

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Kecepatan dan Arah Angin

2.1.1 Tinjauan kecepatan dan arah angin di Indonesia

Secara geografis Indonesia berada dalam garis khatulistiwa sehingga beriklim tropis, namun tidak semua wilayah di Indonesia merupakan daerah tropis. Menurut pengukuran, suhu rata-rata yang dimiliki daerah beriklim tropis adalah 20°C namun suhu rata-rata di Indonesia umumnya dapat mencapai 35°C dengan tingkat kelembaban yang tinggi yaitu mencapai 60% - 90% (iklim tropis panas lembab). Kondisi ini akan kurang menguntungkan bagi manusia karena kondisi udara yang tidak nyaman yaitu kadang terlalu panas dan kadang terlalu dingin. Iklim serta angin suatu wilayah akan berubah dan berbeda akibat dari variasi bentuk permukaan bumi yaitu adanya lembah, perbukitan dan beberapa faktor lainnya (Frick et.al, 2008).

Angin di atas wilayah Perairan Indonesia, di Utara Khatulistiwa umumnya bertiup dari Barat Laut sampai Timur Laut dan di Selatan Khatulistiwa umumnya bertiup dari arah Timur sampai Barat Daya dengan kecepatan angin berkisar antara 3 sampai 25 knots (Sumber: http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/prc_pelayaran, 19 November 2013).

2.1.2 Tinjauan kecepatan dan arah angin di Tulungagung

Kabupaten Tulungagung beriklim tropis dan mempunyai curah hujan rata-rata pertahun kurang dari 2000 mm pertahun atau rata-rata sebesar 1.682 mm/tahun dengan bulan kering selama 6 bulan. Kabupaten Tulungagung terletak pada antara 111°43' - 112°07' Bujur Timur dan 7°51' - 8°18' Lintang Selatan sehingga beriklim tropis dengan suhu min 20 - 23°C dan suhu maksimal 32 - 33°C. Sedangkan kelembaban udara minimal 45 - 64% dan maksimal 89 - 98%. Kecepatan angin minimal berkisar antara 7 - 9,8 m/s dan kecepatan angin maksimum 9,8 - 12,6 m/s. Arah angin datang dalam 1 tahun pun beragam yaitu Barat-Barat Daya, Tenggara- Barat Daya - Barat, Tenggara - Selatan - Barat Daya, Tenggara - Selatan - Barat Daya - Selatan, Timur - Tenggara, Selatan - Barat Daya, dan Selatan - Barat Daya - Barat.

Tabel 2. 1 Data Kecepatan dan Arah Angin Kab. Tulungagung

Bulan	Kecepatan Min (m/s)	Kecepatan Max (m/s)	Arah
Januari	7	12,6	B- BD
Februari	8,4	12,6	TG-BD-B

Lanjutan tabel 2.1

Bulan	Kecepatan Min (m/s)	Kecepatan Max (m/s)	Arah
Maret	9,8	12,6	TG-S-BD
April	7	9,8	T-TG-BD-S
Mei	8,4	9,8	T-TG
Juni	8,4	9,8	T-TG
Juli	8,4	11,2	T-TG
Agustus	8,4	12,6	T-TG
September	7	11,2	T-TG
Oktober	7	11,2	TG-S
November	8,4	11,2	S-BD
Desember	9,8	11,2	S-BD-B

(Sumber BMKG Juanda Surabaya, 2014)

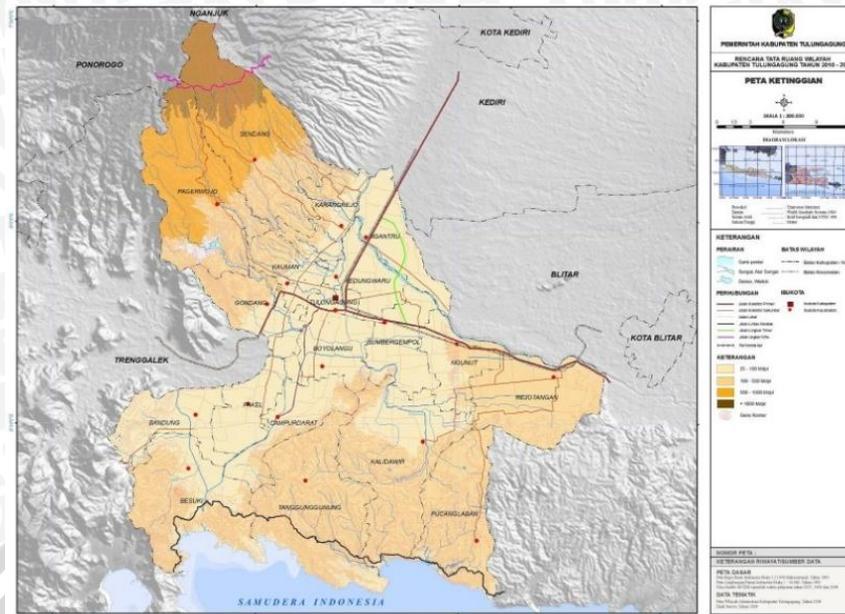
Dari data diatas diketahui kecepatan minimal (V_{min}) yang sering muncul adalah 8,4 m/s dan 11,2 m/s yang merupakan kecepatan angin maksimal (V_{max}). Sedangkan arah angin datang yang digunakan adalah timur-tenggara yang merupakan arah datang angin paling sering terjadi dalam satu tahun.

Kabupaten Tulungagung terletak pada ketinggian 87,5 m sampai lebih dari 1000 m diatas permukaan laut yang merupakan dataran yang dikelilingi oleh pegunungan tinggi. Kabupaten Tulungagung terbagi atas 4 tipe ketinggian yaitu:

Tabel 2. 2 Data Ketinggian Tanah Kab. Tulungagung

Ketinggian Tanah	Kecamatan
25-100 Mdpl	Bandung
	Besuki
	Boyolangu
	Campurdarat
	Gondang
	Kalidawir
	Karangrejo
100-500 Mdpl	Besuki
	Boyolangu
	Campurdarat
	Gondang
	Kalidawir
	Karangrejo
	Kauman
500-1000 Mdpl	Pagerwojo
	Sendang
>1000 Mdpl	Pagerwojo
	Sendang

(Sumber Bappeda Kab. Tulungagung)



Gambar 2.1 Peta ketinggian Kab. Tulungagung.
(Sumber Bappeda Kab. Tulungagung)

2.2 Sistem Penghawaan dan Ventilasi Alami

2.2.1 Pengertian sistem penghawaan dan ventilasi alami

Menurut Allard dalam Silvia (1998, 203) Sistem penghawaan alami merupakan kriteria utama untuk mencapai kenyamanan thermal pengguna bangunan dengan memaksimalkan kecepatan angin, serta memperhatikan pergerakan aliran angin yang juga melihat pengaruh lingkungan dan bangunan sekitar terhadap aliran angin tersebut.

Menurut Satwiko (2004, 1) ventilasi alami adalah pergantian udara secara alami dengan elemen bukaan-bukaan permanen, jendela, pintu, void, dan semua bukaan yang menghubungkan ruangan pada ruangan lain ataupun langsung ke area luar.

Menurut Willis (1995, 16) beberapa fungsi dari ventilasi adalah sebagai berikut:

1. Fungsi kesehatan: pernafasan, menghindari bau dan menghapus polutan di dalam ruang.
2. Fungsi pendinginan: menghapus panas yang dihasilkan di dalam ruang baik yang terjadi pada siang hari ataupun malam hari.
3. Fungsi kenyamanan: menyediakan pergerakan udara untuk meningkatkan pendinginan di dalam ruang.

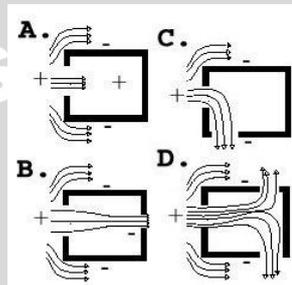
Menurut Brown (1990, 138) selain untuk mengeluarkan udara panas di dalam ruang ventilasi juga berfungsi mempengaruhi penyejukan kearah manusia di dalam ruang.

2.2.2 Macam sistem ventilasi

Menurut Frick *et al*, (2008, 89), ventilasi bangunan dapat dibagi menjadi dua macam ialah :

A. Ventilasi silang

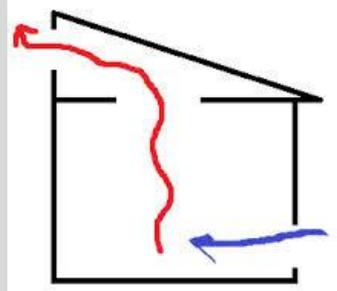
Bukaan pada dinding diperlukan untuk mengatur aliran udara dan penyegaran di dalam ruang agar pergerakan udara tidak terlalu keras ataupun terbatas. Pergerakan udara sebaiknya selalu diarahkan ke ruang yang dihuni manusia saat duduk, berdiri ataupun berbaring saat tidur agar ventilasi memenuhi kebutuhannya.



Gambar 2.2 Ventilasi silang.

B. Ventilasi vertikal

Ruang yang menggunakan ventilasi vertikal, udara hangat akan naik dan keluar melalui bukaan yang terdapat pada puncak ruangan dan digantikan oleh udara sejuk yang masuk dari bukaan yang terletak pada sisi bawah ruangan. Udara yang masuk ke dalam ruang akan membawa udara panas di dalam keluar.



Gambar 2.3 Ventilasi vertikal.

2.3 Aliran Udara yang Melalui Bangunan

2.3.1 Kondisi tapak

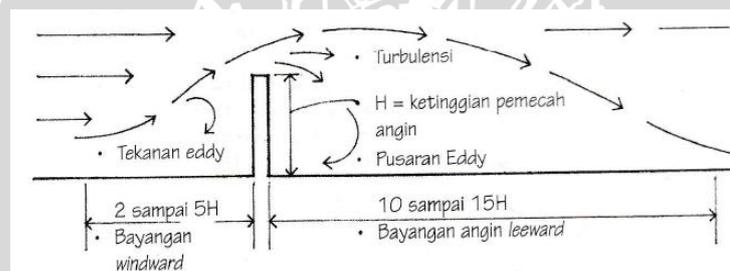
Menurut Mediastika (2002,77) beberapa aspek luar bangunan meliputi arah aliran udara dan kecepatan angin serta jarak dan ketinggian bangunan di sekitarnya.

Selain itu menurut Lechner (2007, 297) bangunan, tembok dan vegetasi akan mempengaruhi besar dan arah aliran udara yang masuk ke dalam bangunan.

Area yang mendapatkan paparan angin dari arah angin bertiup pada suatu bangunan akan tercipta tekanan positif, sedangkan sisi yang terhindar dari angin akan bertekanan negatif. Udara juga akan dibelokkan ke sekitar bagian tersebut yang secara umum juga akan meniptakan tekanan negatif. Kemudian, tipe tekanan yang tercipta pada bagian atas bangunan bergantung pada faktor landainya atap itu sendiri. Semakin landai atap bangunan maka akan menciptakan lebih banyak tekanan negatif di bagian-bagian bangunan. Area-area tekanan di sekitar bangunan ini akan menentukan bagaimana udara mengalir melalui bangunan tersebut (bergolak dan perpusar).

A. Tembok dan pagar

Pagar pada dasarnya merupakan pelindung buatan manusia yang berguna untuk meningkatkan keamanan, penghalang, batasan area, dan perpindahan udara sekeliling bangunan.

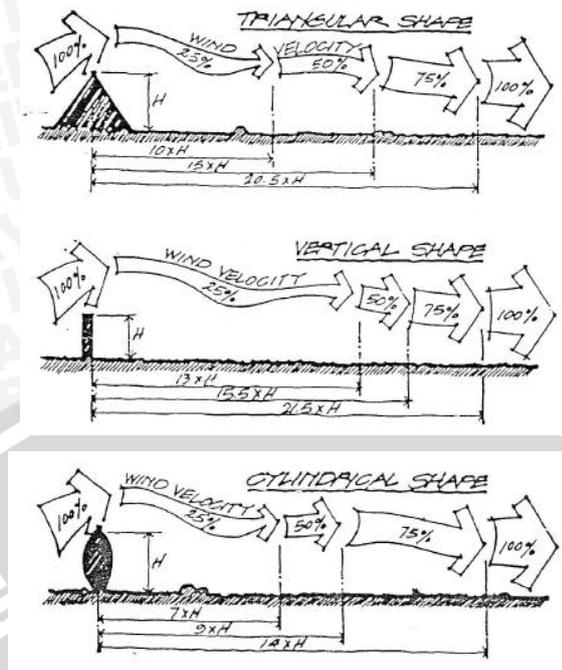


Gambar 2. 4 *Windward dan leeward.*

(Sumber: Robinette 1983, 33)

Pagar dapat mempengaruhi kondisi dari area yang dia batasi, bisa jadi area yang damai, dll, juga bisa mempengaruhi pergerakan udara yang terjadi. Efek tersebut diperlukan atau tidak dalam suatu bangunan, maka lokasi dan desain dari pagar itu harus disesuaikan dengan efek dari perpindahan udara yang diinginkan.

Hambatan berupa tembok akan mempengaruhi kecepatan angin dan aliran udara yang menerpa bangunan.



Gambar 2.5 Pengaruh tinggi penghalang (bidang) terhadap kecepatan angin.

(Sumber: Robinette 1983, 33)

B. Vegetasi

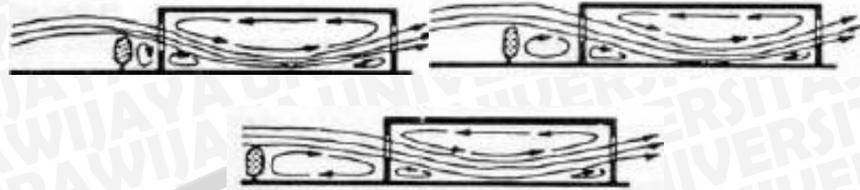
Penempatan vegetasi dapat digunakan untuk mengatur arah aliran udara dan memodifikasi aliran udara yang masuk ke dalam bangunan. Vegetasi di dekat *outlet* tidak banyak mempengaruhi aliran udara. Vegetasi dapat digunakan untuk menyaring, mengarahkan, menghalangi dan membelokkan aliran udara yang akan masuk ke dalam bangunan. Perubahan ini diakibatkan oleh mengembangkannya area yang bertekanan positif ataupun negative sehingga menghasilkan pola aliran udara yang baru.

Menurut Robinette, beberapa jenis vegetasi yang berupa tanaman pohon, tanaman belukar dan tanaman pagar dengan ketinggian 1-1,5 meter dan penempatannya terhadap *inlet* akan mempengaruhi alirannya ke dalam ruangan.

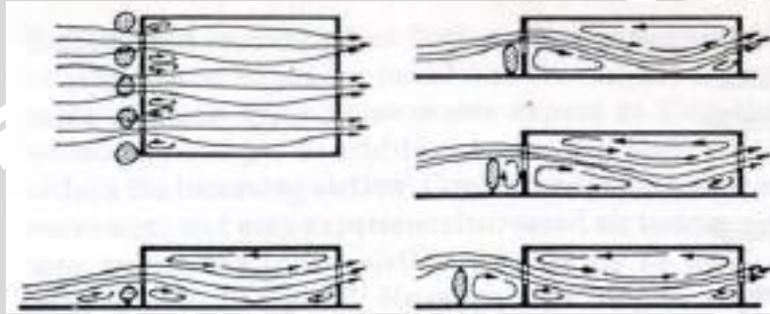
Tabel 2. 3 Jenis Vegetasi dan Pengaruhnya terhadap Aliran Udara

Jenis vegetasi	Pengaruh terhadap aliran udara
Tanaman belukar (\pm 1 meter)	Jarak tanaman belukar yang bervariasi akan tetap menghasilkan aliran udara yang cenderung masuk ke dalam ruang dengan arah ke bawah.

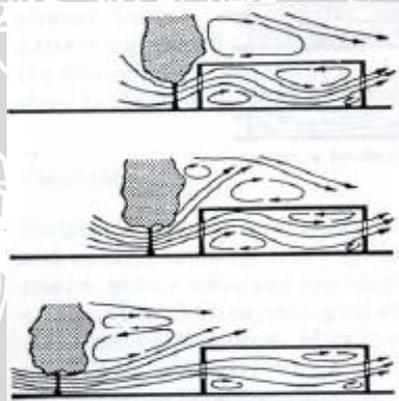
Tanaman belukar ($\pm 1,5$ meter) Posisi tanaman belukar sebaiknya tidak diletakkan tepat di depan *inlet*. Posisinya terhadap tanaman dan bangunan sebaiknya diberikan jarak yang bervariasi namun aliran udara akan tetap cenderung masuk ke dalam ruang dengan arah ke bawah.



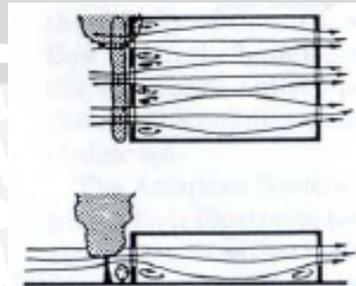
Tanaman pagar (± 1 dan $\pm 1,5$ meter) Jarak tanaman pagar yang berada tepat di depan *inlet* akan tetap menghasilkan aliran udara yang cenderung masuk ke dalam ruang dengan arah ke bawah.



Tanaman pohon Jarak yang bervariasi antara tanaman pohon dari bangunan akan menyebabkan eddy pada area di belakang pohon dan aliran udara yang masuk ke dalam bangunan cenderung ke atas yang kemudian ke bawah dan keluar melalui *outlet*.

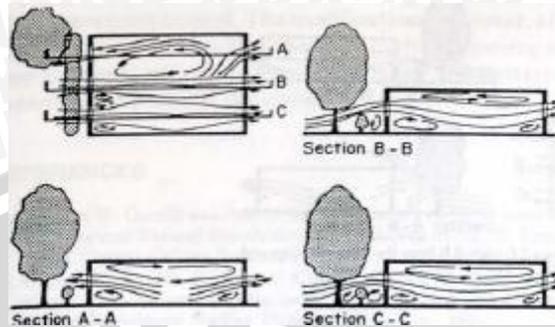


Tanaman belukar (< 1 meter) dan tanaman pohon 1. Tanaman belukar berada pada jarak 1 meter dari *inlet* dan tanaman pohon berada pada jarak 1,5 meter dari bangunan tidak memberikan banyak pengaruh terhadap aliran udara yang terjadi di dalam ruang.



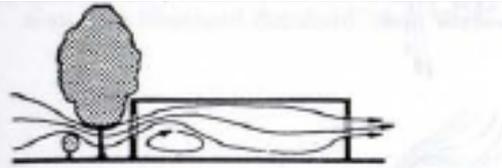
Lanjutan tabel 2.3

Jenis vegetasi	Pengaruh terhadap aliran udara
	2. Tanaman belukar dengan jarak 1,5 meter dari <i>inlet</i> dan tanaman pohon dengan jarak 3 meter dari bangunan maka diketahui bahwa aliran udara masuk ke dalam ruang dan beberapa eddy terjadi pada di dalam ruang.

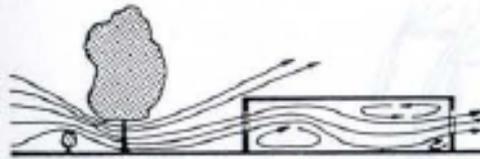


3. Tanaman pohon berada pada jarak 1,5 meter dari bangunan dan tanaman belukar pada jarak 3 meter dari *inlet* maka aliran udara masuk ke dalam ruang dan eddy hanya terjadi pada sisi belakang *inlet*.

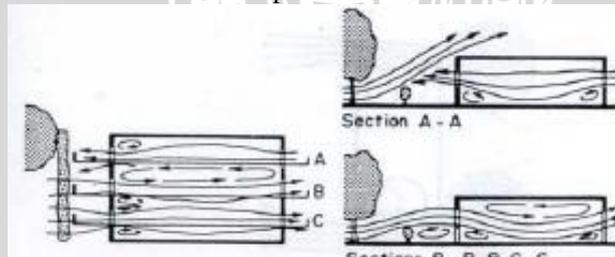
Tanaman belukar (< 1 meter) dan tanaman pohon



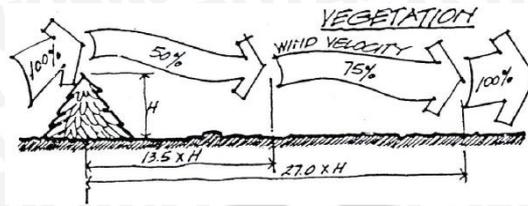
4. Tanaman pohon berada pada jarak 9 meter dari bangunan dan tanaman belukar pada jarak 6 meter dari *inlet* maka diketahui bahwa aliran udara masuk ke dalam ruang dan beberapa eddy terjadi pada di dalam ruang.



5. Tanaman belukar berada pada jarak 3 meter dari *inlet* dan tanaman pohon berada pada jarak 6 meter dari bangunan maka yang terjadi adalah aliran udara masuk ke dalam ruang dan eddy terjadi pada sisi ruang yang terhalang tanaman belukar dan pohon.



Hambatan berupa vegetasi akan mempengaruhi kecepatan angin dan aliran udara yang menerpa bangunan.



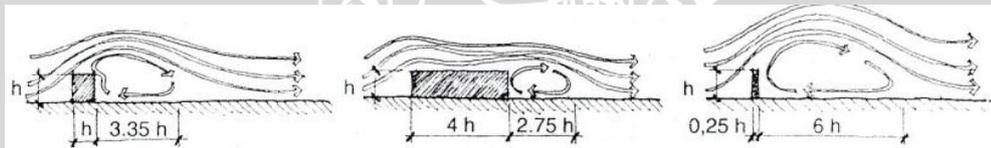
Gambar 2.6 Pengaruh tinggi penghalang vegetasi terhadap kecepatan angin.

(Sumber: Robinette 1983, 33)

Dari beberapa variasi penempatan vegetasi maka diketahui bahwa tanaman belukar dengan ketinggian lebih rendah dari *inlet* tidak akan banyak mempengaruhi aliran udara yang masuk ke dalam ruang. Aliran udara maksimal masuk ke dalam ruang dengan kondisi tanaman belukar dengan terletak pada jarak 1 meter dari *inlet* dan tanaman pohon terletak pada jarak 1,5 meter dari bangunan untuk mengurangi potensi terjadinya eddy di dalam ruang.

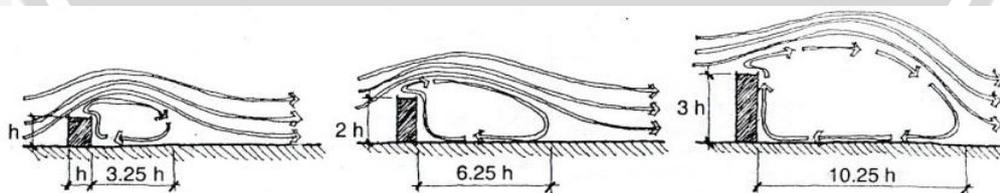
C. Bangunan

Bangunan sekitar dapat menimbulkan perputaran angin ke arah vertikal (menggulung) atau turbulensi. Namun turbulensi juga mampu diakibatkan oleh gerak laju udara yang tidak stabil serta makin menghilang di lapisan udara yang tinggi.



Gambar 2.5 Pengaruh lebar gedung terhadap sisi gedung yang tidak terkena angin.

(Sumber: Mangunwijaya, 1988:148)



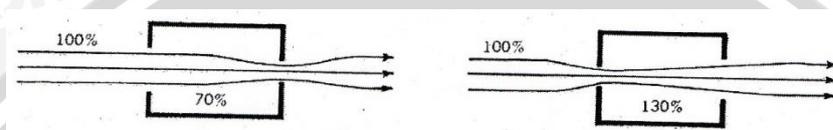
Gambar 2.6 Pengaruh tinggi gedung terhadap sisi gedung yang tidak terkena angin.

(Sumber: Mangunwijaya, 1988:148)

2.3.2 Buka-an

A. Luas dan posisi jendela

Secara umum ukuran *inlet* dan *outlet* harus sama. Namun jika lubang *inlet* dapat dibuat lebih kecil karena akan memaksimalkan kecepatan arus udara ruang dalam, dimana kecepatan memiliki efek terbesar pada teknik yang aman. Lubang *inlet* tidak hanya menentukan kecepatan namun juga menentukan pola aliran udara, dan lokasi lubang *outlet* mempunyai efek yang kecil pada faktor kecepatan udara dan pola-aliran. (Norbert Lechner. *Heating, Cooling, Lighting*. 2007:298)



Gambar 2. 7 Pengaruh luas *inlet*- *outlet* terhadap kecepatan angin.

(Sumber: Norbert Lechner. *Heating, Cooling, Lighting*. 2007:302)

SNI mengenai tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, rumah produksi batik termasuk dalam klasifikasi bangunan kelas 8 yaitu bangunan industri/pabrik. Persyaratan ventilasi untuk bangunan kelas 8 ini yaitu jendela, bukaan, pintu dan sarana lain dengan luas ventilasi tidak kurang dari 10% dari luas lantai yang diukur tidak lebih dari 3,6 meter di atas lantai. Sedangkan untuk ruang yang bersebelahan harus memiliki jendela, bukaan, pintu dan sarana lain dengan luas ventilasi tidak kurang dari 10% dari luas lantai dari kombinasi kedua ruangnya.

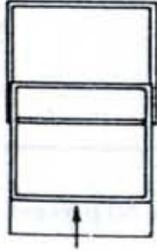
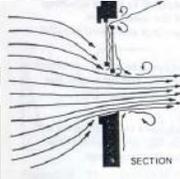
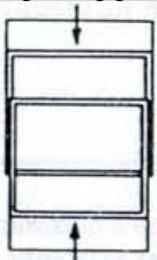
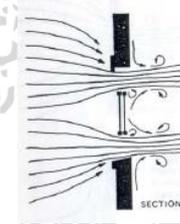
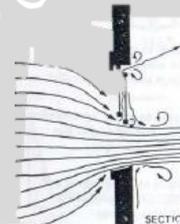
Menurut Evans (1981) aliran udara harus melewati zona nyaman apabila ventilasi berfungsi untuk memberikan efek dingin kepada manusia. Selain itu Mediastika juga menyebutkan bahwa posisi bukaan sebaiknya di letakkan pada posisi manusia saat melakukan aktivitasnya.

B. Jenis jendela

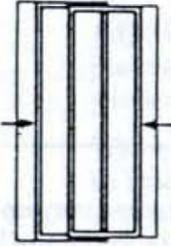
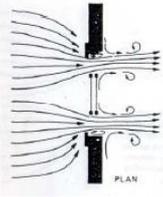
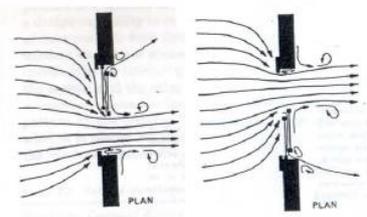
Menurut Boutet (1995, 93-117) jenis jendela diklasifikasikan menjadi 3 jenis jendela utama, yaitu jendela sederhana, jendela dengan daun vertikal, dan jendela dengan daun horizontal.

Pada umumnya jendela sederhana tidak banyak mempengaruhi pola serta kecepatan alirannya karena aliran udara yang masuk melalui bukaan akan memiliki arah yang sama dengan arah datang aliran udara dari luar bangunan. Pada klasifikasinya jendela sederhana dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

Tabel 2. 4 Jenis dan Fungsi Jendela

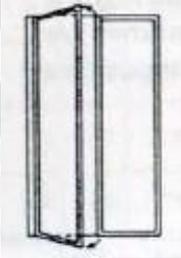
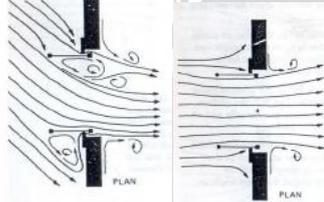
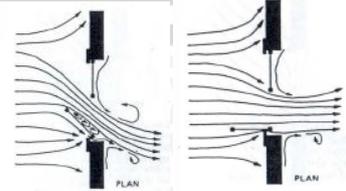
Jenis jendela	Fungsi
<p>Jendela gantung tunggal</p> 	<p>Ketika daun jendela terbuka penuh maka aliran udara mengalir masuk ke dalam ruang pada area nyaman manusia.</p> 
<p>Jendela gantung ganda</p> 	<p>Ketika kedua daun jendela dikondisikan untuk membuat bukaan di atas dan di bawah jendela maka aliran udara masuk ke kedua bukaan tersebut dan melaju pada posisi sejajar satu sama lainnya.</p> 
<p>Jendela teratas</p> 	<p>Ketika daun jendela teratas dibuka penuh maka aliran udara yang keras akan masuk ke dalam ruang untuk memenuhi kenyamanan.</p> 

Lanjutan tabel 2.4

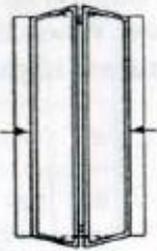
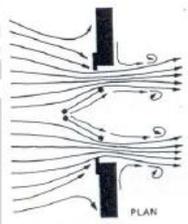
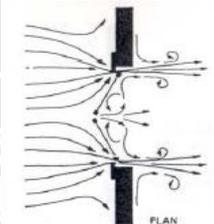
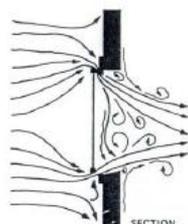
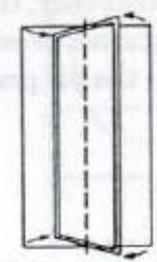
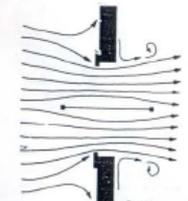
Jenis jendela	Fungsi
Jendela geser horizontal	Ketika daun jendela terbuka penuh maka aliran udara yang masuk ke dalam ruangan cenderung sama pada kedua bagian yang terbuka.
	
Penyesuaian daun jendela akan menentukan penempatan aliran udara yang akan masuk dari salah satu bagian jendela ke bagian jendela lain.	
	

Sedangkan jendela dengan daun vertikal akan mengatur aliran udara dan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam ruang. Desain jenis bukaan vertikal memiliki kemampuan untuk mengontrol pola aliran udara horizontal.

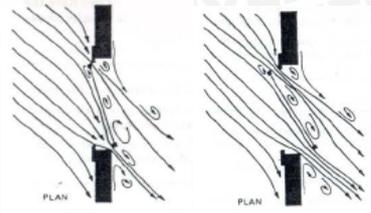
Tabel 2. 5 Jenis dan Fungsi Jendela

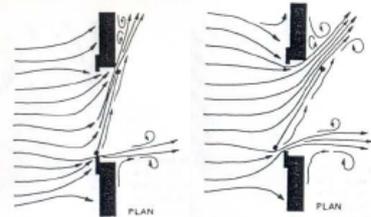
Jenis jendela	Fungsi
Jendela gantung samping	Ketika aliran udara 45° dan 90° terhadap bidang jendela dan kedua daun jendela dibuka 90° maka aliran udara yang masuk sama dengan sudut daun jendela yang dibuka.
	
Ketika aliran udara 90° terhadap bidang jendela, satu daun jendela tertutup dan yang lainnya terbuka 30° dan 90° menyebabkan arah aliran udara ke dalam ruang sesuai sudut daun jendela yang terbuka.	
	
Ketika aliran udara 45° terhadap bidang jendela, satu daun jendela tertutup dan yang lainnya terbuka 30° dan 90° menyebabkan arah aliran udara ke dalam ruang sesuai arah aliran udara dari luar bangunan.	

Lanjutan tabel 2.5

Jenis jendela	Fungsi
Jendela gantung lipat	Ketika jendela terbuka penuh aliran udara melewati sepanjang sisi dari jendela ke dalam ruang.
	
Jendela lipatan	Ketika jendela lipatan terbuka sebesar 30°, meskipun kebanyakan aliran udara terjadi di sisi-sisi jendela, beberapa pergolakan udara terjadi di pusat bukaan.
	
Jendela lipatan	Ketika jendela lipatan terbuka sebesar 30° aliran udara akan berbentuk aliran segitiga.
	
Jendela putar vertikal	Ketika jendela putar vertikal terbuka penuh maka daun jendela akan mengalihkan sudut aliran udara luar menjadi aliran udara yang tegak lurus.
	

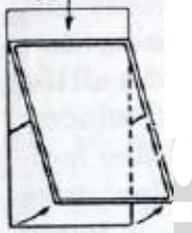
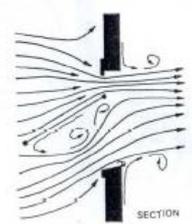
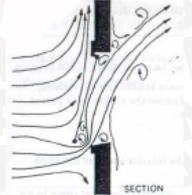
Lanjutan tabel 2.5

Jenis jendela	Fungsi
	<p>Ketika aliran udara 45° terhadap bidang jendela maka jendela putar vertikal terbuka 30°, daun jendela akan memperkuat arah aliran udara luar masuk ke dalam ruang.</p> 

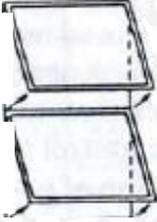
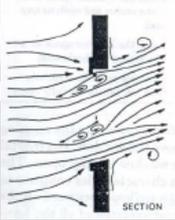
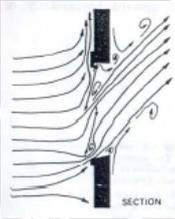
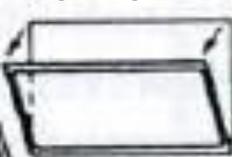
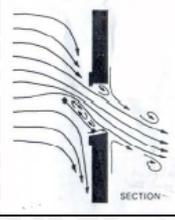
	<p>Ketika aliran udara 90° terhadap bidang jendela maka jendela putar vertikal terbuka 30°, arah aliran udara yang masuk kira-kira sama dengan sudut daun jendela.</p> 
--	--

Jendela dengan daun jendela yang terpasang secara horizontal mempengaruhi kecepatan dan pola pergerakan udara, meskipun fleksibilitas mereka terbatas. Mereka memiliki karakteristik mengarahkan pergerakan udara ke atas, yang biasanya di atas.

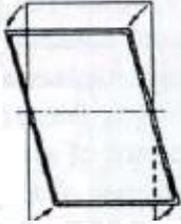
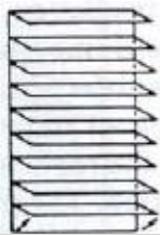
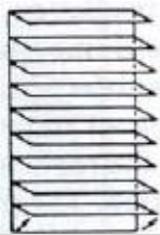
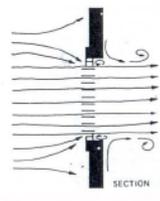
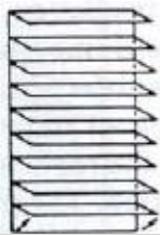
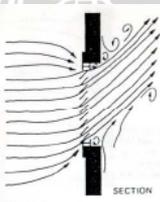
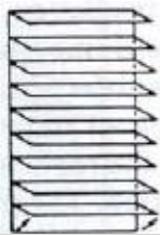
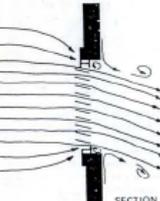
Tabel 2. 6 Jenis dan Fungsi Jendela

Jenis jendela	Fungsi
<p>Jendela maju dan keluar</p> 	<p>Aliran udara akan masuk secara horizontal hanya pada saat daun jendela terbuka penuh.</p> 
	<p>Ketika daun jendela sedikit terbuka maka aliran udara masuk ke arah atas dengan sudut yang sama dengan sudut daun jendela yang terbuka.</p> 

Lanjutan tabel 2.6

Jenis jendela	Fungsi
<p data-bbox="277 304 421 331">Jendela kerai</p> 	<p data-bbox="635 333 1398 398">Aliran udara akan masuk cenderung horizontal saat daun jendela terbuka penuh.</p> 
<p data-bbox="277 1016 469 1043">Jendela basement</p> 	<p data-bbox="635 703 1398 768">Ketika daun jendela sedikit terbuka maka aliran udara masuk kearah atas dengan sudut yang sama dengan sudut daun jendela yang terbuka.</p> 
<p data-bbox="277 1697 528 1724">Jendela gantung bawah</p> 	<p data-bbox="635 1048 1398 1113">Saat daun jendela terbuka penuh maka aliran udara akan sepenuhnya masuk ke dalam ruang dan mengarah keatas.</p> 
	<p data-bbox="635 1391 1398 1456">Ketika daun jendela sedikit terbuka maka aliran udara masuk kearah atas dengan sudut yang sama dengan sudut daun jendela yang terbuka.</p> 
	<p data-bbox="635 1733 1398 1798">Saat daun jendela terbuka penuh maka aliran udara akan sepenuhnya masuk ke dalam ruang dan mengarah ke bawah.</p> 

Lanjutan tabel 2.6

Jenis jendela	Fungsi
<p>Jendela putar horizontal</p> 	<p>Saat daun jendela terbuka penuh maka aliran udara akan sepenuhnya masuk ke dalam ruang dan mengarah ke atas/bawah.</p> 
<p>Jendela jalusi</p> 	<p>Ketika daun jendela sedikit terbuka maka aliran udara masuk ke arah atas/bawah dengan sudut yang sama dengan sudut daun jendela yang terbuka.</p> 
<p>Jendela jalusi</p> 	<p>Aliran udara secara laminar dan stabil saat melewati sirip-sirip jendela. Aliran udara akan masuk secara horizontal pada saat sirip-sirip jendela terbuka penuh.</p> 
<p>Jendela jalusi</p> 	<p>Ketika sirip-sirip jendela sedikit terbuka dengan sudut kurang dari 90° maka aliran udara masuk ke arah atas dengan sudut yang sama dengan sudut sirip-sirip jendela yang terbuka.</p> 
<p>Jendela jalusi</p> 	<p>Ketika sirip-sirip jendela sedikit terbuka dengan sudut lebih dari 90° maka aliran udara masuk ke arah bawah dengan sudut yang sama dengan sirip-sirip daun jendela yang terbuka.</p> 

Dari ketiga klasifikasi jenis jendela utama diketahui bahwa dengan arah aliran udara yang diagonal, daun jendela vertikal tidak mempengaruhi aliran udara ke dalam ruang karena aliran udara yang masuk cenderung sama dengan arah aliran udara dari luar bangunan. Jenis jendela dengan daun jendela horizontal lebih efektif karena mampu dikondisikan untuk mengalirkan udara secara vertikal (atas-bawah) dan horizontal ke dalam ruang. Khususnya jendela jalusi dapat memasukkan aliran udara secara laminar dan stabil daripada jenis jendela yang lainnya.

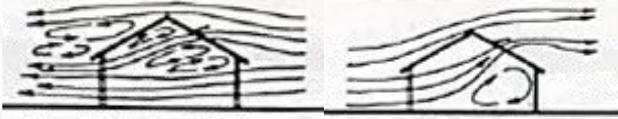
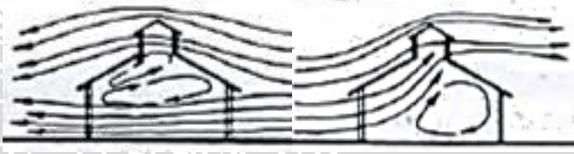
C. Pintu

(Boutet, 1987) Pintu membuat cahaya dan udara memasuki ruangan dari ruang yang berdekatan. Desain pintu bagian luar memerlukan pertimbangan beberapa aspek, seperti ketahanan cuaca, daya tahan panas matahari yang baik, kekuatan struktur, kemampuan kedap udara yang baik, isolasi yang bagus, pengoperasian yang mudah, dan pengendalian perpindahan udara yang baik. Sedangkan desain dari pintu bagian dalam tidak mempertimbangkan aspek-aspek seluas desain pintu bagian luar. Desain pintu bagian dalam hanya mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, konstruksi yang tahan lama, pengoperasian yang mudah, dan pengendalian perpindahan udara yang baik. Pintu yang biasa digunakan untuk tempat tinggal atau kediaman dibagi menjadi enam tipe berdasarkan *manner of opening*, yaitu tipe *single door*, *double door*, *bifold door*, *folding door*, *sliding door*, dan *garage door*, yang kemudian dibagi menjadi kondisi *inswinging* dan *outswinging*. Pintu-pintu yang digunakan untuk tempat tinggal atau kediaman tersedia dalam banyak tipe, gaya, dan pengoperasian. Salah satu tipe pintu bahkan memiliki banyak variasi peletakan yang mana dapat mengubah perpindahan udara dalam berbagai perbedaan cara dalam setiap posisi baru.

D. Jenis jendela atap

Kegunaan dari jendela atap adalah mengeluarkan kelebihan panas dari kediaman atau tempat tinggal. Ketika udara panas, udara akan naik dan berkumpul di bawah langit-langit dari bangunan. Sebuah bukaan pada atap atau bagian atas dari dinding membuat udara panas keluar dan udara dingin masuk. Sebuah kipas bisa saja ditambahkan pada bukaan untuk meningkatkan pelepasan panas. Aliran udara yang dihasilkan akan menggabungkan kekuatan perbedaan tekanan dan daya apung, yang mungkin lebih efektif dalam pergerakan udara daripada ventilasi silang sederhana. Jenis bukaan pada atap adalah jendela loteng, jendela pada atap, *clerestory*, dan *belvedere*.

Tabel 2. 7 Jenis dan Fungsi Jendela Atap

Jenis jendela	Fungsi
Skylight	
Dormers	
Clerestories (<i>inlet</i>)	
Belvederes (<i>inlet</i>)	
	<p style="text-align: center;"><i>Inlet</i> <i>Outlet</i></p>

1. Biasanya terletak di tengah-tengah kemiringan bangunan atap pelana (Sumber: Francis Allard, *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*, 2002)

Inlet Outlet

2. Ukuran bukaan pada jendela atap ini lebih kecil daripada jenis skylight sehingga aliran udara yang masuk ke dalam ruang lebih kecil dan proses pembuatan lebih mahal karena membutuhkan tambahan bahan untuk sisi sampingnya. (<http://www.doityourself.com/stry/dormer-window-vs-skylight-which-is-less-likely-to-leak>)

Dari fungsi jendela atap sebagai *inlet* maka akan membantu meningkatkan kecepatan angin di dalam ruang saat dinding di area penghuni yang sudah berfungsi sebagai *inlet* dan sebagian juga berfungsi sebagai *outlet*. Sedangkan fungsi jendela atap sebagai *outlet* maka akan mempercepat proses keluarnya aliran udara panas dari dalam ruang. Jenis jendela atap skylight dapat digunakan sebagai *inlet* dan *outlet* karena dapat diletakkan pada sisi atap yang dikehendaki yaitu berada pada area yang bertekanan positif dan lebih mengisi ruang saat *inlet* pada area aktivitas juga mengalirkan udara selain itu juga lebih fleksibel dan dapat diletakkan pada sisi atap yang dikehendaki sehingga aliran udara panas langsung keluar bangunan tanpa mengalir ke area lainnya.

2.4 Kriteria Kenyamanan berdasarkan Suhu dan Kecepatan Angin

(Szokolay, 1973) Kenyamanan termal merupakan proses yang melibatkan proses fisik fisiologis dan psikologis. Kenyamanan termal adalah kondisi pikir seseorang yang mengekspresikan kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya. Variabel fisik kenyamanan termal dan pemaknaan istilah-istilah kenyamanan termal ruang meliputi suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban udara, dan pergerakan udara atau angin.

(Crichton dan Nicol, 2004) Kenyamanan ventilasi adalah ventilasi yang menghasilkan kenyamanan rata-rata dari manusia, terutama pada siang hari. Nilai ambang maksimum suhu untuk kenyamanan ventilasi adalah 28-32°C dengan kecepatan angin di dalam ruang 1,5-2,0 m/s yang tergantung dari kebutuhan kenyamanan pengguna bangunan.

(Frick, Adriyanto, & Parmawan, 2008) Pada umumnya, suatu bangunan dianggap nyaman apabila mampu memuaskan 80% dari keinginan penghuni untuk 90% rentang waktu mereka berada di dalamnya. Kemudian sebaiknya pergerakan udara selalu diarahkan ke dalam ruangan yang dihuni baik berdiri maupun dalam kondisi duduk atau berbaring agar ventilasi memenuhi kebutuhan. Berikut adalah tabel kecepatan angin dan pengaruhnya terhadap kenyamanan (tabel 2.8)

Tabel 2. 8 Kecepatan Angin dan Pengaruhnya

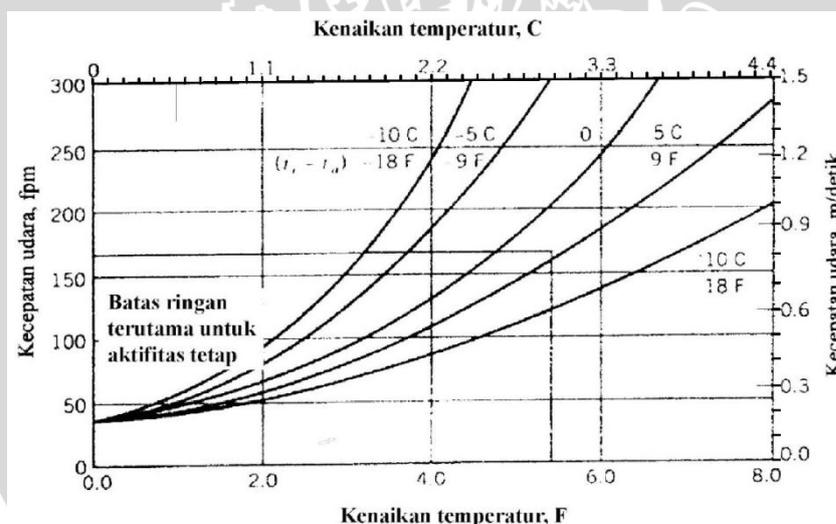
Kecepatan angin	Pengaruh terhadap kenyamanan	Efek penyegaran (pada suhu 30°)
< 0,25 m per detik	Tidak dapat dirasakan	0°C
0,25 – 0,5 m per detik	Paling nyaman	0,5 – 0,7°C
0,5 – 1 m per detik	Nyaman, tetapi pergerakan udara dapat dirasakan	1 – 1,2°C
1 – 1,5 m per detik	Kecepatan maksimal	1,7 – 2,2°C
1,5 – 2 m per detik	Kurang nyaman, berangin	2 – 2,3°C
> 2 m per detik	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2,3 – 4,2°C

(Amin, Danusputra, & Prianto, 2004) Teori Fanger menyimpulkan bahwa tidak ada pengaruh signifikan dalam persepsi kenyamanan seseorang terkait dengan aktivitas yang dikerjakan. Dari in dapat disimpulkan bahwa manusia akan merasakan sensai suhu (termal) yang sama apabila berada pada ruang dan aktivitas yang sama meskipun berada di tempat yang berbeda.

(Talarosha, 2005) dan Idealistina (1991) menyatakan bahwa produktivitas manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Produktivitas kerja manusia meningkat pada kondisi suhu yang nyaman.

(SNI 03-6572, 2001) Dalam kriteria kenyamanan terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal manusia, diantaranya adalah:

1. Temperatur udara kering
 - a. Temperatur udara kering memiliki pengaruh yang besar terhadap besar kecilnya faktor yang dilepas melalui penguapan dan melalui konveksi.
 - b. Daerah kenyamanan termal untuk daerah beriklim tropis dapat dibagi menjadi:
 - Sejuk nyaman ($20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$)
 - Nyaman optimal ($22,8^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$)
 - Hangat nyaman ($25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$)
2. Kecepatan udara
 - a. Untuk mempertahankan kenyamanan, kecepatan udara di atas kepala tidak boleh melebihi dari 0,25 m/detik dan sebaiknya kurang dari 0,15 m/detik.
 - b. Kecepatan udara tersebut dapat lebih dari 0,15 m/detik bergantung pada temperatur udara kering rancangan (gambar 2.)



Gambar 2. 8 Gambar perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi.

Sumber: SNI 03-6572, 2001

Grafik diatas menunjukkan kebutuhan kenaikan kecepatan udara untuk membuat kenaikan temperatur udara kering agar tingkat kenyamannya tetap terjaga.

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan panas akan sangat mungkin terjadi pada ruang produksi batik akibat aktivitas nglorod batik dan mengeringkan pola batik printing dengan kompor pemanas pada suhu pemanasan yang mencapai 80°C .

(Sopiana, 2015) Perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara 2 bagian. Perpindahan panas ini akan terjadi dari suhu yang tinggi ke bagian yang bersuhu rendah. Terdapat tiga macam perpindahan panas, yaitu: konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas melalui konduksi dan konveksi terjadi pada material padat dan cair. Sementara perpindahan panas melalui radiasi terjadi pada ruang hampa.

1. Konduksi

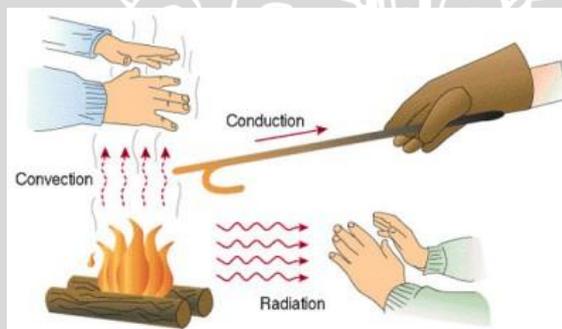
Konduksi merupakan perpindahan panas tanpa diikuti perubahan partikel di dalam benda tersebut, namun hanya pergeseran partikelnya saja. Sehingga energi panas yang diterima benda tersebut akan menyebar rata ke seluruh permukaan benda. Pada umumnya proses perpindahan panas ini terjadi pada benda padat.

2. Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas melalui suatu zat diikuti dengan perubahan partikel-partikel zat yang dilaluinya. Perpindahan panas secara konveksi ini biasanya terjadi pada zat cair dan gas.

3. Radiasi

Radiasi merupakan perpindahan panas dalam bentuk elektromagnetik, sehingga tidak memerlukan media untuk perpindahan panas tersebut. Dengan kata lain radiasi panas ini dapat terjadi melalui ruang hampa.



Gambar 2. 9 Gambar perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi.

Sumber: 4.muda.com

Pada penjelasan diatas diketahui bahwa perpindahan panas yang mungkin terjadi pada ruang produksi batik akibat aktivitas nglorod batik dan mengeringkan pola batik printing dengan kompor pemanas adalah radiasi dan konveksi.

2.7 Tinjauan Bangunan Industri Batik

Menurut pasal 1 Peraturan Menteri Perindustrian tahun 2008 industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan

atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri. (www.kemenperin.go.id/artikel/9004). Selain itu menurut undang-undang No.1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja, dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja, guna terciptanya tempat kerja yang aman, efektif, dan efisien.

2.7.1 Standar kondisi udara di ruang produksi batik

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan dan Tata Cara Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri:

A. Persyaratan Udara Ruangan:

- Suhu : $18 - 30^{\circ}\text{C}$
- Kecepatan angin: $0,15 - 0,25\text{ m/s}$.

B. Persyaratan ruang dan bangunan:

- Bangunan harus kuat, terpelihara, bersih dan tidak memungkinkan terjadinya gangguan kesehatan dan kecelakaan.
- Lantai terbuat dari bahan yang kuat, kedap air, permukaan rata, dan tidak licin, pertemuan antara dinding dengan lantai berbentuk conus.
- Dinding harus rata, bersih dan berwarna terang, permukaan dinding yang selalu terkena percikan air terbuat dari bahan yang kedap air.
- Langit-langit harus kuat, bersih, berwarna terang, ketinggian minimal 3,0 m dari lantai.
- Luas jendela, kisi-kisi atau dinding gelas kaca untuk masuknya cahaya minimal $1/6$ kali luas lantai.

Menurut SNI Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung dalam klasifikasi bangunan klas 8 yang diketahui prosentase minimal bukaan adalah 10% dari luas lantai dengan kondisi di dalam ruang:

- Suhu : $20,5 - 27,1^{\circ}\text{C}$
- Kecepatan angin: $0,15 - 0,25\text{ m/s}$.

2.7.2 Aktivitas di ruang produksi batik

Beberapa tahapan yang dilakukan untuk membuat batik tulis, batik cap, *printing* dan batik kombinasi, yaitu:

- Menurut Yudhoyono (2010: 94-95) proses produksi untuk jenis batik tulis adalah sebagai berikut:
 - a. Persiapan (memotong, mencuci, mengangji, mengemplong mori)



Gambar 2. 10 (a) Persiapan mencuci (b) mengemplong mori.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

- b. Membuat desain batik (*nyoret/molani*) dengan pensil



Gambar 2. 11 Persiapan menggambar pola pada kain.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

- c. *Nglowongi*/ melukis batik dengan malam



Gambar 2. 12 Persiapan membatik garis-garis pola yang sudah digambar dengan menggunakan canting.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

d. Tutup malam



Gambar 2. 13 Persiapan membatik garis-garis pola yang sudah digambar dengan menggunakan canting.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

e. *Nyolet*

f. Mewarnai



Gambar 2. 14 Pencelupan pertama ke dalam zat pewarna.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

g. Menghilangkan lilin (mengerok, melorod)



Gambar 2. 15 Menghilangkan lilin.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

h. Mencuci kain batik



Gambar 2. 16 Mencuci kain batik.
(Sumber: <http://www.batikuniq.com>)

i. Penjemuran



Gambar 2. 17 Penjemuran kain batik.
(Sumber: tipseputarbatik.blogspot.com)

- Proses produksi untuk jenis batik cap adalah sebagai berikut (id.m.wikipedia.org/wiki/Batik_cap)
 - a. Persiapan (memotong, meletakkan kain diatas meja dengan permukaan dilapisi bahan yang empuk)



Gambar 2. 18 Proses ngecapi.

(Sumber: <http://fitinline.com/article/read/proses-pembuatan-batik-tulis>)

- b. Pemberian motif (cap)
- c. *Nyolet*
- d. Menutup pola
- e. Mewarnai (*medel*, *mencolet*, *menyoga*)

- f. Menghilangkan lilin (*nglorod*)
- g. Pembersihan dan pencerahan warna dengan soda
- h. Mencuci kain batik
- i. Penjemuran
- Proses produksi untuk jenis batik *printing* (sablon malam) adalah sebagai berikut (http://pashaiful.blogspot.com/2013_08_30_archive.html):
 - a. Siapkan kain dengan posisi kain mori yang kencang pada meja produksi.
 - b. Letakkan plangkan di atas kain, lalu tuangkan cairan malam dan tarik dari ujung plangkan ke ujung plangkan lainnya dengan valet.
 - c. Tunggu beberapa saat hingga malam mengeras.
 - d. Celup kain mori kedalam tangki pewarna.
 - e. Rebus kain mori untuk proses *nglorod* yang bertujuan menghilangkan bekas malam.
 - f. Keringkan kain mori.
 - g. Ulangi langkah di atas, untuk setiap perbedaan warna dan desain.
- Proses pembuatan batik sablon *printing* adalah sebagai berikut :
 - a. Siapkan kain mori dasar yang akan disablon, dengan posisi kain mori yang kencang pada meja produksi.
 - b. Letakkan plangkan di atas kain, lalu tuangkan pewarna da(n tarik pewarna dari ujung plangkan ke ujung plangkan lainnya dengan valet.
 - c. Keringkan kain mori yang telah diberikan warna.
 - d. Ulangi langkah di atas, untuk setiap perbedaan warna dan desain.
 - e. Mengunci warna batik (*waterglass*)

2.7.3 Tata Letak Ruang Produksi

(Wahyono, 2013) Sebuah tata letak yang efektif memfasilitasi adanya aliran bahan, orang, dan informasi di dalam dan antar wilayah. Beberapa pendekatan dalam tata letak adalah sebagai berikut:

1. Tata letak dengan posisi tetap pengaturan fasilitas produksi dalam membuat barang letak barang yang tetap atau tidak dipindah-pindah. Faktor kritis ada tata letak ini ialah penentuan lokasi *directie-kit*, ukuran, dan jenis konstruksinya. *Directie-kit* menurut Murdifin Haming dan Mahfud Nurnajamuddin (2007) dimaksud akan dimanfaatkan sebagai :
 - a) Ruang kerja aparatur langsung proyek

- b) Gudang bahan dan peralatan
 - c) Tempat reparasi alat-alat proyek
 - d) Asrama pengawas dan keamanan proyek
2. Tata letak yang berorientasi pada proses (fungsional), berhubungan dengan produksi dengan volume rendah, dan bervariasi tinggi. Mesin atau fasilitas yang memiliki kegunaan sama dikelompokkan dan diletakkan pada ruangan atau tempat yang sama. Cara membuat setiap barang selalu berbeda-beda, sehingga meletakkan mesin-mesinnya tidak berdasarkan urutan pembuatan suatu macam barang. Dalam layout ini, arus barang selalu berubah-ubah. Hal ini tergantung kepada kebutuhan mesin apa yang digunakan untuk membuat suatu barang.

A. Sifat-sifat Layout Fungsional :

- Macam barang yang dibuat banyak, selalu berubah-ubah dan jumlah yang dibuat setiap macam sedikit.
- Mesin yang digunakan biasanya bersifat serbaguna.
- *Routing* atau penentuan urutan proses pembuatan biasanya selalu berubah-ubah.
- Keahlian tenaga kerja yang mengerjakan biasanya bersifat fleksibel. Artinya karyawan dapat mengerjakan beberapa macam barang sesuai dengan kebutuhan.
- Banyak memerlukan instruksi kerja, serta intruksi kerja harus jelas.
- Kualitas barang hasil produksi sangat tergantung pada keahlian karyawan yang mengerjakan.

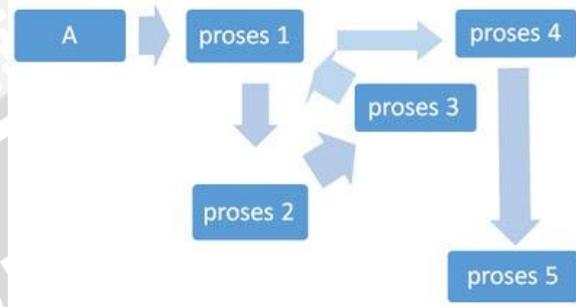
B. Kebaikan-kebaikan Layout Fungsional :

- Fleksible, dapat digunakan untuk membuat berbagai macam barang
- Investasi pada mesin-mesin dan fasilitas produksi yang lain lebih murah daripada layout garis, sebab menggunakan mesin serba guna

C. Kelemahan Layout Fungsional :

- Biaya produksi setiap barang lebih mahal karena tipe barang yang dikerjakan selalu berganti-ganti. Apabila barang yang dikerjakannya berganti-ganti, sering dilakukan setup atau persiapan memulai produksi banyak memerlukan biaya setup. Akibatnya, biaya produksi akan lebih mahal daripada menggunakan layout garis.

- Pekerjaan perencanaan dan pengawasan produksi lebih sering dilakukan karena tipe barang yang dikerjakan berganti ganti dan urutan prosesnya berubah-ubah
- Pengangkutan barang dalam pabrik lebih sulit karena pekerjaan selalu berubah-ubah
- Tidak terjadi keseimbangan kerja tiap mesin



Gambar 2. 19 Layout fungsional.

(Sumber: Lestari et al. 2006: 215)

3. Tata letak kelompok, pengaturan tata letak fasilitas suatu pabrik berdasarkan atas kelompok barang yang dikerjakan.

A. Sifat – sifat Layout Kelompok

- Barang hasil produksi dapat dikelompokkan dalam beberapa macam kelompok yang memiliki garis besar urutan proses yang sama.
- Mesin yang digunakan bersifat fleksibel. Artinya dapat disesuaikan dengan ukuran serta model barang yang dikerjakan.
- Memerlukan karyawan yang keahliannya fleksibel.

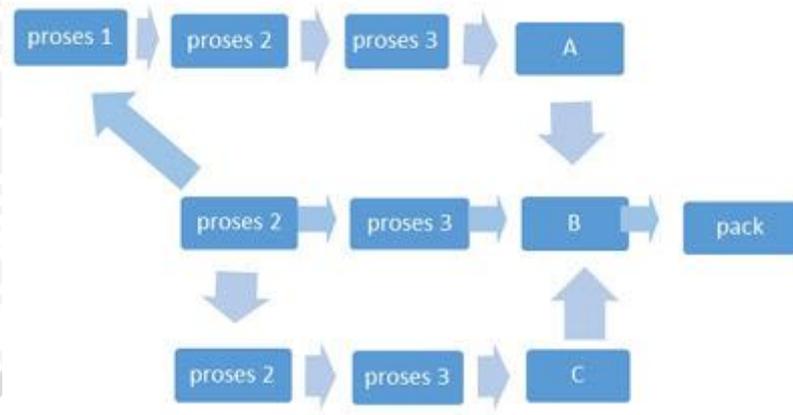
B. Kebaikan - kebaikan Layout Kelompok

- Bersifat fleksible sehingga dapat menghasilkan berbagai macam barang
- Meskipun barang yang dikerjakan bermacam-macam, arus barang tidak simpang siur
- Meskipun perusahaan mengerjakan berbagai macam produk, biaya produksi dapat lebih murah dibandingkan dengan layout fungsional

C. Kelemahan Layout Kelompok

- Untuk menggunakan layout semacam ini maka kelompok produk harus jelas
- Intruksi kerja harus jelas
- Memerlukan pengawasan yang cermat

- Tata letak kantor, menempatkan para pekerja, peralatan, dan ruangan guna melancarkan aliran informasi.



Gambar 2. 20 Layout kelompok.

(Sumber: Lestari et al. 2006: 215)

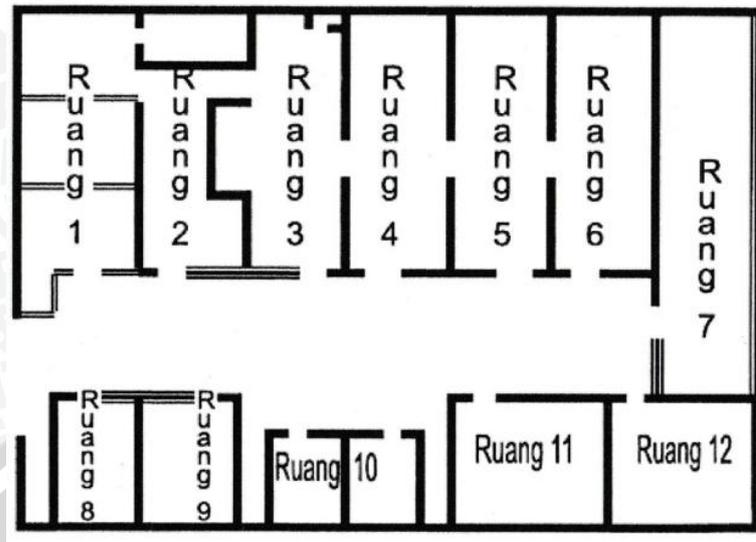
4. Tata letak ritel, menempatkan rak-rak dan memberikan tanggapan atas perilaku pelanggan.
5. Tata letak gudang, melihat kelebihan dan kekurangan antara ruangan dan sistem penanganan bahan.
6. Tata letak yang berorientasi pada produk, mencari utilisasi karyawan dan mesin yang paling baik dalam produksi yang kontinu atau berulang.

2.7.4 Layout Ruang Produksi Batik

Menurut Lestari et al., 2006 Layout ruang pada salah satu industri batik yang digunakan untuk proses pembuatan batik terdiri dari 12 ruangan, yaitu:

- Ruang 1: Ruang membatik tulis
- Ruang 2: Ruang administrasi
- Ruang 3: Ruang membatik cap
- Ruang 4: Ruang mencelupkan dan menghilangkan lilin (*nglorod*)
- Ruang 5: Ruang mencelupkan dan menghilangkan lilin (*nglorod*)
- Ruang 6: Ruang menjemur kain
- Ruang 7: Ruang mewarna kain dengan kuas (*nyolet*)
- Ruang 8: Ruang menggambar motif (*molani*)
- Ruang 9: Ruang menyimpan patron cap
- Ruang 10: WC
- Ruang 11: Ruang menyimpan lilin dan bahan kimia

- Ruang 12: Ruang istirahat



Keterangan:

- = Dinding semen tertutup
- = Dinding semen dan kaca
- = Dinding semen semi terbuka

Gambar 2.9 Layout ruang produksi batik.

(Sumber: Lestari et al. 2006: 215)

2.8 Studi Terdahulu

Tabel 2.9 Kesimpulan hasil tinjauan terdahulu

No.	Judul	Peneliti	Variabel yang diamati				
			Dimensi ruang	Bukaan	Ruang luar bangunan	Aktivitas di dalam ruang	Persepsi pekerja
1.	Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja.	Huda dan Pandiangan, 2012					
2.	Analisis Perancangan Sistem Ventilasi Dalam Meningkatkan Kenyamanan Termal Pekerja di Ruang Formulasi PT XYZ.	Pandiangan, Huda, Rambe, 2012					
3.	Pengaruh Luas Bukaan Ventilasi Terhadap Penghawaan Alami dan Kenyamanan Termal Pada Rumah Tinggal Hasil Modifikasi Dari Rumah Tradisional Minahasa.	Toisi, John					

4.	Kajian Kenyamanan Termal Pada Bangunan Student Center Itenas Bandung	Latifah et al,	
5.	Pengaruh terhadap Kenyamanan Thermal pada Bangunan Publik di Daerah Tropis	Bukaan Amin et al, 2004	 

	Variabel yang dikaji peneliti
	Variabel yang disarankan untuk peneliti lain
	Variabel tidak dikaji

2.9 Kesimpulan dan Hipotesis Tinjauan Pustaka

Berdasarkan teori-teori dan kajian terdahulu tersebut, maka hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari kedua standart tersebut yaitu KEMENKES RI Nomor 405/Menkes/SK/XI/2002 dan SNI 03-6572-2001 yang dijadikan acuan standart kenyamanan pekerja adalah suhu di dalam ruang adalah 20,5°C – 27,1°C dan kecepatan angin 0,15– 0,25 m/s, namun kecepatan angin dapat lebih besar dari 0,25 m/s yaitu ketika suhu udara di dalam ruang lebih dari 27,1°C. Kebutuhan peningkatan kecepatan angin tersebut digunakan untuk mengkompensasi kenaikan suhu udara agar tingkat kenyamanan tetap terpelihara.
2. Layout ruang produksi menurut Lestari (2006) tersebut terdiri dari beberapa ruang dengan aktivitas produksi yang berbeda di setiap ruangnya. Pada objek penelitian ruang industri batik di Tulungagung, seluruh proses produksi berada di satu ruang yang terdiri dari beberapa area aktivitas produksi yang bukan merupakan ruang, sehingga layout ruang proses produksi menurut Lestari (2006) tidak dapat dijadikan acuan untuk layout ruang produksi batik objek penelitian. Dari kondisi 3 studi kasus, penentuan urutan proses produksi batik biasanya selalu berubah-ubah atau yang sering disebut dengan *routing* sehingga, tata letak ruang produksi batik di Tulungagung termasuk ke dalam jenis tata letak yang berorientasi pada proses (fungsional).
3. Pengaturan elemen ruang luar yaitu pagar dan vegetasi dapat memaksimalkan aliran udara dan kecepatan angin di dalam ruang.



4. Pengaturan luas dan jenis bukaan pada dinding dapat mempengaruhi kondisi suhu dan kecepatan angin di dalam ruang.
5. Kombinasi antara ventilasi silang dan stack effect dapat memaksimalkan kenyamanan termal di dalam ruang
6. Bukaan atap dapat membantu proses keluarnya udara panas di dalam ruang.
7. Dalam rangka mengendalikan resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja pada ruang produksi perlu diciptakan tempat kerja yang aman, efektif, dan efisien.

