



Program Studi Arsitektur  
Fakultas Teknik  
Universitas PGRI Semarang

# **PERHITUNGAN SISTEM PENGHAWAAN ALAMI**

Baju Arie Wibawa, ST, MT.

Pertemuan 03 - MK. Penghawaan dan Akustik



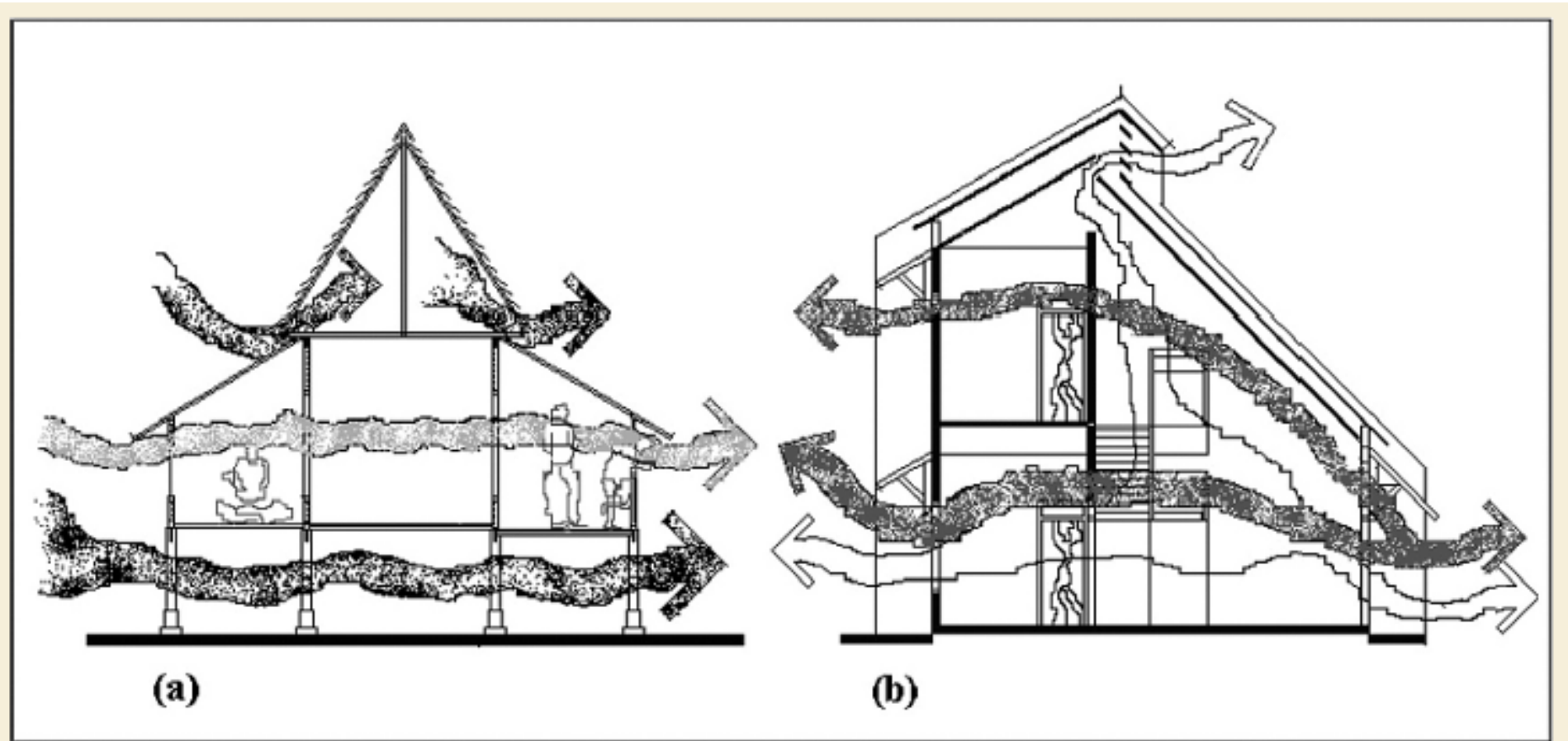
# PENGANTAR SISTEM PENGHAWAAN

# PENGANTAR

- Kebanyakan bangunan modern dirancang untuk **sepenuhnya atau sebagian besar tertutup**, melindungi penghuninya dari kontak langsung dengan lingkungan luar.
- **Sistem pengkondisian udara buatan** digunakan untuk mengatur suhu udara dan kelembaban yang nyaman di dalam ruangan.
- Hal ini kontras dengan arsitektur tradisional Indonesia, yang sangat bergantung pada sistem peneduh yang melindungi ruangan dari terik sinar matahari, serta adanya hembusan angin yang bebas melalui bangunan.

- Salah satu cara mengurangi pendinginan mekanik, sebagai pengguna energi tertinggi di sebagian besar bangunan, adalah dengan menggantikan **ventilasi mekanik dengan ventilasi alami**.
- Sebelum munculnya pendinginan mekanik, ventilasi alami biasa digunakan untuk meningkatkan kenyamanan penghuni.
- Bangunan tradisional Indonesia dirancang untuk memungkinkan ventilasi silang dan juga memiliki atap tinggi dengan bukaan bagi pelepasan udara panas.

# PERGERAKAN UDARA ALAMI OPTIMAL



- a. Pergerakan Udara pada Rumah Panggung Tradisional
- b. Penampakan Ventilasi Alami yang Optimal pada Bangunan Kontemporer

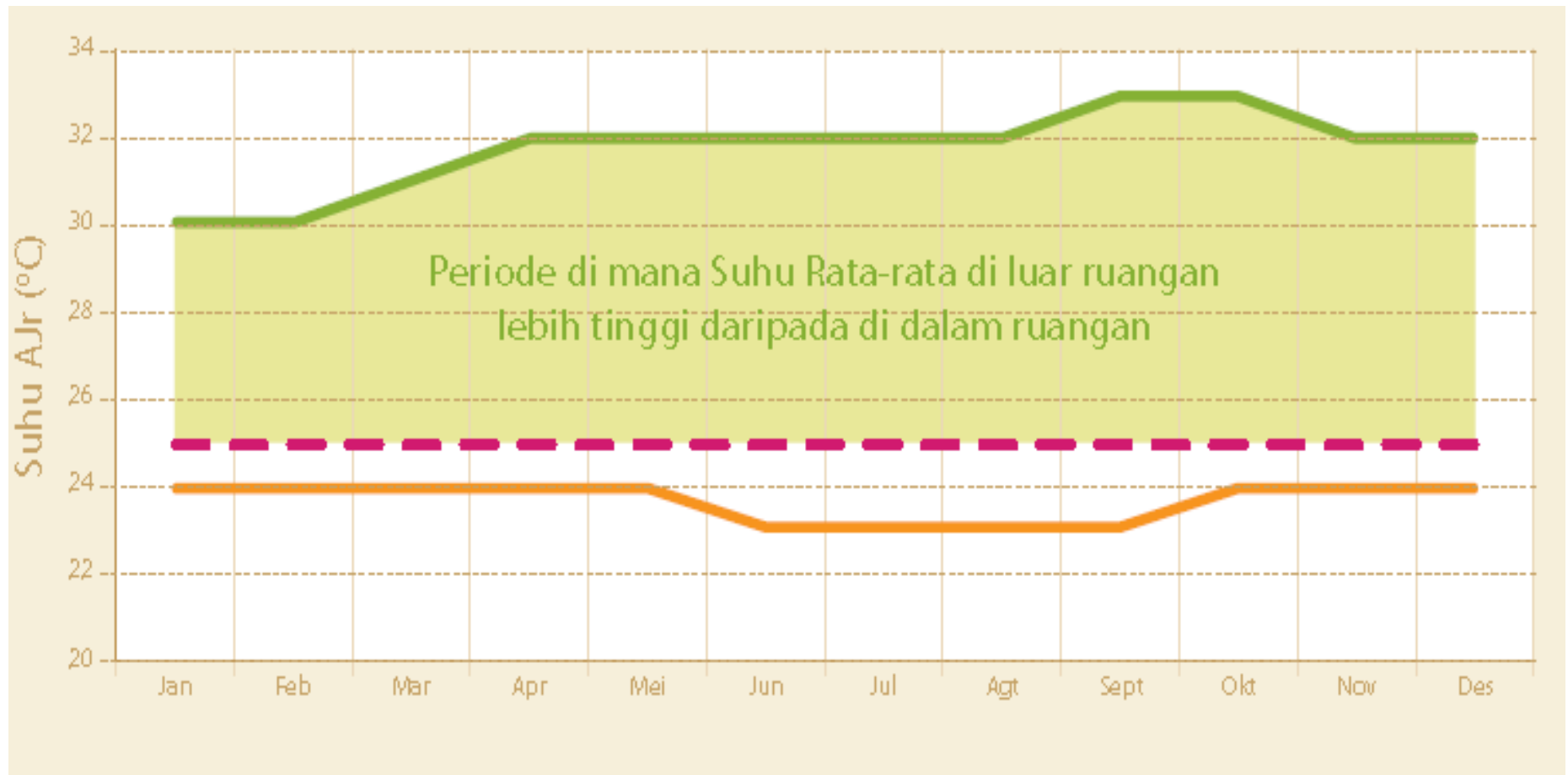
# PENGANTAR

- Beberapa bangunan **bertingkat rendah kontemporer mengadopsi cara tradisional** pendinginan bangunan ini. Namun adopsi teknik ini untuk bangunan tinggi lebih sulit untuk diterapkan.
- Selain **menghemat energi operasional**, ventilasi alami juga **menghemat biaya modal** melalui potensi pengurangan kapasitas pendinginan, pasokan saluran udara, saluran udara balik, dan peralatan terkait lainnya.

# PENGANTAR

- Dalam iklim tropis Jakarta, kenyamanan termal terutama disediakan oleh pendinginan **suhu** ruangan, penurunan kadar **kelembaban** udara yang dipasok ke dalam ruangan, dan memastikan pasokan **udara bersih**.
- Kondisi “nyaman” seperti yang didefinisikan oleh standar bagi Jakarta meliputi suhu ruangan **25°C** dan **54% sampai 66% kelembaban relatif**.

# PENGANTAR

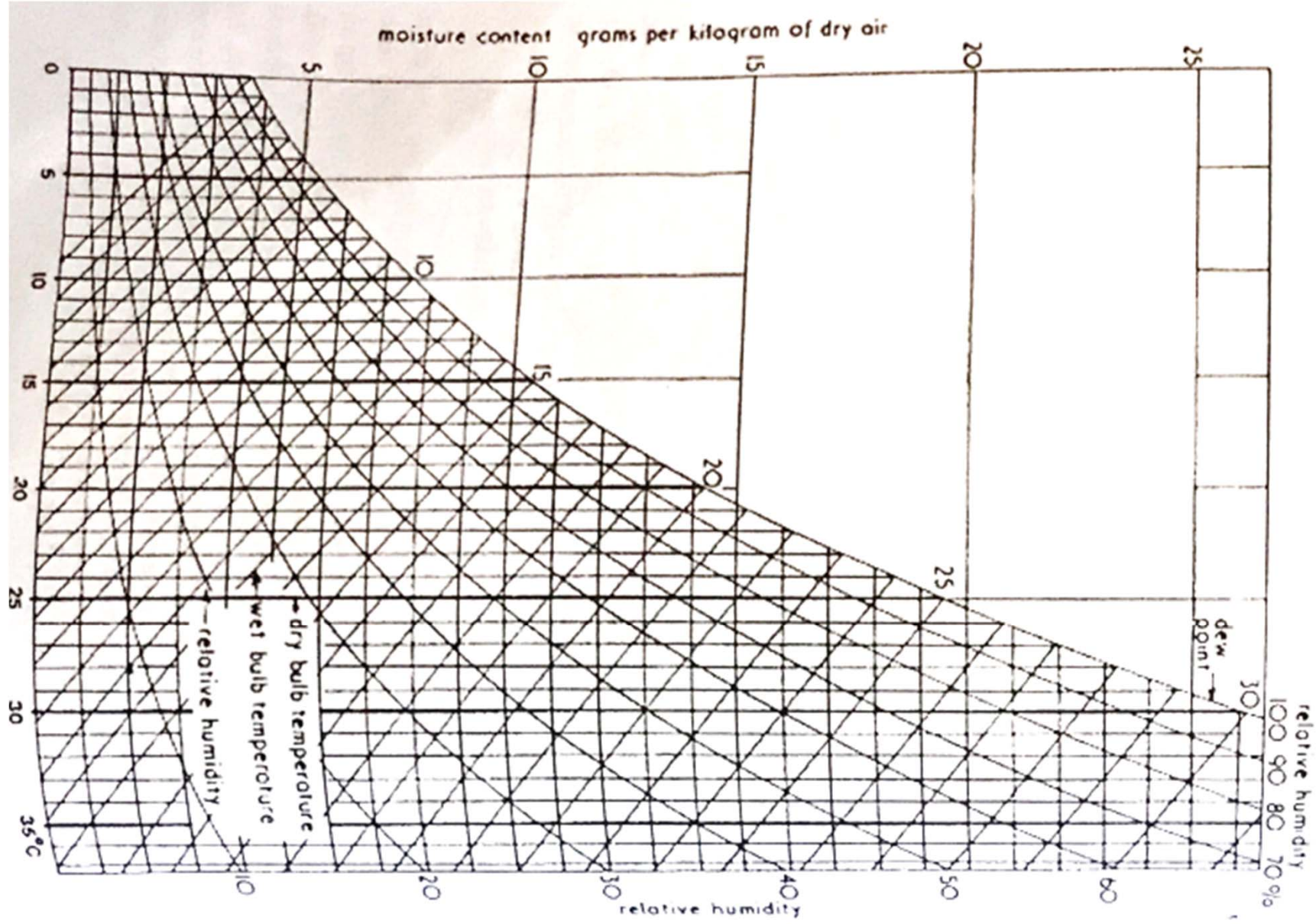


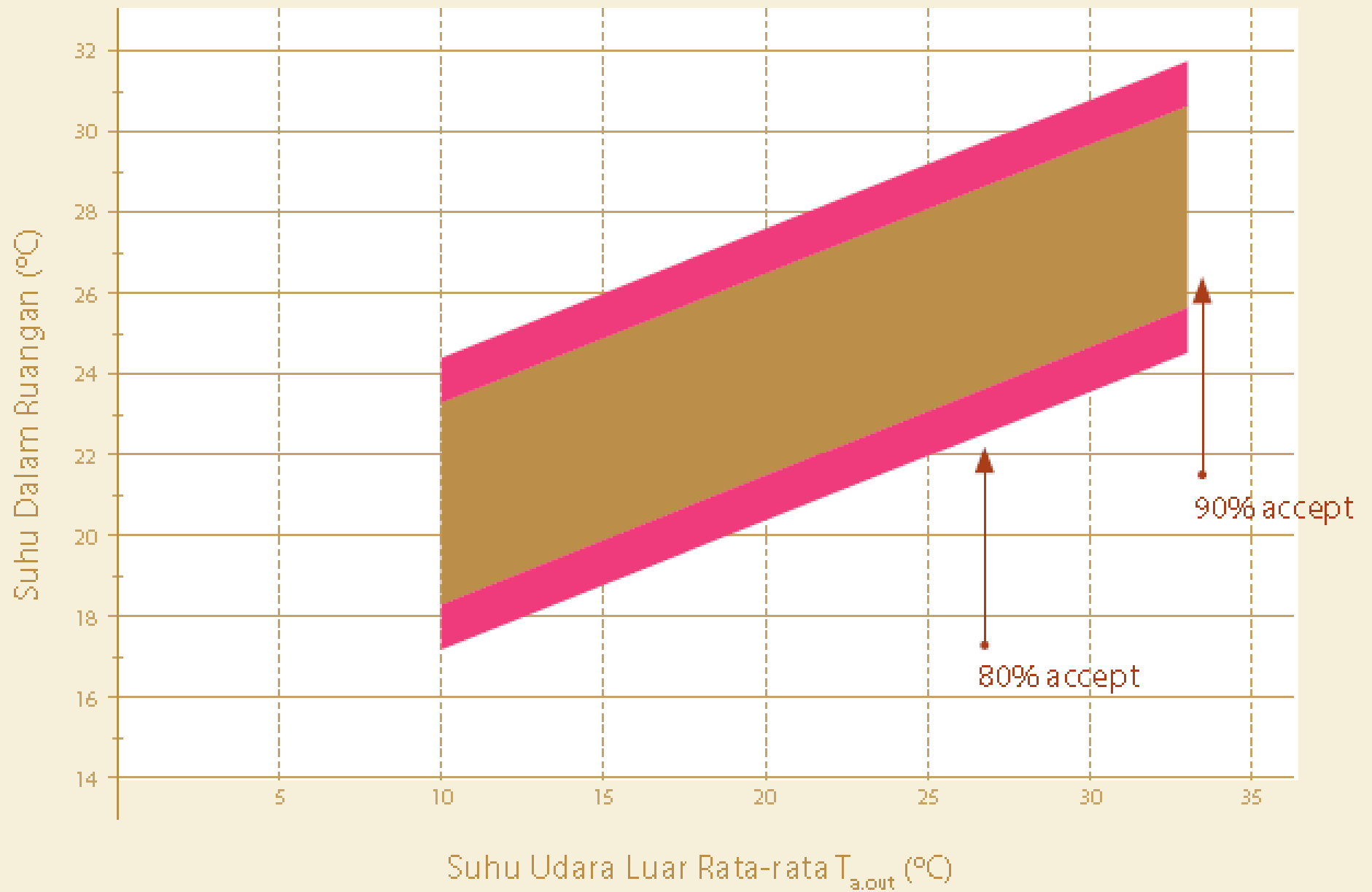
- Suhu Minimum Rata-rata
- - Suhu Dalam Ruangan yang Direkomendasikan
- Suhu Maksimum rata-rata

- Kondisi luar di Jakarta sebagian besar di atas standar ini, yang membutuhkan pendinginan mekanik dan pengurangan kelembaban.
- Ini menyebabkan kebutuhan yang cukup tinggi untuk AC sepanjang tahun.



- Kelayakan ventilasi alami tergantung pada iklim dan jenis bangunan.
- Jika suhu dan tingkat kelembaban udara di luar ruangan **hampir sama** dengan persyaratan kenyamanan, udara luar dapat dimasukkan untuk mengurangi panas yang terkumpul dalam bangunan.
- Suhu dan kelembaban udara luar di Jakarta biasanya di atas standar kondisi kenyamanan dalam ruangan pada **25°C dan 60% RH**.
- Meskipun demikian, model kenyamanan termal adaptif dari ASHRAE Standard 55 memungkinkan ventilasi alami untuk digunakan bahkan untuk suhu luar yang lebih tinggi. Model ini memperkirakan bahwa toleransi penghuni terhadap suhu lebih tinggi di dalam ruangan meningkat (ditandai dengan pita merah muda dan coklat muda pada gambar di bawah) ketika suhu di luar ruangan lebih tinggi.





- Toleransi terhadap suhu yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan **meningkatkan aliran udara** dalam ruangan.
- Untuk ventilasi alami di **iklim panas dan lembab**, **kecepatan udara yang lebih tinggi** diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan termal penghuni.
- Faktor penting lainnya adalah kesempatan bagi penghuni untuk mengendalikan aliran udara di dalam bangunan sesuai dengan preferensi mereka.
- Hasil penelitian tentang toleransi kecepatan aliran udara yang bisa diterima menunjukkan bahwa sebagian besar subyek menginginkan **kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, bahkan pada kecepatan di atas 0,50 m/detik.**
- Sebaliknya, subyek yang menginginkan “kecepatan aliran udara yang lebih rendah” jumlahnya sedikit.
- Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penghuni **lebih menyukai kecepatan aliran udara yang lebih tinggi** untuk meningkatkan kondisi kenyamanan termal mereka.

A large, stylized yellow number '2' is positioned on the right side of the slide. It has a thick, bold appearance with a slight curve at the top and a horizontal base.

PERHITUNGAN  
LAJU PENGHAWAAN

## A. KENYAMANAN TERMAL

### Laju Udara

- Laju udara adalah **jumlah unit udara** (volume atau berat) **per satuan waktu yang melalui sistem ventilasi**.
- Untuk memperoleh kenyamanan termal, **terdapat syarat minimal laju udara** yang harus terjadi pada sistem ventilasi di ruang/ bangunan.
- Kebutuhan laju udara (*air flow*) ditentukan oleh:
  1. Fungsi ruang
  2. Kerapatan pengguna ruang
  3. Asap rokok
  4. Luas *inlet* (A)
  5. Besar kecepatan udara (v)









# KENYAMANAN TERMAL

## Laju Udara

Rumus laju udara (*air flow*) dan satuan dalam satuan metrik, yaitu:

$$Q = 0,5682 A v$$

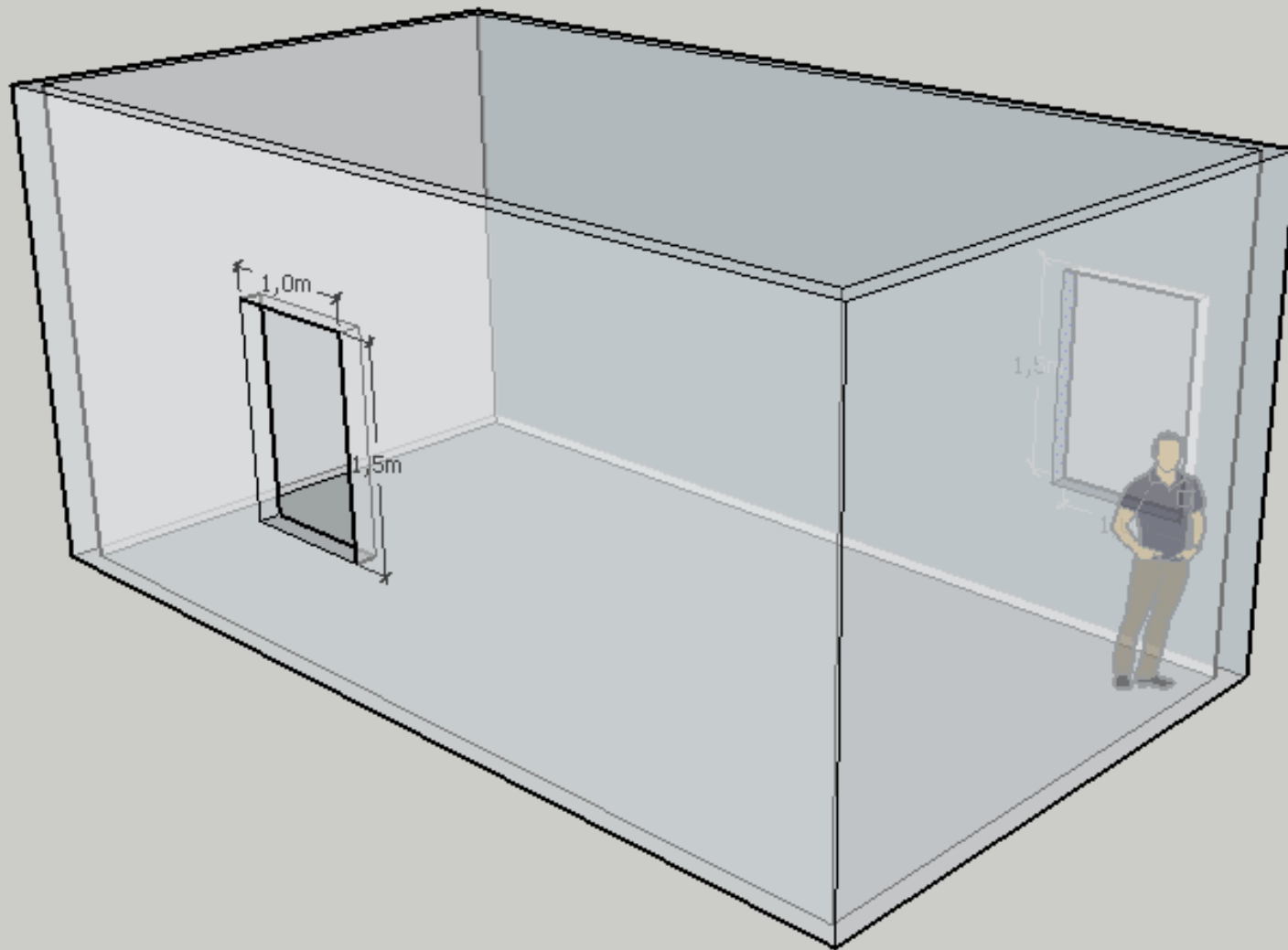
Keterangan:

Q = Laju udara (*air flow*) dalam  
m<sup>3</sup>/min (meter kubik per menit)

A = Area, luas inlet dalam m<sup>2</sup> (meter  
persegi)

v = Besar kecepatan udara (*velocity*)  
dalam m/det (meter per detik)





# KENYAMANAN TERMAL

## Laju Udara

### 1. Perhitungan 1:

$$Q = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{min}$$

$$A = \dots\dots\dots \text{m}^2$$

$$v = \dots\dots\dots \text{m}/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,5682 A v \\ &= 0,5682 \times (1,5 \times 1) \times 0,8 \\ &= 0,68 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

# KENYAMANAN TERMAL

## Laju Udara

- Tabel kebutuhan laju udara (*air flow*) minimal untuk sistem ventilasi alami sesuai standar Indonesia.

| Fungsi Gedung | Kerapatan Penghunian Per<br>100 m <sup>2</sup> Luas Lantai (Orang) | Kebutuhan Udara Luar |                  | Satuan                    |
|---------------|--|----------------------|------------------|---------------------------|
|               |  | Merokok              | Tidak<br>Merokok |                           |
| Rumah Tinggal |  |                      |                  |                           |
| Ruang duduk   | -  | -                    | 0,30             | m <sup>3</sup> / min/ kmr |
| Ruang tidur   | -  | -                    | 0,30             | m <sup>3</sup> / min/ kmr |
| Dapur         | -  | -                    | 3,00             | m <sup>3</sup> /min/ kmr  |
| Toilet        | -  | -                    | 1,50             | m <sup>3</sup> / min/ kmr |
| Koridor       | -  | -                    | -                | -                         |

# KENYAMANAN TERMAL

## Laju Udara

- Jika kerapatan penghuni/ pengguna (jumlah orang per 100 m<sup>2</sup> luas ruang) bertambah, angka laju udara (*air flow*) harus dikalikan kelipatan pertambahannya.
- Jika jumlah orang dalam ruang bertambah, angka laju udara harus dikalikan sebanyak seluruh orang yang berada di ruang tersebut.

2011



#2 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-40AFU**

**Rp 635.000** (22 toko)




0 Review

0 Threads

 Type : Ceiling

 Power Input : 220 V

 Power Consumption : 58.1 Watt

 Air Flow Capacity : 33.5 CMH

+ Tambah ke Pemandangan

2014



#3 EXHAUST FAN


Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-20TGU3**


**Rp 247.900** (14 toko)



0 Review

0 Threads

 Type : Ceiling

 Power Input : 220 V

 Power Consumption : 16 Watt

 Air Flow Capacity : 8 CMH

+ Tambah ke Pemandangan

2011



#5 EXHAUST FAN


Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-30RUN5**


**Rp 397.500** (18 toko)




0 Review

0 Threads

 Type : Wall

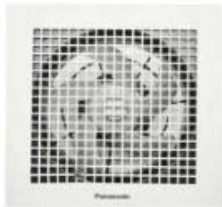
 Power Input : 220 V

 Power Consumption : 24 Watt

 Air Flow Capacity : 19.2 CMH

+ Tambah ke Pemandangan

2016



# 6 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-25TGU5**

**Rp 258.300** (23 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- i** Type : Ceiling
- i** Power Input : 220 V
- i** Power Consumption : 29.7 Watt
- i** Air Flow Capacity : 612 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2014



# 9 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-20TGU5**

**Rp 270.000** (22 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- i** Type : Ceiling
- i** Power Input : 220 V
- i** Power Consumption : 18 Watt
- i** Air Flow Capacity : 468 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2013



# 10 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-25TGU**

**Rp 272.300** (46 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- i** Type : Ceiling
- i** Power Input : 240 V
- i** Power Consumption : 24 Watt
- i** Air Flow Capacity : 331 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2012



# 11 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-25RUN5**

**Rp 340.000** (51 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Ceiling

**i** Power Input :

**i** Power Consumption :

**i** Air Flow Capacity :

+ Tambah ke Pembanding

2013



# 19 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-30RUN**

**Rp 380.000** (32 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Wall

**i** Power Input : 220 V

**i** Power Consumption : 39.5 Watt

**i** Air Flow Capacity : 12.5 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2012



# 20 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-24CDUN**

**Rp 377.999** (19 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Ceiling

**i** Power Input : 220 V

**i** Power Consumption : 21 Watt

**i** Air Flow Capacity : 180 CMH

+ Tambah ke Pembanding



2013



# 32 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-25TGU3**

**Rp 287.100** (9 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- ⓘ Type : Ceiling
- ⓘ Power Input : 240 V
- ⓘ Power Consumption : 26.5 Watt
- ⓘ Air Flow Capacity : 1020 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2011



# 42 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-15EGK1**

**Rp 540.000** (7 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- ⓘ Type : Wall
- ⓘ Power Input : 240 V
- ⓘ Power Consumption : 6.2 Watt
- ⓘ Air Flow Capacity : 94 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2013



# 49 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV  
**Panasonic FV-20TGU**

**Rp 260.000** (52 toko)

★ -/5    0 Review    0 Threads

- ⓘ Type : Ceiling
- ⓘ Power Input : 220 V
- ⓘ Power Consumption : 6 Watt
- ⓘ Air Flow Capacity : 150 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2015



# 57 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV

**Panasonic FV-45GT4**

**Rp 5.350.000** (1 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Ceiling

**i** Power Input : 220 V

**i** Power Consumption : 330 Watt

**i** Air Flow Capacity : 5420 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2011



# 70 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV

**Panasonic FV-10EGK**

**Rp 440.000** (7 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Wall

**i** Power Input : 220 V

**i** Power Consumption : 5.5 Watt

**i** Air Flow Capacity :

+ Tambah ke Pembanding

2011



# 72 EXHAUST FAN

Panasonic > Panasonic FV

**Panasonic FV-10EGS1**

**Rp 398.000** (8 toko)

★ -/5

0 Review

0 Threads

**i** Type : Wall

**i** Power Input : 220 V

**i** Power Consumption : 5.5 Watt

**i** Air Flow Capacity : 75 CMH

+ Tambah ke Pembanding

2015



# 82 EXHAUST FAN

Panasonic › Panasonic FV  
**Panasonic FV-15TGU**

**Rp 249.000** (19 toko)

★ -/5

💬 0 Review

💬 0 Threads

📘 Type : Ceiling

📘 Power Input : 220 V

📘 Power Consumption : 12 Watt

📘 Air Flow Capacity : 468 CMH

2015



# 85 EXHAUST FAN

Panasonic › Panasonic FV  
**Panasonic FV-20CUT1**

**Rp 400.000** (1 toko)

★ -/5

💬 0 Review

💬 0 Threads

📘 Type : Ceiling

📘 Power Input : 220 V

📘 Power Consumption : 25.7 Watt

📘 Air Flow Capacity : 265 CMH

2013



# 92 EXHAUST FAN

Panasonic › Panasonic FV  
**Panasonic FV-15EGS1**

**Rp 520.000** (4 toko)

★ -/5

💬 0 Review

💬 0 Threads

📘 Type : Ceiling

📘 Power Input : 220 V

📘 Power Consumption : 6.2 Watt

📘 Air Flow Capacity : 150 CMH



2

PERHITUNGAN  
PERGANTIAN UDARA

## B. KENYAMANAN TERMAL

### Pergantian Udara (*Air Changes*)

*Air changes*/ pergantian udara adalah jumlah pergantian udara yang terjadi di suatu ruang.

Pergantian udara sangat dibutuhkan untuk memperoleh kenyamanan termal, karena udara dalam ruang lebih hangat dan lembap akan tergantikan oleh udara dari luar ruang yang lebih sejuk dan kering.<sup>[1]</sup>

Kebutuhan pergantian udara pada suatu ruang ditentukan oleh:

1. Fungsi ruang
2. Kerapatan pengguna ruang
3. Kelembapan dan temperatur udara
4. Polusi udara

## B. KENYAMANAN TERMAL

### Pergantian Udara (*Air Changes*)

Perolehan pergantian udara ditentukan oleh:

1. Laju udara (*air flow*)
2. Volume ruang

Rumus dan satuan *air changes per hour* (ACH)/ pergantian udara per jam dalam satuan metrik, yaitu:

$$N = 60 \frac{Q}{V}$$

Keterangan:

- N = Jumlah *air changes per hour* (ACH)/ pergantian udara per jam  
Q = Besar laju udara dalam meter kubik per menit (m<sup>3</sup>/min)  
V = Besar volume ruang dalam m<sup>3</sup> (meter kubik)



# KENYAMANAN TERMAL

## Pergantian Udara (*Air Changes*)

Berikut beberapa tabel kebutuhan *air changes per hour* (ACH/ pergantian udara minimal untuk sistem ventilasi).

| No | Fungsi Ruang | ACH | Catatan  |
|----|--------------|-----|--|
| 1  | Ruang duduk  | 6   | Asumsi dari ruang tamu pada perpustakaan rumah |
| 2  | Ruang tidur  | 10  | Asumsi dari ruang pasien pada rumah sakit      |
| 3  | Dapur        | 15  | Asumsi dari dapur pada perpustakaan rumah      |
| 4  | Toilet       | 10  | Asumsi dari toilet pada rumah sakit            |
| 5  | Koridor      | 6-8 | Asumsi dari hallways pada public buildings     |

Makin tinggi suhu udara maka kebutuhan laju udara (*air flow*) dan pergantian udara (*air changes*) pun makin besar. Makin tinggi suhu udara maka tubuh makin memperoleh panas. Bila keseimbangan termal tubuh terganggu maka tubuh akan merasakan ketidaknyamanan termal.

| J E N I S             | P A S O K A N   U D A R A   S E G A R   M I N I M U M |                           |
|-----------------------|---|---------------------------|
|                       | Pertukaran Udara/Jam                                  | M <sup>3</sup> /Jam/Orang |
| Perkantoran           | 6   | 18                        |
| Restoran              | 6   | 18                        |
| Toko, Pasar Swalayan  | 6   | 18                        |
| Pabrik, Bengkel       | 6   | 18                        |
| Kelas, Bioskop        | 8   |                           |
| Lobi, Koridor, Tangga | 4   |                           |
| Kamar Mandi, WC       | 10  |                           |
| Dapur                 | 20  |                           |
| Tempat Parkir         | 6   |                           |



| FUNGSI BANGUNAN    | UNIT                        | KEBUTUHAN UDARA LUAR<br>Ruangan Dilarang Merokok |
|--------------------|-----------------------------|--|
| BINATU             |                             |  |
| Binatu             | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,46   |
| RESTORAN           |                             |  |
| Ruang Makan        | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| Dapur              | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,30   |
| Fast Food          | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| LAYANAN MOBIL      |                             |  |
| Garasi Tertutup    | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| Bengkel            | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| HOTEL, MOTEL, ETC. |                             |  |
| Kamar Tidur        | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| Ruang Keluarga     | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,75   |
| Lobi               | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15   |
| Ruang Rapat Kecil  | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |
| Ruang Rapat        | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21   |

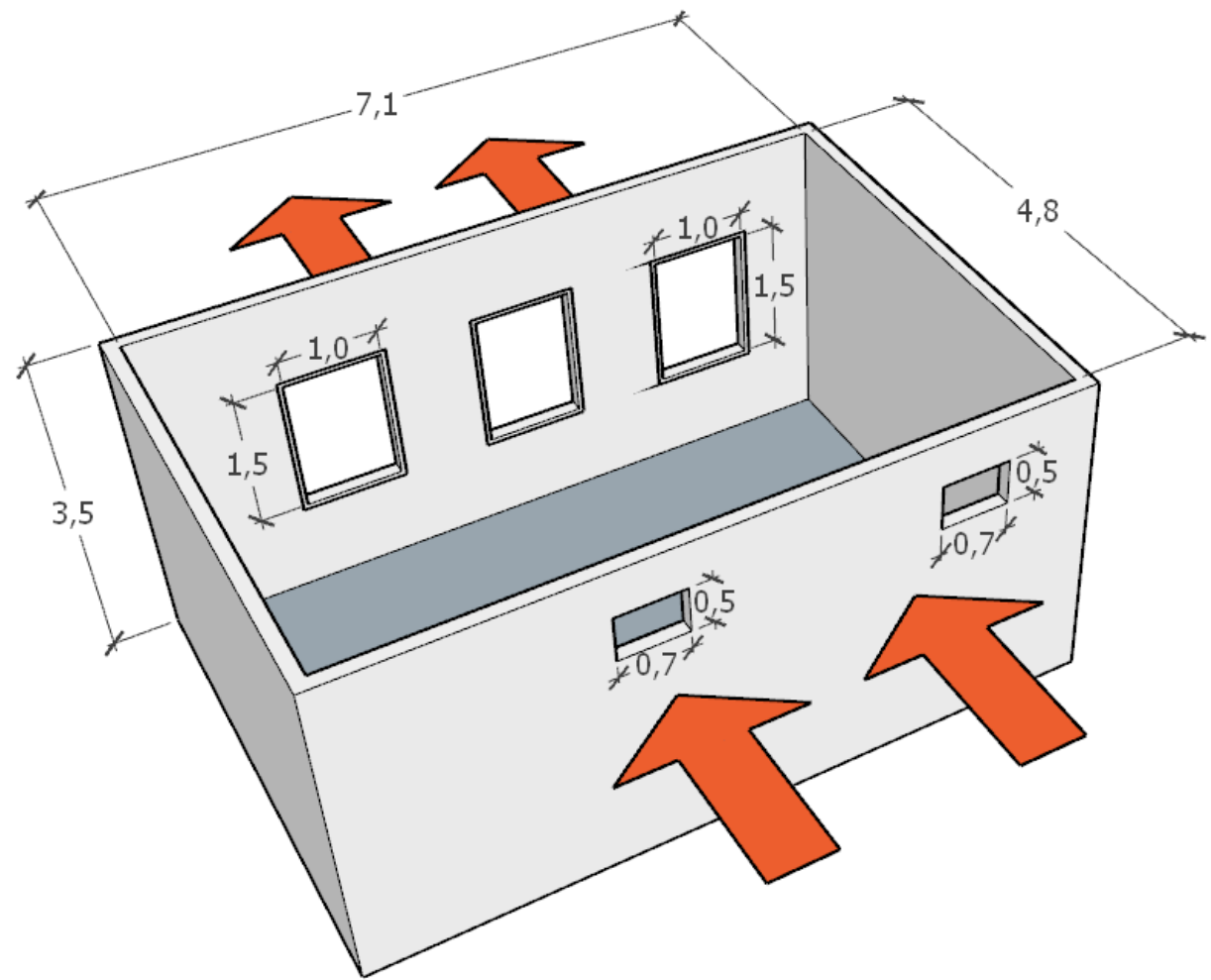
| FUNGSI<br>BANGUNAN                | UNIT                        | KEBUTUHAN<br>UDARA LUAR<br>Ruang Dilarang Merokok |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|
| P E R K A N T O R A N             |                             |   |
| Ruang Kerja                       | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15  |
| Ruang Rapat                       | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21  |
| R U A N G P U B L I K             |                             |   |
| Toilet Umum                       | (m <sup>3</sup> /min)/WC    | 2,25  |
| Ruang ganti                       | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,45  |
| P U S A T P E R B E L A N J A A N |                             |   |
| Basement & Lantai Dasar           | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15  |
| Lantai Atas                       | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15  |
| Pusat Perbelanjaan & Bermain      | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15  |
| Lift                              | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,45  |
| R U A N G K E C A N T I K A N     |                             |   |
| Tempat Rias & Cukur Rambut        | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,60  |
| Ruang Olah Raga                   | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,42  |
| Toko Bunga                        | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,15  |
| Toko Hewan Peliharaan             | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,30  |
| R U A N G H I B U R A N           |                             |   |
| Disko & Bowling                   | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21  |
| Moving Floor, Gymnasium           | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,60  |
| Ruang Bermain                     | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21  |
| Kolam Renang                      | (m <sup>3</sup> /min)/orang | 0,21  |

| TRANSPORTASI                |                                    |      |
|-----------------------------|------------------------------------|------|
| Ruang Tunggu, Platform, dll | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,21 |
| RUANG KERJA                 |                                    |      |
| Pengolahan Makanan          | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,15 |
| Treasury Bank               | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,15 |
| Farmasi                     | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,21 |
| Studio Fotografi            | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,21 |
| Ruang Gelap                 | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,60 |
| Ruang Cetak Foto            | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,15 |
| SEKOLAH                     |                                    |      |
| Ruang Kelas                 | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,15 |
| Laboratorium                | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,30 |
| Perpustakaan                | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,15 |
| RUMAH SAKIT                 |                                    |      |
| Kamar Pasien                | (m <sup>3</sup> /min)/tempat tidur | 0,21 |
| Kamar Pemeriksaan           | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,21 |
| Ruang Operasi dan Bersalin  | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 1,20 |
| Ruang Gawat Darurat         | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 0,45 |
| Ruang Otopsi                | (m <sup>3</sup> /min)/orang        | 3,00 |

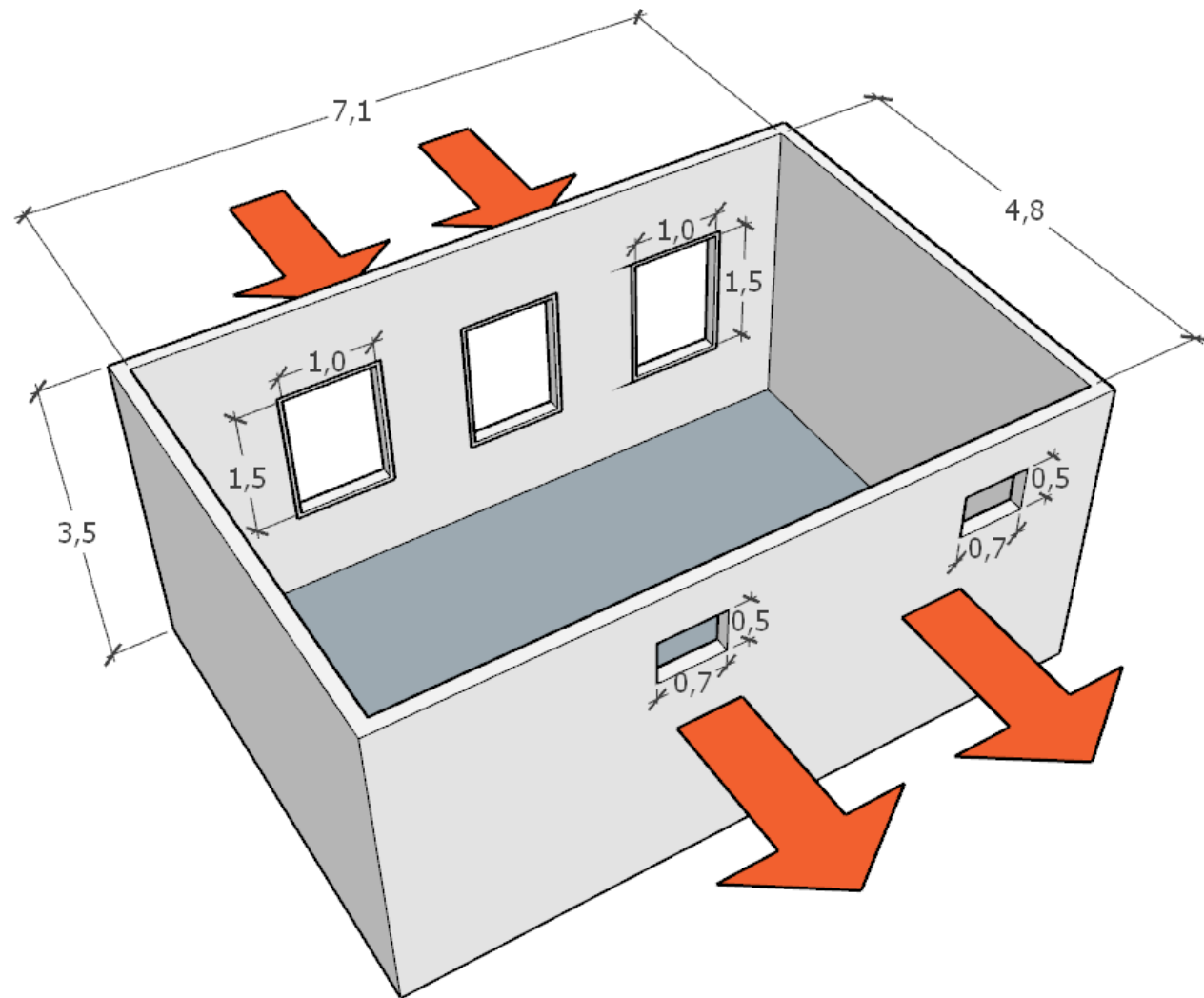


LATIHAN PERHIKTUNGAN

Berapa pergantian udara yang terjadi untuk R. Kerja yang dipakai 3 orang di bawah ini?  
Diketahui kecepatan udara di inlet 1,5 m/detik



Berapa pergantian udara yang terjadi untuk R. Kerja yang dipakai 3 orang di bawah ini?  
Diketahui kecepatan udara di inlet 1,5 m/detik







# STANDAR PENGGUNAAN KIPAS ANGIN



- Pada iklim yang panas dan lembab, penguapan kelembaban dari permukaan kulit memerlukan banyak energi untuk sistem pengkondisian udara dan ventilasi.
- Untuk **mempercepat penguapan, peningkatan kecepatan aliran udara** dengan menggunakan kipas angin pada langit-langit atau dinding sangat efektif untuk diterapkan.
- Aliran udara yang lebih tinggi juga memungkinkan untuk menaikkan suhu udara dengan tetap menjaga kenyamanan termal, sehingga penghematan energi yang lebih besar dapat dicapai.
- Berdasarkan studi, para penghuni tetap merasa nyaman bahkan jika suhu meningkat  $2,6^{\circ}\text{C}$  jika aliran udara meningkat menjadi  $0,8 \text{ m/d}$  melalui kipas angin berkecepatan rendah bervolume tinggi (HVLs)<sup>47</sup>.
- Sebagai aturan praktis—setiap kenaikan satu derajat dalam pengaturan termostat (di atas  $25,56^{\circ}\text{C}$ ) menghasilkan penghematan 6% hingga 10% energi pendinginan<sup>48</sup>. Dengan demikian, kenaikan pengaturan termostat sebesar  $2,6^{\circ}\text{C}$  dapat menyediakan penghematan energi pendinginan 14% hingga 19%.

TABEL . 14

Jumlah Kipas Angin Langit-langit untuk Beragam Dimensi Ruangan<sup>49</sup>

| LEBAR<br>RUANG | PANJANG RUANG |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                | 4 m           | 5 m    | 6 m    | 7 m    | 8 m    | 9 m    | 10 m   | 11 m   | 12 m   | 14 m   | 16 m   |
| 3 m            | 1200/1        | 1400/1 | 1500/1 | 1050/2 | 1200/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1200/3 | 1400/3 | 1400/3 |
| 4 m            | 1200/1        | 1400/1 | 1200/2 | 1200/2 | 1200/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1500/2 | 1200/3 | 1400/3 | 1500/3 |
| 5 m            | 1400/1        | 1400/1 | 1400/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1400/2 | 1500/2 | 1400/3 | 1400/3 | 1500/3 |
| 6 m            | 1200/2        | 1400/2 | 900/4  | 1050/4 | 1200/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1500/4 | 1200/6 | 1400/6 | 1500/6 |
| 7 m            | 1200/2        | 1400/2 | 1050/4 | 1050/4 | 1200/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1500/4 | 1200/6 | 1400/6 | 1500/6 |
| 8 m            | 1200/2        | 1400/2 | 1200/4 | 1200/4 | 1200/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1500/4 | 1200/6 | 1400/6 | 1500/6 |
| 9 m            | 1400/2        | 1400/2 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1500/4 | 1400/6 | 1400/6 | 1500/6 |
| 10 m           | 1400/2        | 1400/2 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1400/4 | 1500/4 | 1400/6 | 1400/6 | 1500/6 |
| 11 m           | 1500/2        | 1500/2 | 1500/4 | 1500/4 | 1500/4 | 1500/4 | 1500/4 | 1500/4 | 1500/6 | 1500/6 | 1500/6 |
| 12 m           | 1200/3        | 1400/3 | 1200/6 | 1200/6 | 1200/6 | 1400/6 | 1400/6 | 1500/6 | 1200/n | 1400/9 | 1400/9 |
| 13 m           | 1400/3        | 1400/3 | 1200/6 | 1200/6 | 1200/6 | 1400/6 | 1400/6 | 1500/6 | 1400/9 | 1400/9 | 1500/9 |
| 14 m           | 1400/3        | 1400/3 | 1400/6 | 1400/6 | 1400/6 | 1400/6 | 1400/6 | 1500/6 | 1400/9 | 1400/9 | 1500/9 |