

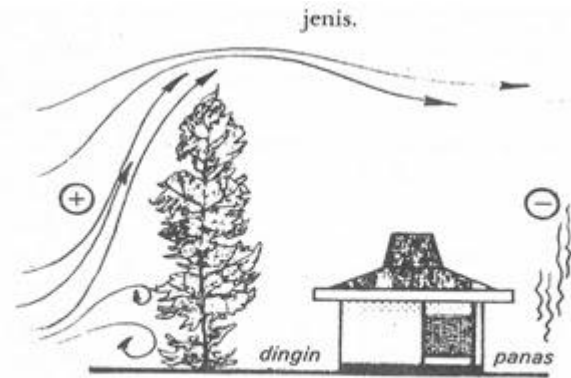
WIND LOAD

Studio Struktur & Konstruksi II

April 6, 2020

Department of Architecture
Universitas Komputer Indonesia

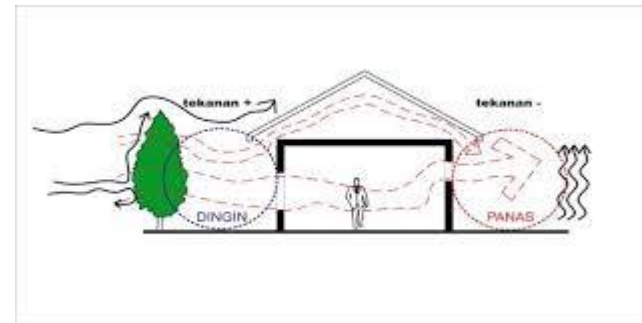
Angin adalah massa udara yang bergerak secara horizontal dari area bertekanan udara tinggi ke area bertekanan udara rendah. Angin bisa merusak struktur karena tekanannya pada bidang permukaan struktur. Intensitas tekanan ini yang disebut **beban angin**. Dampak yang ditimbulkannya tergantung terutama pada **ukuran** penampang, **sudut** terpaan dan **bentuk** struktur. Perhitungan beban angin diperlukan untuk merancang desain dan konstruksi bangunan yang aman menghadapi angin, terutama pada bangunan berlantai banyak.



Gambar no. 70

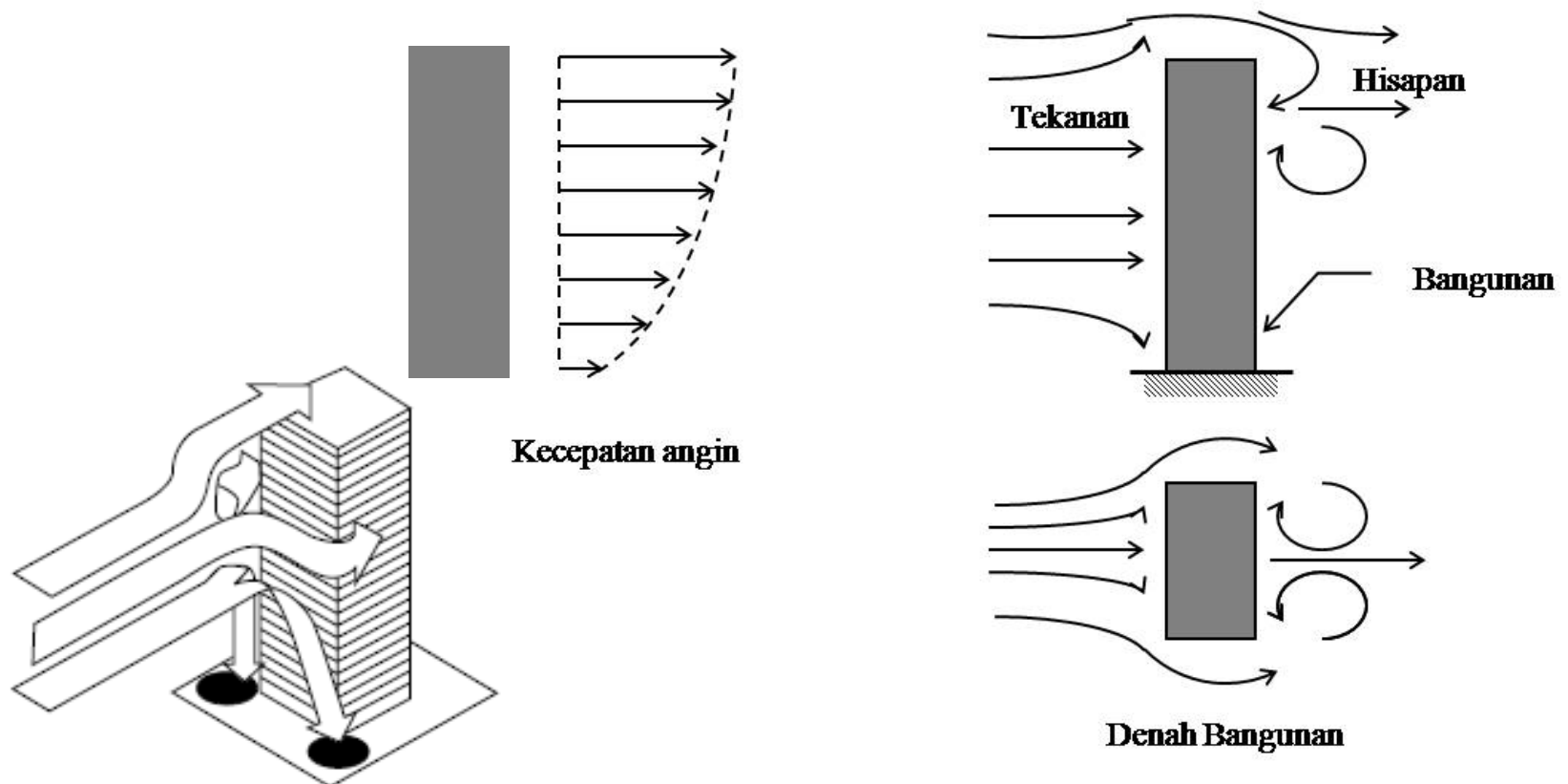
a. Ventilasi horisontal

Ventilasi horisontal disebabkan oleh arus angin yang datar

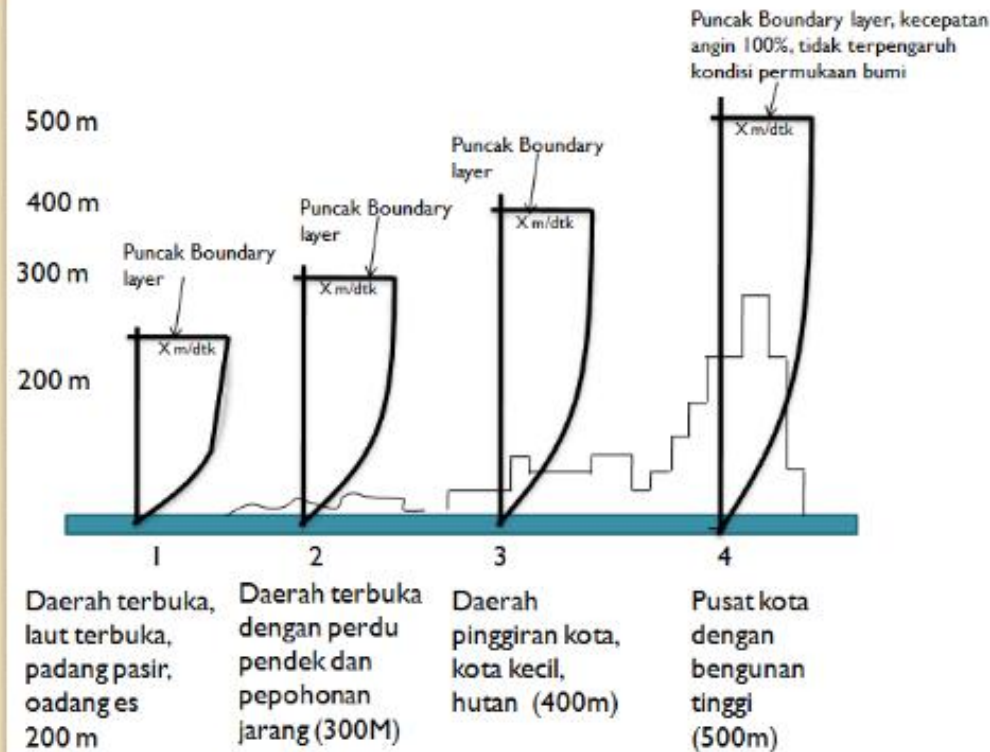


Untuk perhitungan beban angin secara matematis yang lebih detail, silakan baca buku STRUKTUR karya Daniel Schodek, atau simak Wikihow yang menyediakannya bagi anda: <https://id.wikihow.com/Menghitung-Beban-Angin>

Selain yang telah disebut di awal, besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan juga tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau bahkan berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan. Semakin tinggi bangunan, tekanan akan semakin besar karena kecepatan angin yang semakin tinggi. Perhatikan gambar di bawah ini.



Secara umum, kecepatan angin terus bertambah seiring dengan pertambahan ketinggiannya. Tingkat pertambahan kecepatan angin merupakan faktor dari kekasaran tanah, yang awalnya diperlambat dari tanah hingga makin cepat sesuai pertambahan ketinggian. Semakin banyak halangan pada keadaan sekeliling (adanya vegetasi, gedung, rumah), ketinggian yang diperlukan angin untuk mencapai kecepatan maksimum (V_{max}) juga semakin besar.



Lapisan batas di kondisi permukaan bumi yang berbeda

Berdasarkan gambar sebelumnya, kecepatan angin semakin besar seiring pertambahan tinggi bangunan, maka hal tersebut sangat berpengaruh dalam menetapkan kecepatan angin rencana. Selain itu perlu juga diperhatikan apakah bangunan itu terletak di perkotaan yang padat bangunan atau di daerah rural terutama pantai yang kecepatan anginnya jauh lebih tinggi. Menurut Schodek, kecepatan angin di pantai bisa mencapai 120 km/jam. *Feel*nya sama dengan ketika anda naik motor matic pada kecepatan setara (jangan dicoba). Angin secepat itu di perkotaan sudah digolongkan sebagai **angin taufan**. Seandainya kecepatan angin telah diketahui, tekanan angin yang bekerja pada bangunan dapat ditentukan dan dinyatakan dalam gaya statis ekuivalen.



Perhatikan gambar-gambar di atas. Bangunan di tempat berangin kencang yang ekstrem apalagi tanpa pembelokan angin umumnya memiliki bentuk yang khas untuk menghalau angin. Bentuk ini datang dari pemodelan struktur dan bukan urusan sentimental dari keinginan arsitek.

Kecepatan angin secara visual bisa digambarkan melalui Skala Beaufort. Sir Francis Beaufort seorang ahli Ilmu Bumi dari Inggris, di abad 19 menggambarkan kecepatan angin melalui 12 bagian penggolongan:

Nomor Beaufort	Gejala	Kecepatan (mph)	kmph
0	Asap mengepul vertikal	< 1	4,6
1	Arah angin tampak dari serabut-serabut lepas dari asap.	1 – 3	1,6 – 4,8
2	Angin terasa di wajah. Daun berisik. Kepulan asap condong menunjukkan arah angin	4 – 7	6,4 – 11,2
3	Daun dan ranting kecil bergerak terus dan dapat mengibarkan bendera ringan.	8 – 12	12,8 – 19,2
4	Menghambur debu dan menerbangkan kertas.	13 – 18	20,8 – 29,6

(lanjutan)

5	Pohon-pohon kecil bergoyang	19 – 24	31,2 – 39,2
6	Cabang-cabang besar pohon bergerak. Payung sulit dikuasai	25 – 31	40,8 – 50,4
7	Pohon-pohon bergoyang. Berjalan melawan angin harus cukup bertenaga.	32 – 38	52 – 61,6
8	Dahan-dahan kecil putus. Berjalan melawan angin sulit.	39 – 46	63,2 – 74,4
9	Timbul kerusakan-kerusakan kecil pada bangunan. Genting-genting mulai berterbangan.	47 – 54	76 – 87,2
10	Pohon-pohon ambruk. Kerusakan bangunan lebih parah.	55 – 63	88,8 – 103,6
11	Malapetaka kerusakan meluas	64 – 75	105,2 – 120
12	Angin taufan (hurricane)	> 75	120

Pola pergerakan angin yang sebenarnya di sekitar bangunan sangat rumit, tetapi konfigurasinya telah banyak dipelajari serta ditabelkan. Untuk mengetahui secara lebih detail pergerakan angin yang menerpa suatu bangunan biasanya digunakan model komputer atau model fisik yang dimasukkan ke dalam terowongan angin. Sayangnya institusi pendidikan arsitektur yang memiliki terowongan angin ini hanya ITB. Karena angin menyebabkan tekanan maupun hisapan pada bangunan, maka ada koefisien khusus untuk tekanan dan hisapan angin yang ditabelkan untuk berbagai lokasi pada bangunan.

Untuk memperhitungkan pengaruh dari angin pada struktur bangunan, pedoman yang berlaku di Indonesia mensyaratkan beberapa hal berikut :

- Tekanan tiup angin harus diambil minimum 25 kg/m^2
- Tekanan tiup angin di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, harus diambil minimum 40 kg/m^2

Untuk tempat-tempat dimana terdapat kecepatan angin yang mungkin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar. Tekanan tiup angin (p) dapat ditentukan berdasarkan rumus empiris :

$$p = V^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

di mana V adalah kecepatan angin dalam meter per detik.

*Hafalkan rumus di atas karena **pasti keluar** di UTS 😊.*

Angin kencang mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Hal yang sering mengakibatkan kerusakan bangunan terkait angin:

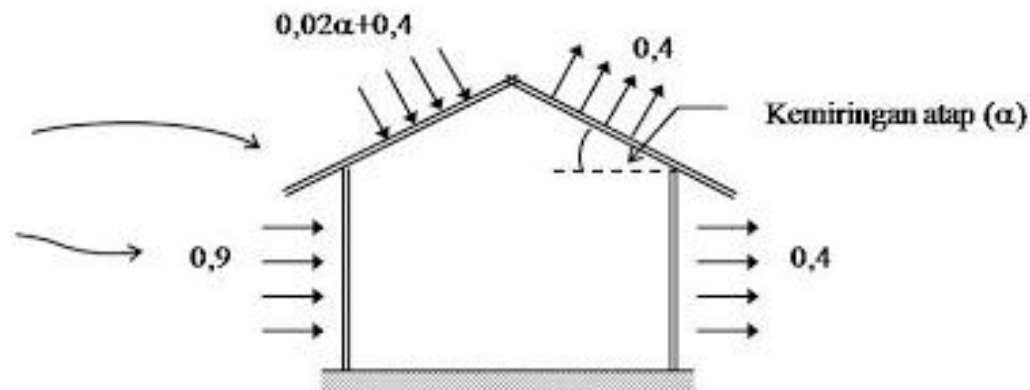
1. Dimensi dari elemen struktur yang terlalu kecil.
2. Akibat Puntir.
3. Mutu beton tidak memenuhi syarat.
4. Cacat pembesian (umumnya pada sambungan tulangan).
5. Metode pelaksanaan tidak benar dan Kesalahan pelaksanaan dalam pembangunan

Kejadian yang paling umum biasanya:

1. Bangunan terangkat
2. Bangunan bergeser dari pondasinya
3. Robohnya bangunan
4. Atap terangkat
5. Kerusakan secara umum pada elemen bangunan.



Berhubung beban angin akan menimbulkan tekanan dan hisapan, maka berdasarkan percobaan-percobaan, telah ditentukan koefisien-koefisien bentuk tekanan dan hisapan untuk berbagai tipe bangunan dan atap. Tujuan dari penggunaan koefisien-koefisien ini adalah untuk menyederhanakan analisis. Sebagai contoh, pada bangunan gedung tertutup, selain dinding bangunan, struktur atap bangunan juga akan mengalami tekanan dan hisapan angin, di mana besarnya tergantung dari bentuk dan kemiringan atap. Makin curam atap, tekanan akan semakin tinggi pada permukaan yang langsung terpapar angin. Namun demikian, atap yang landai pun pada bagian yang tidak langsung terpapar akan terkena efek hisap (perhatikan gambar di bawah). Namun demikian, pada bangunan gedung yang tertutup dengan tinggi tidak lebih dari 16 meter (kira-kira setara dengan gedung 4 lantai) dengan lantai-lantai dan dinding-dinding yang memberikan kekakuan yang cukup, struktur utamanya (portal) belum perlu diperhitungkan terhadap angin.



Pengaruh angin pada bangunan dianggap sebagai beban-beban statis, sama dengan beban lain pada umumnya. Namun perilaku dinamis angin merupakan hal yang sangat penting. Efek dinamis dari angin dapat muncul dengan berbagai cara. Salah satunya adalah bahwa angin sangat jarang dijumpai dalam keadaan tetap (*steady-state*). Dengan demikian, bangunan gedung dapat mengalami beban yang berbalik arah. Masih ingat pose Marilyn Monroe?. Angin bisa datang dari mana saja setelah berbalik arah.

Seperti diperlihatkan pada gambar di slide 3, pola aliran udara di sekitar gedung tidak teratur. Jika gedung-gedung terletak pada lokasi yang berdekatan, pola angin menjadi semakin kompleks karena dapat terjadi suatu aliran yang berturbulensi di antara gedung-gedung tersebut. Aksi angin tersebut dapat menyebabkan terjadinya goyangan pada gedung ke berbagai arah.



Angin dapat menyebabkan respons dinamis pada bangunan sekalipun dalam kecepatan yang konstan. Hal ini dapat terjadi khususnya pada struktur-struktur yang relatif fleksibel, seperti struktur kabel atau membran (akan dipelajari di Studio SK III).

Angin dapat menyebabkan berbagai distribusi gaya pada permukaan bangunan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk, baik perubahan kecil maupun perubahan yang besar. Bentuk baru tersebut dapat menyebabkan distribusi tekanan maupun tarikan yang berbeda. Sebagai akibatnya, terjadi gerakan konstan atau *flutter* (getaran) pada atap. Anda pernah tinggal di tenda? Berkemah? Seperti itu persis keadaannya.

Masalah *flutter* pada atap merupakan hal penting dalam mendesain struktur fleksibel. Teknik mengontrol fenomena *flutter* pada atap mempunyai implikasi yang cukup besar dalam desain. Efek dinamis angin juga merupakan masalah pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, karena adanya fenomena resonansi yang sangat mungkin terjadi, namun hal ini umumnya di bangunan tinggi, bukan midrise seperti yang dipelajari di Studio SK II.