

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Arsitektur Hemat Energi

2.1.1 Definisi Arsitektur Hemat Energi

Arsitektur hemat energi bergantung pada gagasan bahwa kita dapat menghemat banyak energi tanpa membatasi atau mengubah fungsi, kenyamanan, atau produktivitas bangunan. Dengan menggunakan teknologi dan sains kontemporer, kita dapat mencapai tujuan ini (Magdalena & Tondobala, 2016).

2.1.2 Penghematan Energi Dalam Bangunan

Menurut (Soehartono & Abduh, 2020) Ada beberapacara untuk menghemat energi pada bangunan diantaranya :

1. Melalui sistem utilitas bangunan (penerangan, pengkondisian udara, pompa, BAS)
2. Melalui manusia-pengguna bangunan (pengetahuan, perilaku, disiplin hemat energi)
3. Melalui rancangan arsitektur bangunan (sistem pasif dan aktif)

2.1.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas konsumsi energi (IKE) yaitu istilah yang digunakan untuk menunjukkan perbandingan antara luas dan jumlah energi yang digunakan pada bangunan dalam jangka waktu tertentu. Nilai IKE ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan seberapa besar penghematan energi yang dapat dilakukan pada setiap ruangan atau secara keseluruhan (JASMINE, 2014).

Nilai IKE dapat dijadikan standar mengenai konsumsi energi listrik pada bangunan seperti yang diperlihatkan pada tabel dibawah(S. N. Indonesia, 2000)

No	Kriteria	Ruangan AC (kWh/m ² /per bulan)	Ruangan Non-AC (kWh/m ² /per bulan)
1.	Sangat Efisien	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67
2.	Efisien	7,92 – 12,08	1,67 – 2,5
3.	Cukup Efisien	12,08 – 14,58	-
4.	Agak Boros	14,58 – 19,17	-
5.	Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
6.	Sangat Boros	23,75 – 37,75	3,34 – 4,17

Tabel 2. 1 Standar IKE Bangunan DI Indonesia

sumber SNI 03-6196-2000

Perhitungan IKE dilakukan Setelah data luas bangunan (m²) dikumpulkan, Rumus untuk menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yaitu:

$$IKE = \frac{kWh \text{ total (kWh/tahun)}}{Luas \text{ total (m}^2\text{)}}$$

1. Intensitas Konsumsi Energi Non-AC

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)} - \text{Konsumsi Energi AC}}{Luas \text{ total (m}^2\text{)}}$$

2. Intensitas Konsumsi Energi Menggunakan AC

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi AC}}{Luas \text{ lantai ber-AC (m}^2\text{)}}$$

Pada bangunan gedung, penggunaan energi listrik umumnya didominasi oleh empat sektor utama, yaitu AC, pencahayaan, transportasi gedung, dan perlengkapan kantor, yang menjadi kontributor terbesar konsumsi energi di gedung komersial yang ditunjukkan tabel dibawah(Sijabat & Inarto, 2021),

Penggunaan Energi	Persentase
Sistem AC	60%
Sistem pencahayaan	20%
Sistem transportasi	10%
Alat-alat lain	10%

Gambar 2. 1 Presentase Penggunaan Energi Pada Bangunan

2.2 Penghematan Energi Melalui Rancangan Arsitektur

2.2.1 Strategi Desain Pasif

Menurut (Ardyanny 2022) adapun strategi desain untuk menghemat energi diantaranya strategi desain pasif dan strategi desain aktif. Strategi desain pasif Untuk mengurangi perpindahan panas melalui struktur, pendekatan desain pasif yang disarankan terutama berfokus pada:

1. Orientasi Bangunan

Pada wilayah beriklim tropis, orientasi bangunan menjadi faktor krusial dalam mengendalikan intensitas radiasi matahari yang masuk, sehingga secara langsung memengaruhi tingkat kebutuhan energi untuk pendinginan buatan (Kasus et al., 2024). di wilayah tropis, orientasi bangunan yang paling ideal adalah memanjang dari timur ke barat. Khusus untuk daerah tropis yang lembap, perbandingan optimal antara lebar dan panjang bangunan adalah 1:1,7, sementara perbandingan yang dianggap baik adalah 1:3 (Ola et al., 2024).

Sedangkan menurut (Firmandhani & Pandelaki, 2020) Orientasi bangunan merupakan salah satu faktor kunci dalam menentukan efisiensi energi. Bangunan yang diputar 15 derajat dari arah pergerakan matahari (timur-barat) dapat menjadi lebih hemat energi di karenakan sisi sisi bangunan tidak terkena sinar matahari secara langsung.

2. Selubung Bangunan

Penampilan luar suatu gedung tidak hanya memengaruhi kesan visual dan nilai estetika, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi energi bangunan. Pemilihan jenis serta warna material pada selubung bangunan memiliki dampak jangka panjang terhadap konsumsi energi. Sebagai contoh, penggunaan material dengan konduktivitas termal rendah dapat mengurangi kehilangan energi melalui selubung bangunan, sehingga menekan kebutuhan energi untuk sistem pemanas atau pendingin. Sementara itu, penggunaan

warna-warna terang pada permukaan luar bangunan dapat membantu menurunkan penyerapan panas berlebih, terutama saat cuaca panas atau terik(Nasution et al., 2024).

Material pada elemen selubung bangunan perlu memiliki kualitas tinggi dan kemampuan untuk menahan perpindahan panas. Penggunaan material seperti kaca low-energy, kaca berlapis low-e, serta dinding luar dengan nilai U rendah dapat berkontribusi dalam menurunkan penggunaan energi secara keseluruhan(Nasution et al., 2024).

Secara umum, kaca memiliki nilai konduktivitas panas atau nilai U yang lebih rendah dibandingkan dengan material selubung lainnya seperti bata atau beton. Hal yang sama juga berlaku untuk Koefisien Perolehan Panas Surya (SHGC)(Nasution et al., 2024). Tabel berikut menampilkan nilai U dan SHGC dari berbagai jenis material.

A. Material Dinding

	Layer	Width (m)	Thermal Conductivity (W/m.K)	U-value (W/m².K)
1	Cement plaster	0.03	1.20	0.80
	Concrete blocks	0.15	0.90	
	Thermal insulation	0.03	0.04	
	Concrete blocks	0.10	0.90	
	Cement plaster	0.02	1.20	
2	Natural stone	0.07	1.70	0.82
	Concrete	0.20	1.75	
	Thermal insulation	0.03	0.04	
	Concrete blocks	0.10	0.90	
	Cement plaster	0.03	1.20	
3	Cement plaster	0.02	1.20	0.84
	Concrete blocks	0.20	0.90	
	Thermal insulation	0.03	0.04	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Natural stone	0.07	1.70	
4	Concrete	0.20	1.75	0.9
	Thermal insulation	0.03	0.04	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Natural stone	0.07	1.70	
	Concrete	0.20	1.75	
5	Air gap	0.05	0.28	1.53
	Concrete blocks	0.10	0.90	
	Cement plaster	0.03	1.2	
	Cement plaster	0.30	1.20	
	Concrete blocks	0.10	0.90	
6	Air gap	0.05	0.00	1.58
	Concrete blocks	0.10	0.90	
	Cement plaster	0.02	1.20	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Concrete blocks	0.20	0.90	
7	Cement plaster	0.02	1.20	2.25
	Natural stone	0.07	1.70	
	Concrete	0.20	1.75	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Cement plaster	0.03	1.20	
8	Concrete	0.20	1.75	2.77
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Concrete	0.20	1.75	
	Cement plaster	0.02	1.20	
9	Cement plaster	0.03	1.20	2.98
	Concrete	0.20	1.75	
	Cement plaster	0.02	1.20	
	Cement plaster	0.03	1.20	
	Concrete	0.20	1.75	

Gambar 2. 2 Nilai U-Value Pada Dinding

Sumber : (Muhaisen, 2015)

B. Material Kaca

Jenis Kaca	Warna/Varian	Konfigurasi / Ketebalan	SHGC	U-Value (W/m ² ·K)
Single Glass	Clear	6 mm	0.81	5.8
	Extra Clear (Low Iron)	6 mm	0.91	5.8
	Grey Laminated	8.38 mm	0.62	5.7
	Bronze Laminated	10.38 mm	0.60	5.6
	Green Laminated	8.38 mm	0.69	5.7
Double Glass	Super Grey	6 mm	0.35	5.8
	Clear IGU	4/12/4 mm	0.74	2.6
	Clear IGU	5/12/5 mm	0.71	2.5
	Grey IGU	4 Grey / 12 / 4 Clear mm	0.58	2.6
	Dark Grey IGU	6 Dark Grey / 12 / 6 Clear mm	0.39	2.5
	Bronze IGU	6 Bronze / 12 / 6 Clear mm	0.42	2.5
	Green IGU	6 Green / 12 / 6 Clear mm	0.44	2.5
	Super Green IGU	6 SuperGreen / 12 / 6 Clear	0.40	2.5
	Super Grey IGU	6 SuperGrey / 12 / 6 Clear	0.21	2.5

Tabel 2. 2 Nilai U-Value dan SHGC pada Kaca

Sumber : (Trueman, 2023)

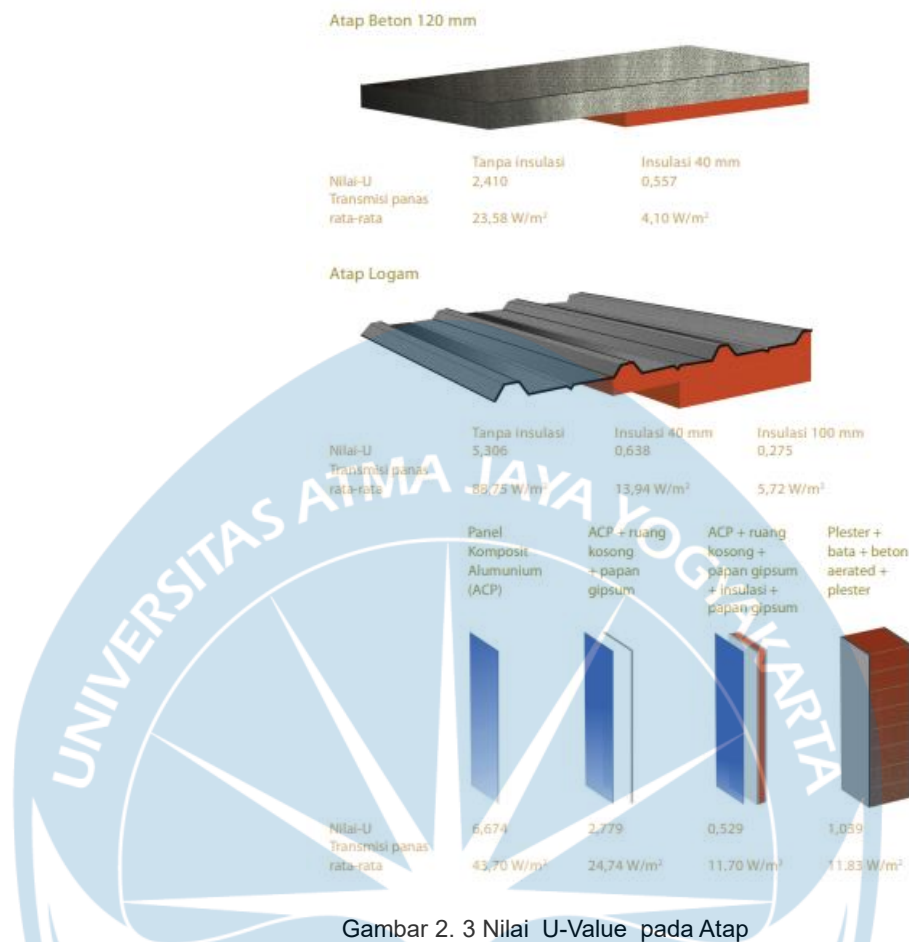
C. Warna Dinding

Cat permukaan dinding luar	α
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu-abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu-abu/biru tua	0,88
Biru/hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau/biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Tabel 2. 3 Nilai (α) untuk cat permukaan dinding luar

sumber SNI 6389:2020

D. Material Atap

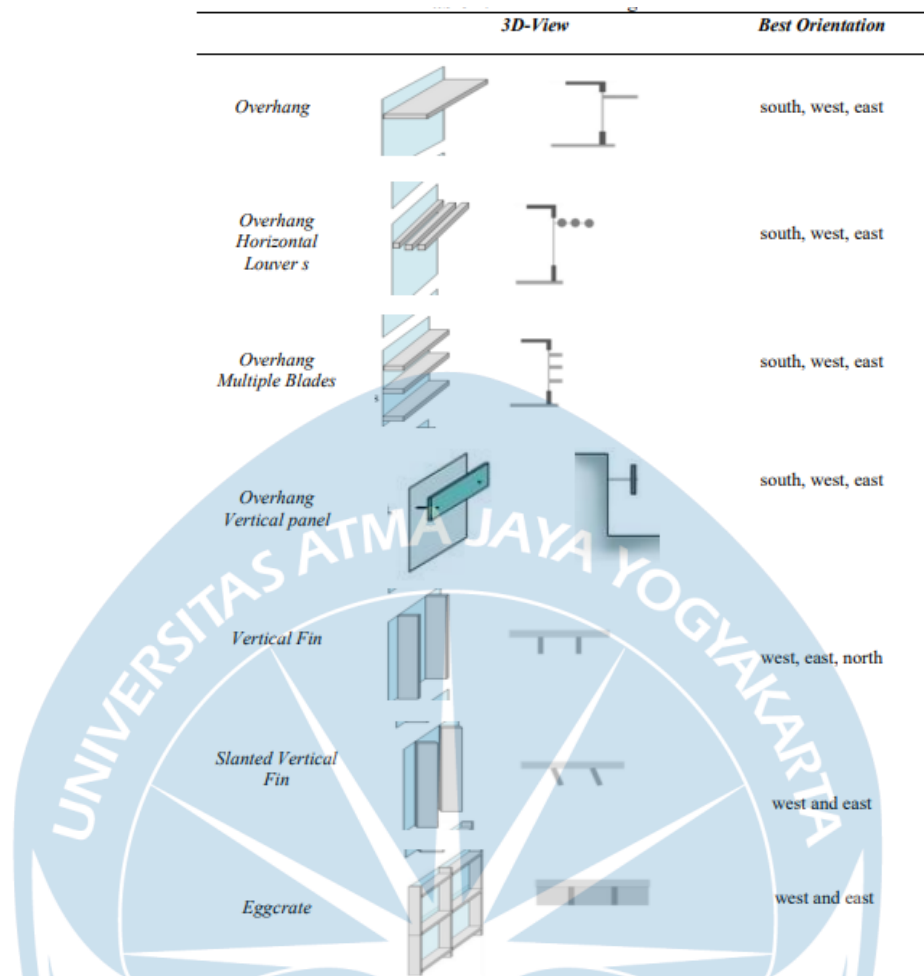


Gambar 2. 3 Nilai U-Value pada Atap

Sumber : (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2016)

3. Sun Shading

Sunshading adalah salah satu elemen desain pasif yang berfungsi secara langsung di luar bangunan untuk mengurangi paparan radiasi matahari yang berlebihan serta mengoptimalkan masuknya cahaya alami. Dengan demikian, konsumsi energi akibat penggunaan pencahayaan buatan dan sistem pendingin di dalam bangunan dapat ditekan (Fikri, 2021). Sun Shading dikelompokkan beberapa jenis diantaranya



Gambar 2. 4 Jenis dan Bentuk Shading

Sumber : (Faisal & Aldy, 2016)

Efektivitas perangkat peneduh matahari diukur melalui nilai shading coefficient (SC), yang merepresentasikan jumlah energi matahari yang diteruskan ke dalam bangunan. Semakin tinggi nilai SC, semakin besar pula energi matahari yang masuk ke dalam ruang (P. N. Zatibayani et al., 2015). Berikut merupakan tabel nilai SC dari Jenis shading

No	Elemen Pelindung	Shading Coefficient
1	<i>Egg Crate</i>	0,10
2	Panel atau awning (warna muda)	0,15
3	<i>Horizontal louver overhang</i>	0,20
4	<i>Horizontal Louver Screen</i>	0,60 – 0,10
5	<i>Cantilever</i>	0,25
6	<i>Vertical louver</i> (permanen)	0,30
7	<i>Vertical Louver</i> (Moveable)	0,15 – 0,10

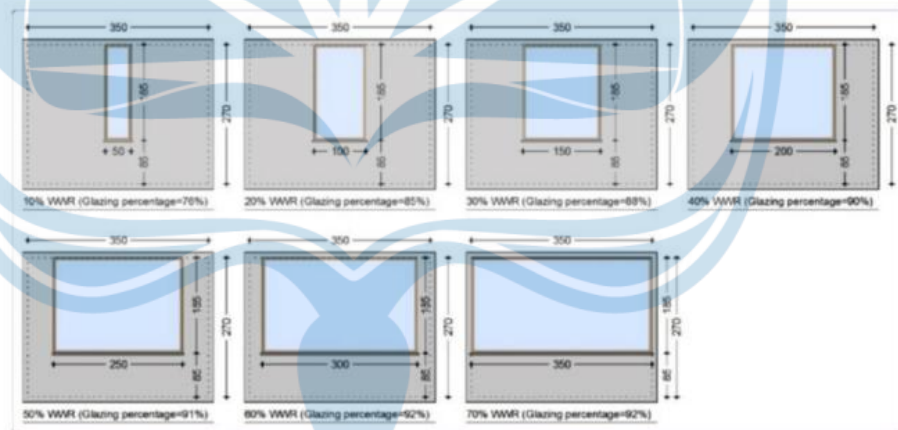
Tabel 2. 4 Nilai Shading Coefficient

Sumber: (Egan dalam P. N. Zatibayani et al., 2015)

4. Mengurangi Rasio Jendela terhadap Dinding/ WWR

Window to wall ratio (WWR) adalah rasio luas bukaan jendela terhadap luas dinding yang mempengaruhi besarnya sinar matahari langsung masuk ke dalam bangunan. Semakin besar nilainya, semakin besar pula panas matahari yang diterima bangunan. Selain itu, bentuk dan posisi jendela dapat mempengaruhi kinerja pencahayaan alamnya (Ola et al., 2024).

Salah satu strategi untuk mengurangi konsumsi energi bangunan adalah dengan mengisolasi elemen dinding dan jendela. Untuk mendukung upaya tersebut, penentuan rasio jendela terhadap dinding atau WWR secara optimal sangat penting dan sebaiknya diperhitungkan sejak tahap awal perancangan. Nilai WWR yang tepat akan menentukan luas bukaan jendela yang dapat meminimalkan kebutuhan energi tahunan, khususnya untuk sistem pendinginan, pemanasan, dan pencahayaan (Goia, 2016).



Gambar 2. 5 Jendela WWR 50%

Sumber : (Ola et al., 2024)

Nilai (OTTV) maksimum sebesar 45 W/m² ditetapkan dalam SNI 03-6389-2000 tentang Konservasi Energi pada Selubung Bangunan sebagai batas efisiensi termal yang harus dipenuhi agar bangunan dapat dikategorikan hemat energi. Salah satu strategi untuk mencapai nilai OTTV tersebut adalah dengan mengatur proporsi bukaan terhadap dinding bangunan, atau (WWR). Selubung bangunan dengan WWR ≤ 40% terbukti mampu menjaga nilai OTTV

tetap berada dalam ambang yang disyaratkan (Sandra Loekita, 2006). Di sisi lain, menurut SNI 03-6197-2000, setiap ruang juga dianjurkan memiliki bukaan dengan luas minimal 20% dari total luas dinding, guna memastikan pencahayaan yang cukup (Susanto et al., 2023).

Berdasarkan pertimbangan efisiensi energi dan kebutuhan pencahayaan alami, desain bangunan idealnya menerapkan (WWR) dalam kisaran 20% hingga 40%. Rentang ini dinilai optimal untuk memenuhi standar kenyamanan ruang menurut SNI 03-6197-2000, sekaligus menjaga nilai (OTTV) agar tetap di bawah batas maksimum 45 W/m^2 sesuai SNI 03-6389-2000.

2.2.2 Strategi Desain Aktif

Sedangkan untuk membantu mengurangi konsumsi energi dengan menggunakan peralatan hemat energi dan mendapatkan listrik dari sumber energi terbarukan, strategi desain aktif harus digunakan. Beberapa strategi yang disarankan untuk ini adalah:

1. Efisiensi Sistem Pendingin

Adapun beberapa jenis pendingin ruangan pada tabel di bawah diantaranya :

TIPE MESIN REFRIGERASI	Efisiensi minimum	
	COP	KW/TR
Split < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
Variable Refrigerant Value	3,70	0,951
Split Duct	2,60	1,353
Air Cooled Chiller <150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller <150 TR (screw)	2,90	1,213
Air Cooled Chiller >150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller >150 TR (screw)	3,00	1,172
Water Cooled Chiller < 150 TR (recip)	4,00	0,879
Water Cooled Chiller < 150 TR (screw)	4,10	0,858
Water Cooled Chiller > 150 TR (recip)	4,26	0,826
Water Cooled Chiller > 150 TR (screw)	4,40	0,799
Water Cooled Chiller > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

Tabel 2. 5 Efisiensi Sistem Pendingin

Sumber : (Ola et al., 2024)

Tabel diatas menunjukan beberapa jenis sistem pendingin, dari data diatas menunjukan chiller berpendingin air memiliki COP yang tinggi sebesar 6,05. Semakin tinggi efisiensi COP , semakin sedikit energi yang dikonsumsi, yang berarti lebih sedikit biaya pengoperasian(Ola et al., 2024).

Chiller berpendingin air untuk sistem pendinginan air dinilai lebih efisien dari pada chiller berpendingin udara. Chiller berpendingin udara biasanya memiliki konsumsi listrik sebesar 0.8-1.2 kW per ton pendinginan, dibandingkan dengan chiller berpendingin air yang berkisar antara 0.45-0.64 kW per ton (Ghahramani et al. 2020).

