proses konduktif dengan mengurangi aliran panas. Melalui konveksi dengan meminimalkan infiltrasi dan melalui radiasi dengan meminimalkan perolehan panas. Berikutnya dapat dilakukan strategi peningkatan kehilangan panas melalui proses konduksi dengan meningkatkan pendinginan konduktif ke bumi (earth cooling) , melalui konveksi dengan peningkatan ventilasi, dan radiasi dengan peningkatan pendinginan radiatif dan melalui evaporasi dengan meningkatkan pendinginan evaporatif.

Strategi kendali iklim ruang						
Tipe perpindahan panas	Kondisi dingin		Kondisi panas		Sumber panas	Penyerap panas
	Meningkatkan perolehan panas	Mencegah kehilangan panas	Mencegah perolehan panas	Meningkatkan kehilangan panas		
Konduksi		Meminimalkan aliran panas konduktif	Meminimalkan aliran panas konduktif	Meningkatkan pendinginan konduktif ke bumi		Bumi
Konveksi		Meminimalkan aliran udara eksternal, meminimalkan infiltrasi	Meminimalkan infiltrasi	Meningkatkan ventilasi	Atmosfir	Atmosfir
Radiasi	Meningkatkan perolehan panas		Meningkatkan perolehan panas	Meningkatkan pendinginan radiatif	Matahari	Langit
Evaporasi				Meningkatkan pendinginan evaporatif		Atmosfer

Gambar. 2.14. Strategi Pengendalian Iklim Ruang

Konduksi

Perpindahan kalor dengan menggunakan cara konduksi, umumnya terjadi pada zat padat. Zat yang dapat menghantarkan kalor dengan sempurna disebut dengan konduktor, misalnya pada berbagai jenis logam. Sedangkan penghantar logam yang buruk disebut dengan isolator yang terdiri dari benda-benda non logam

Konveksi

Umumnya zat penghantar yang digunakan adalah berupa zat cair dan gas. Kalor yang berpindah karena adanya aliran zat dipanaskan merupakan akibat dari perbedaan massa jenis atau berat jenis. Massa jenis bagian yang dipanaskan lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis bagian yang tidak dipanaskan.

Radiasi

Pancaran kalor yang hanya terjadi di dalam gas atau pada ruang hampa, seperti penghantaran panas matahari ke bumi dengan ruang hampa udara. Untuk mengetahui adanya pancaran kalor, alat yang digunakan adalah termoskop. Termoskop diferensial digunakan dalam menyelidiki sifat pancaran diberbagai permukaan

Evaporasi

proses yg terjadi apabila jumlah molekul yg keluar dr permukaan lebih besar dp jumlah yg kembali ke permukaan air

Pendekatan Rekayasa Bangunan untuk Kenyamanan Termal

Ada tiga pendekatan tersebut meliputi tingkat dasar, yaitu rancangan bangunan dasar, tingkat dua, yaitu sistem pasif dan tingkat tiga, yaitu sistem mekanik.

Tingkat dasar merupakan pengendalian atau pendekatan rekayasa bangunan untuk termal dengan mendasarkan pada prinsip – prinsip perancangan dasar dengan melakukan olahan pada rekayasa komponen dasar bangunan. Konponen tersebut meliputi rekayasa dasar pada bukaan, bentuk massa, kulit bangunan termasuk material, tekstur, pembayangan dan rekayasa site.

Menurut Chaves dalam Digilib ITS (2012:6) menjelaskan bahwa elemen bangunan termasuk dinding, atap, lantai dan jendela merupakan elemen bangunan yang berinteraksi secara langsung dengan kondisi iklim luar dan memainkan peran yang sangat penting dalam menciptakan kondisi yang nyaman bagi penghuni bangunan. Begitu pula disampaikan oleh Szokolay (1987) yang menjelaskan bahwa material bangunan memiliki thermal properties yang beragam dan berpengaruh terhadap aliran panas pada bangunan. Konstruksi bangunan dan material selubung sangat menentukan level transmisi panas pada ruangan dan berpengaruh terhadap beban pendingin pada bangunan. Pada kondisi iklim tropis lembab, pemanasan bangunan dipengaruhi oleh penggunaan elemen-elemen bangunan. Semua elemen bangunan mempengaruhi pencapaian kenyamanan termal bangunan. Oleh karena itu pemilihan material bangunan yang sesuai dengan kondisi iklim yang spesifik adalah salah satu faktor penting pada bangunan (Santoso, 2007).

Pengolahan komponen dasar bangunan tersebut ditujukan untuk mencapai arahan pengendalian iklim ruang yang ditetapkan. Sebagai contoh, pada komponen bukaan, arahan desain bukaan diarahkan berdasarkan tingkat isolasi dan tingkat infiltrasi yang ditetapkan.

Metode penetapan arahan desain telah dikembangkan seperti yang telah dilakukan oleh Lippsmiere, Morris dan Markus, Mahoney dan Givoni serta Olgyay.

Lippsmeire, 1990 membagi dalam tiga tahap. Tahap tersebut meliputi tahap pengumpulan data dan penetapan fungsi, analisis dan penetapan keputusan. Analisis yang dikerjakan meliputi analisis diagram matahari dan analisis kenyamanan termal. Analisis diagram matahari ditujukan untuk menentukan posisi matahari dan sudut jatuh matahari serta orientasi radiasi matahari. Analisa kenyamanan termal ditujukan untuk mendapatkan rentang nyaman termal.

Berdasarkan hasil analisis kemudian ditetapkan rekomendasi arahan desain yang meliputi.

1. Arahan desain alamiah
 - Orientasi bangunan
 - Peneduhan
 - Ventilasi
 - Pelembaban atau pengeringan udara
 - Jenis konstruksi
 - Kualitas material dengan sifat termalnya
2. Arahan desain mekanis
 - Pengeringan
 - Pelembaban
 - Penyejukan
 - Penetapan sistem mekanis

Unsur dan Aspek Bukaannya

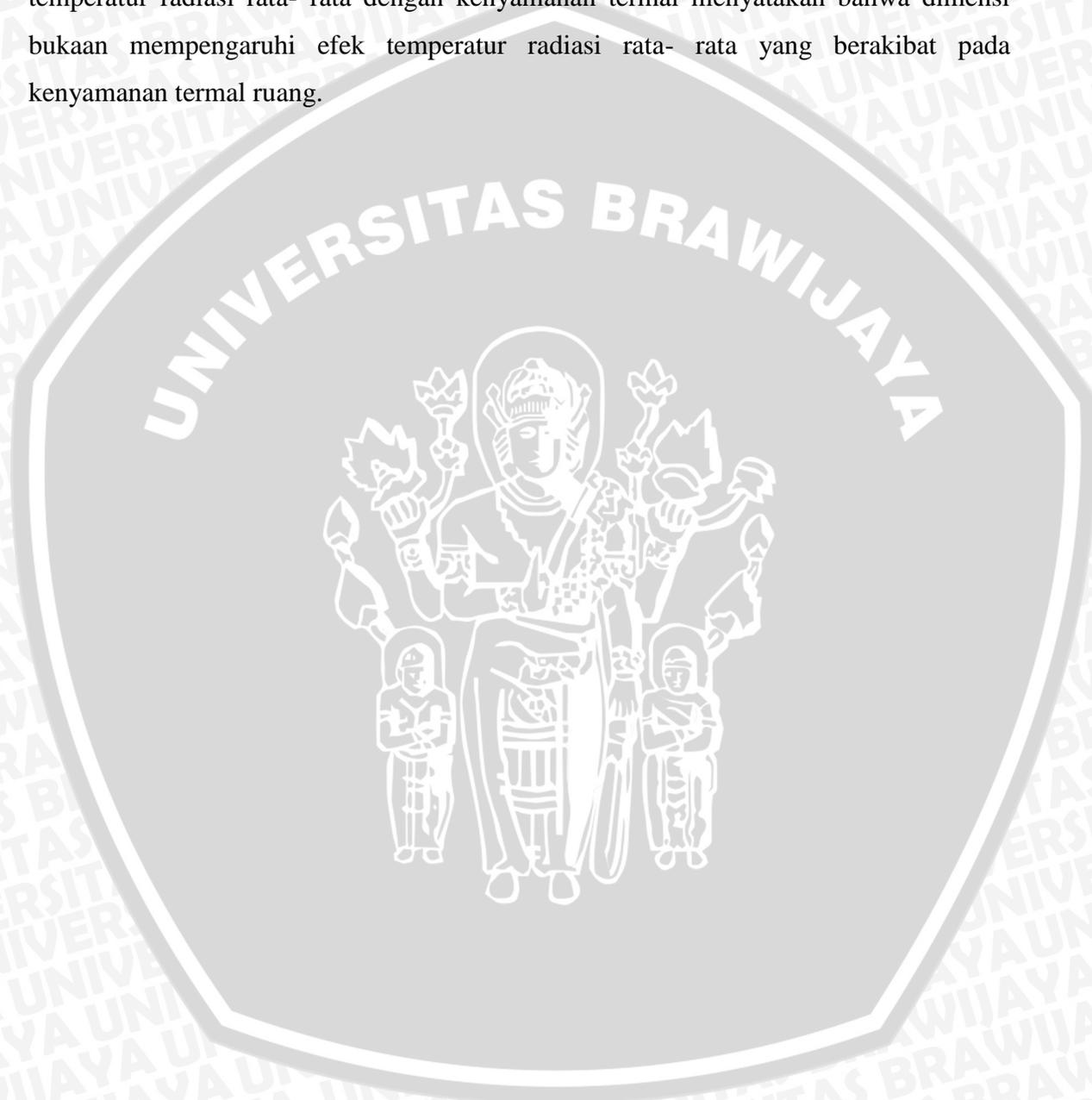
Dalam rekayasa bukaan, ada empat unsure bukaan yang harus diterapkan. Empat unsur tersebut adalah dimensi, orientasi, kedudukan dan elemen bangunan. Keempat unsur tersebut harus diterapkan berdasarkan dua aspek pertimbangan. Dua aspek tersebut adalah matahari dan angin.

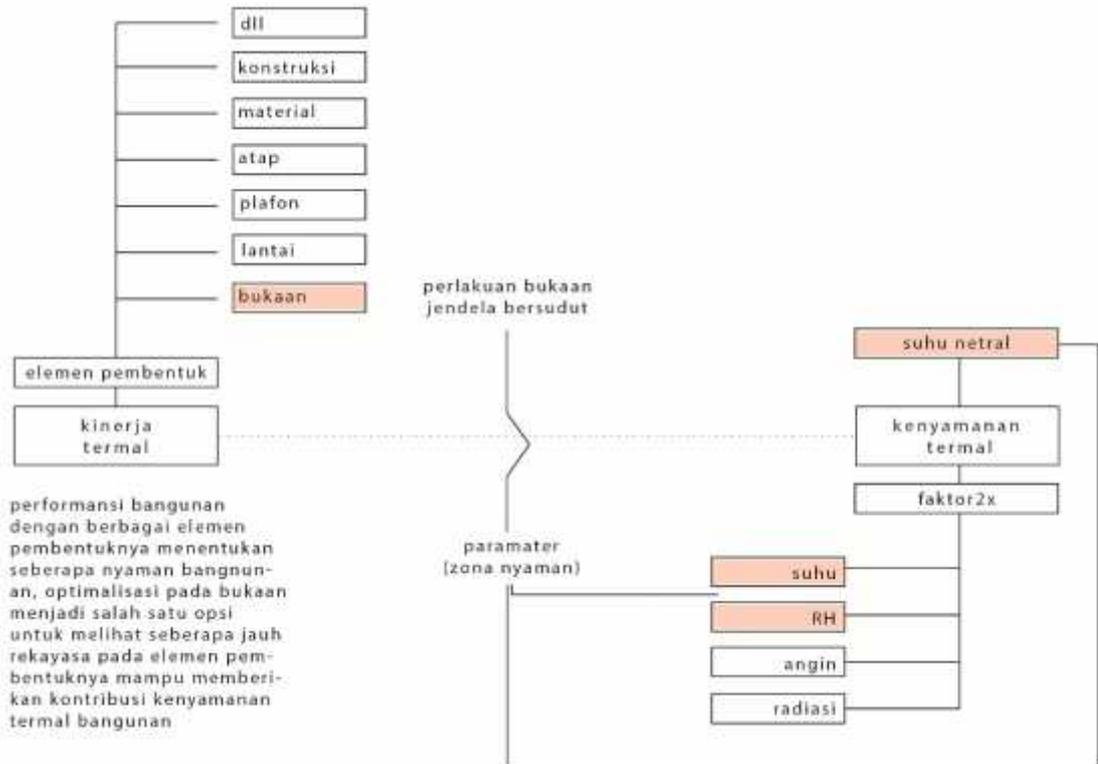
Dimensi

Dimensi adalah parameter yang memuat dua hal yaitu ukuran luas dan bentuk. Dimensi jendela $2 \times 2 \text{ m}^2$ menunjukkan bentuk bukaan bujursangkar dengan luas 4 m^2 . Dimensi bukaan dengan jari – jari 2m menunjukkan bahwa bentuk bukaan adalah lingkaran dengan luas 3.14 m^2 .

Bentuk bukaan dipadu dengan penempatan dalam bidang dinding nantinya akan menentukan kualitas dan distribusi cahaya matahari dan angin yang akan masuk pada ruangan. Luas bukaan akan menentukan kualitas besarnya cahaya matahari dan debit angin yang masuk kedalam ruangan.

Berdasarkan penelitian Guohou Gan, 2001, dalam penelitian tentang temperatur radiasi rata-rata dengan kenyamanan termal menyatakan bahwa dimensi bukaan mempengaruhi efek temperatur radiasi rata-rata yang berakibat pada kenyamanan termal ruang.





Gambar. Kerangka Literatur