

LAPORAN PENELITIAN

“Strategi Penerapan Building Information Modelling (BIM) dalam Evaluasi dan Upaya Perbaikan Rancangan Bangunan pada Mesjid Itenas Bandung”

Erwin Yuniar Rahadian S.T, M.T
Agung Prabowo, S.T., M.T.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2019**

LAPORAN KEMAJUAN
PENELITIAN DOSEN MADYA ITENAS
PDMI

JUDUL

STRATEGI PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING
(BIM)
DALAM EVALUASI DAN UPAYA PERBAIKAN RANCANGAN
BANGUNAN PADA MASJID ITENAS - BANDUNG

Nomor : 313/B.05/LP2M-Itenas/IV/2019

OLEH :

Erwin Yuniar Rahadian, ST., MT.



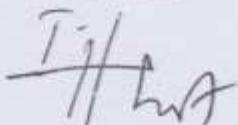
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
2019

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN
DOSEN MUDA**

1. Judul Penelitian : Strategi Penerapan Building Information Modelling (Bim) Dalam Evaluasi Dan Upaya Perbaikan Rancangan Bangunan Pada Mesjid Itenas - Bandung
2. Ketua Peneliti
a. Nama : Erwin Yuniar Rahadian, ST., MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-laki
c. Pangkat/Golongan : III-B / Asisten Ahli
d. NIP/NPP : 120020108/1386
e. Jurusan/Fakultas/Pusat Studi : Arsitektur/ FTSP
f. Email : ears@itenas.ac.id
3. Anggota Peneliti : 1
a. Nama : Agung Prabowo Sulistiawan, ST., MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-lai
c. Pangkat/Golongan : III-B / Asisten Ahli
d. NIP/NPP : 120180405
e. Jurusan/Fakultas/Pusat Studi : Arsitektur/ FTSP
f. Email : agung.prabowo@itenas.ac.id
4. Jangka Waktu Penelitian : 7 (tujuh) bulan
5. Biaya Penelitian : Rp. 12.000.000,-
(Dua Belas Juta Rupiah)

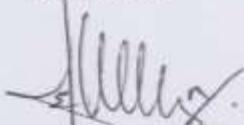
Bandung, 8 Juli 2019

Ketua Peneliti



Tecky Hendrarto, Ir., MT.
NIP. 120020110

Ketua Peneliti



Erwin Yuniar R, ST., MT.
NIP.120020108

Mengetahui
Kepala LP2M Itenas

Dr. Tarsisius Kristyadi, ST., MT.
NIP. 119960604

**LAPORAN KEMAJUAN
PENELITIAN DOSEN MADYA ITENAS
PDMI**

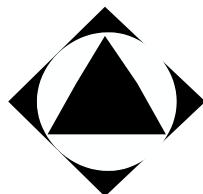
JUDUL

**Strategi Penerapan Building Information Modelling (BIM)
Dalam Evaluasi Dan Upaya Perbaikan Rancangan Bangunan Pada
Masjid Itenas - Bandung**

Nomor : 313/B.05/LP2M-Itenas/IV/2019

OLEH :

Erwin Yuniar Rahadian, ST., MT.



**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN
DOSEN MUDA**

1. Judul Penelitian : Strategi Penerapan Building Information Modelling (Bim) Dalam Evaluasi Dan Upaya Perbaikan Rancangan Bangunan Pada Mesjid Itenas - Bandung
2. Ketua Peneliti
a. Nama : Erwin Yuniar Rahadian, ST., MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-laki
c. Pangkat/Golongan : III-B / Asisten Ahli
d. NIP/NPP : 120020108/1386
e. Jurusan/Fakultas/Pusat Studi : Arsitektur/ FTSP
f. Email : ears@itenas.ac.id
3. Anggota Peneliti : 1
a. Nama : Agung Prabowo Sulistiawan, ST., MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-lai
c. Pangkat/Golongan : III-B / Asisten Ahli
d. NIP/NPP : 120180405
e. Jurusan/Fakultas/Pusat Studi : Arsitektur/ FTSP
f. Email : agung.prabowo@itenas.ac.id
4. Jangka Waktu Penelitian : 7 (tujuh)_bulan
5. Biaya Penelitian : Rp. 12.000.000,-
(Dua Belas Juta Rupiah)

Bandung, 8 Juli 2019

Ketua Peneliti

Ketua Peneliti

Tecky Hendrarto, Ir., MT.
NIP. 120020110

Erwin Yuniar R. ST., MT.
NIP.120020108

Mengetahui
Kepala LP2M Itenas

Dr. Tarsisius Kristyadi, ST., MT.
NIP. 119960604

DAFTAR ISI

RINGKASAN (ABSTRAK)

PRAKATA

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

CATATAN KEMAJUAN PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN:

Strategi penerapan building information modelling (BIM) dalam evaluasi dan upaya perbaikan rancangan bangunan pada Masjid Itenas - Bandung

A. TENAGA PENELITI

No.	Nama dan Keahlian	Gelar Keserjanaan	Tugas yang Telah Diselesaikan dalam Penelitian	Alokasi Waktu (per minggu)	Unit Kerja
1	Erwin Yuniar R. Teknologi Bangunan, Komputasi Arsitektur	ST., MT.	Koordinasi penelitian, Survey Lapangan Modelling BIM, Simulasi komputer Green Architecture	5 jam	Jurusan T. Aritektur
2	Agung Prabowo S. Arsitektur dan Energi, Fisika Bangunan	ST., MT.	Kajian Teori Green Building	5 jam	Jurusan T. Aritektur

B. MAHASISWA (cat: bila melibatkan mahasiswa)

No.	Nama	NIM	Judul Tugas Akhir	Status Kemajuan Tugas Akhir
1	Resha Lutfiarna	21 2016 082	Belum TA	
2	Raima Dien M.	21 2016 103	Belum TA	
3	Monica Cindy C.	21 2016 117	Belum TA	
4	Widya Primatiana S.	21 2016 118	Belum TA	

C. LOKASI PENELITIAN

No.	Lokasi/Laboratorium	Alamat	Pemilik/Pengelola
1	Ruang Kuliah Gedung 18 Lantai 3 – Kampus Itenas	Jl. P. H.H. Mustofa No 23, Bandung	Yayasan Pendidikan Dayang Sumbi - Itenas
2	Masjid Itenas Bandung T	Jl. P. H.H. Mustofa No 23, Bandung	Yayasan Pendidikan Dayang Sumbi - Itenas

D. URAIAN KEGIATAN

Kegiatan penelitian ini diawali setelah disetujuinya proposal penelitian. Adalah melakukan persiapan penelitian berupa koordinasi awal kepada seluruh tim peneliti dan asisten yang

membantu penelitian ini.

Tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran di lapangan, untuk mengambil sejumlah data yang diperlukan dalam penelitian ini. Data tersebut selanjutnya dikompilasi kedalam sebuah table untuk selanjutnya di analisis.

Proses selanjutnya adalah pembuatan model 3D digital menggunakan aplikasi BIM dengan perangkat lunak ArchiCAD. Setelah model 3D bangunan Masjid Itenas selesai dibuat, proses selanjutnya adalah melakukan simulasi komputer menggunakan perangkat lunak Archicad untuk simulasi material.

Hasil dari pengambilan data lapangan mengenai suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin sebagai data awal, serta pembuatan model 3D dapat dilihat pada bab IV, laporan kemajuan penelitian ini.

Berikut ini adalah jadwal rencana kegiatan penelitian

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan (bulan)				
		1	2	3	4	
1.	Persiapan	X				
2.	Rancangan Penelitian	X				
3.	Pengukuran Lapangan	X	X			
4.	Pengolahan Data		X	X	X	
5.	Pembuatan Model 3D Digital			X	X	

E. KEGIATAN YANG AKAN DILAKUKAN

Uraikan secara singkat kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan selanjutnya dalam tabel rencana dan waktu kegiatan berikut.

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan (bulan)				
		5	6	7	8	
1	Pembuatan Maket Studi	X	X			
2	Pengujian Maket Studi di Terowongan Angin		X	X		
3	Simulasi Model 3D Digital menggunakan Aplikasi BIM (ARCHICAD)	X	X	X		
4	Seminar laporan kemajuan	X				
5	Usulan Desain			X		
6	Diseminasi				X	

F. HASIL YANG DICAPAI

Tuliskan detail capaian output sampai saat ini.

F1. Artikel Jurnal

No.	Judul Artikel	Nama Jurnal	Status Kemajuan*)

*) Status kemajuan: persiapan, submitted, under review, accepted, published.

F2. Artikel Konferensi

No.	Judul Artikel	Detail Konferensi (Nama, penyelenggara, tempat, tanggal)	Status Kemajuan*)

*) Status kemajuan: persiapan, *submitted*, *under review*, *accepted*, *published*.

F3. Paten

No.	Judul Usulan Paten	Status Kemajuan*)

*) Status kemajuan: persiapan, *submitted*, *under review*.

F4. Buku

No.	Judul Buku	(Rencana) Penerbit	Status Kemajuan*)

*) Status kemajuan: persiapan, *submitted*, *under review*.

F5. Hasil Lain (*Software, Inovasi Teknologi, dll*)

No.	Nama Output	Detail Output	Status Kemajuan*)
1	Model 3D BIM	<p>Model digital virtual 3 dimensi bangunan masjid Itenas, lengkap dengan informasi material dan spesifikasi teknis berbasis Building Information Modelling.</p> <p>Selanjutnya model digital BIM ini dievaluasi melalui analisis performa bangunan berkaitan dengan kenyamanan thermal untuk selanjutnya dilakukan upaya perbaikan</p>	Model digital virtual 3 BIM sudah selesai
2	Maket Studi	<p>Maket Studi dengan usulan berapa alternatif bukaan yang dapat diganti.</p> <p>Dengan maket studi yang memiliki variasi bukaan ini, peneliti dapat melihat pola pergerakan udara yang terjadi pada ruang tersebut menggunakan alat bantu terowongan angin.</p>	Maket belum selesai
3	Data Simulasi aliran udara	Simulasi aliran udara pada objek studi	Dalam proses simulasi dan simulasi beberapa alternatif

*) Status kemajuan: cantumkan status kemajuan sesuai kondisi saat ini.

G. PEMBINAAN YANG DIPERLUKAN

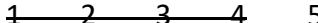
Pilih jenis kegiatan yang Anda perlukan untuk membantu tim mencapai *output* yang dijanjikan.

No.	Kegiatan	Beri tanda Cek (✓) apabila anda membutuhkan
1	Pelatihan penulisan makalah untuk publikasi jurnal nasional	
2	Pelatihan penulisan makalah untuk publikasi jurnal internasional	
3	Pelatihan penulisan draf paten	
4	Pelatihan penulisan buku ajar	
5	Program lain (tuliskan sesuai kebutuhan anda)	

H. EVALUASI DIRI

Lingkari jawaban yang menurut anda paling sesuai (1 – sangat tidak setuju; 2 – tidak setuju; 3 – netral; 4 – setuju; 5 – sangat setuju). Mohon diisi secara jujur. Evaluasi diri ini berguna sebagai salah satu instrumen pengendalian proses penelitian. Hasil evaluasi diri ini tidak akan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

No	Item Evaluasi	Jawaban
1	Dalam pelaksanaan penelitian, anggota tim bekerja secara proporsional sesuai dengan tugas dan tanggung jawabnya	1 2 3 4 5
2	Kemajuan yang dihasilkan sampai saat ini sesuai atau lebih baik dibandingkan dengan yang ditargetkan	1 2 3 4 5
3	Tim peneliti tidak mengalami permasalahan yang substansial dalam pelaksanaan penelitian ini	1 2 3 4 5
4	Tim peneliti punya keyakinan penelitian ini akan menghasilkan output sesuai yang dijanjikan	1 2 3 4 5
5	Tim peneliti melaksanakan penelitian dengan kaidah ilmiah dan terbebas dari plagiarisme, sitasi yang tidak sesuai kaidah ilmiah, atau praktik lain yang sejenis	1 2 3 4 5
6	Tim peneliti melakukan dokumentasi informasi, data, dan laporan	1 2 3 4 5
7	Tim peneliti secara rutin melakukan dokumentasi kegiatan dalam bentuk log book	1 2 3 4 5
8	Tim peneliti melakukan pencatatan pengeluaran dana penelitian sebagai bahan pembuatan laporan keuangan	1 2 3 4 5

9	Dalam penelitian ini tim peneliti menggunakan peralatan / perangkat yang tidak menyalahi HAKI		5
---	---	---	---

I. URAIAN KEGIATAN

Peneliti harap melampirkan fotokopi log book yang berisi catatan harian aktivitas penelitian.

Catatan harian ditulis tangan, mencakup: tanggal kegiatan, aktivitas yang dilakukan, siapa yang terlibat, dll.

J. LEMBAR UNTUK REVIEWER

Lembar ini akan diisi oleh reviewer dan hasilnya akan dikembalikan ke peneliti sebagai umpan balik.

a. Menurut anda, secara umum laporan kemajuan ini (lingkari salah satu):

- 1 – Kemajuan luar biasa (*excellent*)
- 2 – Kemajuan sangat bagus (*very good*)
- 3 – Kemajuan bagus (*good*)
- 4 – Kemajuan bisa diterima (*acceptable*)
- 5 – Kemajuan di bawah standar (*below standard*)

b. Berikan evaluasi/rekomendasi terurai terhadap laporan kemajuan ini sebagai umpan balik bagi peneliti.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dekade terakhir ini perang teknologi informasi dan komunikasi telah mauk keranah industri bidang *Architectur, Engineering dan Construction* (AEC). Salah satu teknologi informasi yang digunakan dalam induseti AEC tersebut adalah teknologi Building Information Modelling atau dikenal dengan istilah BIM. Teknologi BIM ini digunakan dalam proyek-proyek konstruksi mulai dari tahap pra-rancangan, tahap pengembangan rancangan, tahap detail rancangan, tahap konstruksi, hingga tahap operasional dan perawatan bangunan. Dengan diterapkannya teknologi BIM ini diharapkan semua tahapan pekerjaan tersebut menjadi lebih efisien, efektif dan menghasilkan bangunan dengan prforma yang baik.

Terkait dengan peforma bangunan, salah satu kemampuan teknolgi BIM ini adalah dapat memberikan informasi performa bangunan berdasarkan data yang diinputkan pada material bangunan, lokasi bangunan, orientasi bangunan dan dapat melakukan simulasi performa bangunan salah satunya terhadap aspek bangunan arsitektur yang berkelanjutan

Green Building adalah salah satu solusi desain arsitektur berkelanjutan dalam merancang bangunan dan lingkungannya yang dapat menjawab permasalahan terkait konservasi sumber daya alam khususnya kebutuhan energi operasional dan mendukung pelestarian lingkungan, dimana diterapkan baik teknik pasif maupun teknik aktif pada selubung bangunan, sistem pengkondisian udara dan ventilasi, sistem pencahayaan, sistem listrik dan transportasi vertikal, manajemen dan efisiensi air, serta pengolahan lahan.

Masjid Itenas yang berada di lingkungan kampus Itenas terletak di kota Bandung dimana terdapat potensi angin dan cahaya berlimpah, tetapi dengan lokasinya di daerah beriklim tropis basah maka memiliki kendala paparan radiasi matahari tinggi yang berdampak suhu udara tinggi dan kelembaban udara tinggi, yang dampaknya penggunaan energi operasional bangunan yang juga tinggi. Agar bangunan dapat menghemat energi operasional maka dibutuhkan penelitian lebih mendalam mengenai kenyamanan termal, pengkondisian udara dan pencahayaan buatan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana strategi penerapan building information modelling (BIM) dalam evaluasi dan upaya perbaikan rancangan bangunan pada Masjid Itenas - Bandung, yang mencakup:

- Orientasi massa dan gubahan massa yang meminimalkan paparan radiasi panas matahari pada bangunan, sehingga beban sistem pendinginan udara dapat direduksi.
- Pemilihan material fasad baik dinding maupun bukaan dengan thermal resistance yang baik (dapat menghambat transmisi radiasi panas matahari masuk ke dalam bangunan)
- Pemilihan material penutup atap dan lapisan insulasi termalnya yang tepat dengan nilai reflektifitas, emisivitas, dan insulasi yang lebih tinggi.
- dan beban sistem pendinginan udara dapat direduksi, selain itu dapat mereduksi efek urban heat island.

- Pemanfaatan ventilasi alami untuk mereduksi beban sistem pengkondisian udara, dengan terlebih dahulu mengantisipasi tingginya suhu dan kelembapan udara.
- Adanya luas bukaan cahaya dengan nilai WWR minimal 15 % sehingga dapat mengoptimalkan potensi cahaya alami dan penggunaan lampu hemat energi dengan efikasi tinggi, untuk mereduksi energi listrik sistem pencahayaan buatan.
- Hasil dari penelitian pada bangunan Masjid Itenas ini, diharapkan dapat menjadi acuan dasar dalam perencanaan renovasi Masjid Itenas dengan menerapkan prinsip Green Building, dimana energi operasional bangunan dapat direduksi dan mendukung pelestarian lingkungan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Building Information Modeling (BIM)

BIM adalah pendekatan baru untuk desain, konstruksi, dan manajemen fasilitas di mana digital representasi proses pembangunan digunakan untuk memfasilitasi pertukaran dan interoperabilitas informasi dalam format digital. BIM dapat diterapkan dalam analisis keberlanjutan secara luas sambil mempertimbangkan misalnya orientasi bangunan, selubung bangunan, dan bahan konstruksi.

Dalam *BIM Handbook*, Eastman et al.(2008) mendefinisikan BIM sebagai “teknologi pemodelan dan serangkaian proses terkait untuk menghasilkan, berkomunikasi, dan menganalisis model bangunan.

Model BIM juga dapat menyediakan lebih banyak informasi kepada produsen produk, memungkinkan untuk penggunaan prefabrikasi yang lebih besar, yang bias menghilangkan limbah dan membuat konstruksi proses lebih hijau dan lebih cepat. BIM dapat membantu dalam aspek-aspek berikut desain berkelanjutan:

- Membangun Informasi Modeling (BIM) dapat memainkan peran kunci selain kemampuannya untuk menciptakan lebih banyak homogenisasi rantai pasokan konstruksi.
- Aplikasi BIM untuk analisis energy telah diperkenalkan untuk meningkatkan proses ini tetapi sebagian besar pada tahap desain. Penelitian ini juga memperkenalkan konsepsi Model berbasis BIM yang dapat meningkatkan Proses Evaluasi bangunan dan perbaikan rancangan yang memenuhi persyaratan industri untuk bangunan berkelanjutan.
- Bagaimana pendekatan BIM dapat digunakan untuk memanfaatkan variabel-variabel ini secara lebih baik dan konsisten metodologi untuk memberi manfaat bagi semua pemangku kepentingan pemodelan informasi bangunan (BIM) untuk desain berkelanjutan.

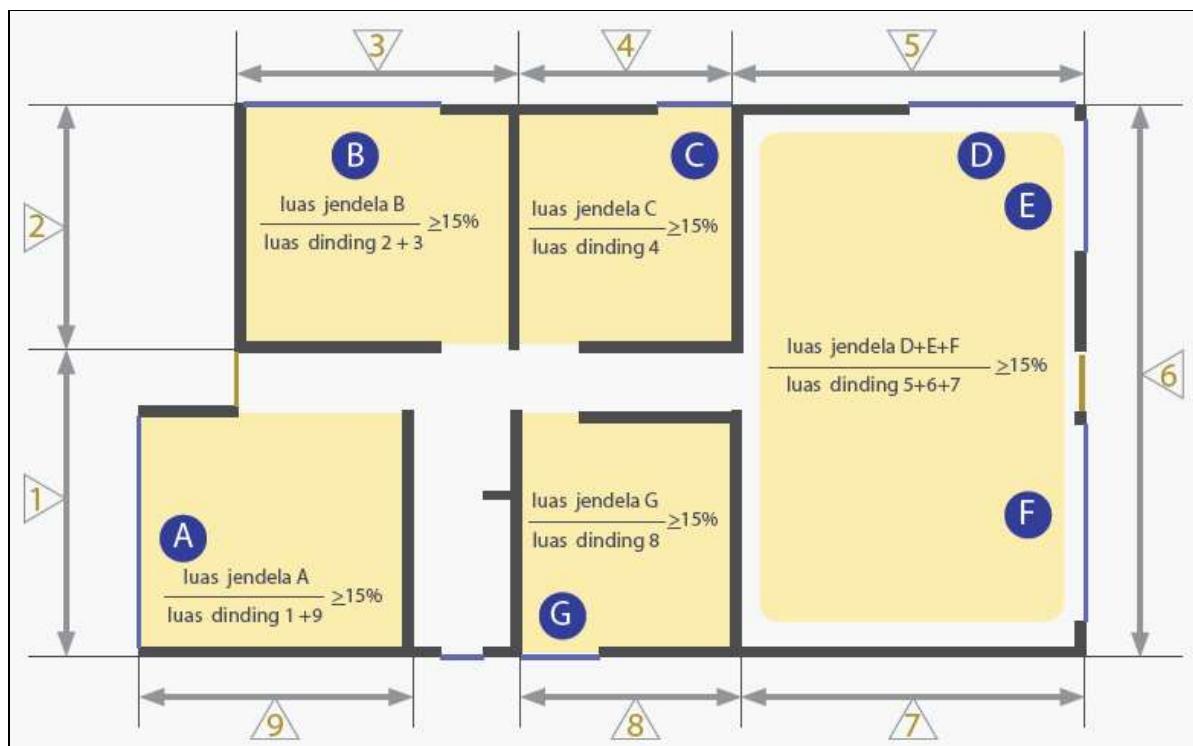
Menurut buku *BIM in Small Scale Sustainable Design*, Lévy et al (2012), beberapa strategi desain parametrik BIM spesifik untuk kinerja arsitektur berkelanjutan terkait penelitian ini diantaranya :

- Strategi analysis dan pengolahan tapak bangunan
- Strategi studi massa Bangunan
- Strategi studi matahari pencahayaan siang hari
- Strategi pendinginan pasif bangunan (passive cooling)
- Strategi studi hidrologi bangunan
- Strategi studi pemilihan material bangunan

Salah satu strategi performa bangunan dalam Bulding Information Modelling (BIM) adalah pendinginan pasif bangunan. Beberapa alternatif ntif dalam melakukan pendinginan pasif bangunan diantaranya :

Pengaturan Nilai Window to Wall Ratio (WWR)

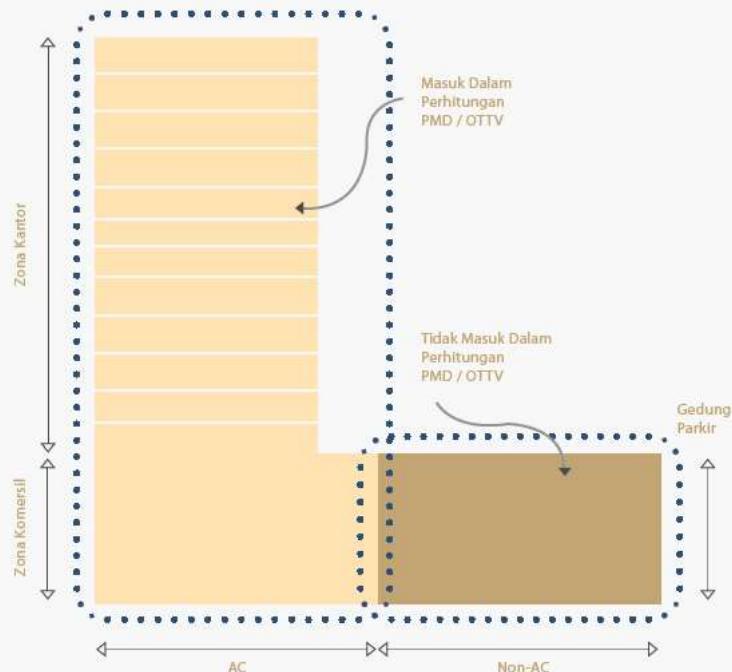
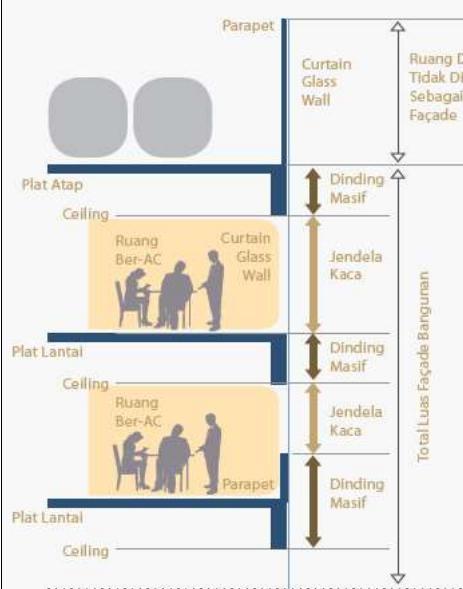
Window to Wall Ratio (WWR) adalah rasio luas bukaan terhadap luas dinding. Makin besar nilai WWR, maka potensi penerimaan radiasi matahari masuk ke dalam bangunan makin besar, dan dapat berdampak pada peningkatan suhu ruang yang meningkatkan beban termal bagi sistem pengkondisian udara (AC).



Gambar 2-2 Cara hitung nilai WWR

Perhitungan NJB (WWR) pada konstruksi curtain glass wall (kiri). Perhitungan PMD (OTTV) dan PMA (RTTV) hanya dilakukan pada ruang atau bangunan yang dikondisikan (AC)

$$\text{NJB (WWR)} = \frac{\text{Total Luas Jendela Kaca}}{\text{Total Luas Façade}}$$

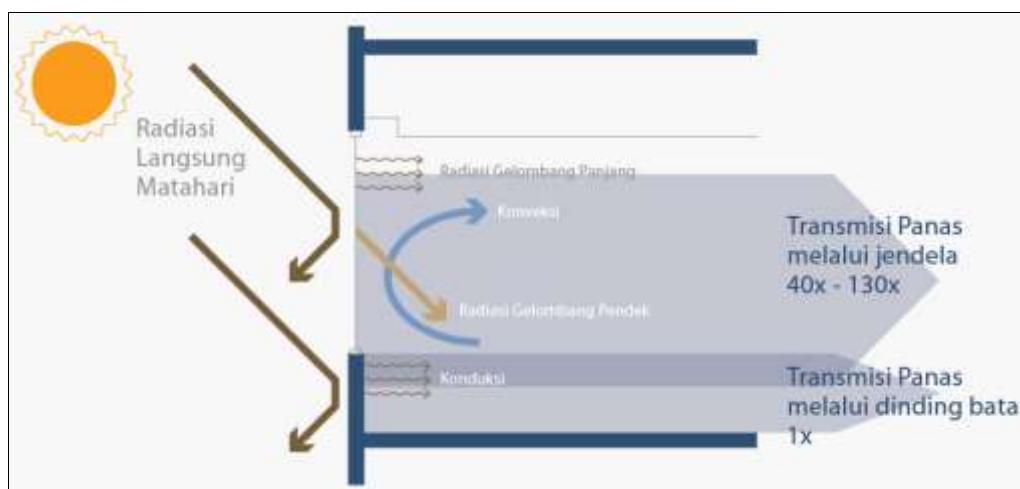


Gambar 2-3 Cara hitung WWR untuk OTTV

WWR hanya dihitung pada ruang yang dihuni atau digunakan untuk aktifitas pengguna. Agar diperoleh penghematan energi operasional bangunan, maka nilai WWR harus diatur sehingga OTTV masih dapat memenuhi syarat Green Building. Terkait perbedaan intensitas radiasi matahari pada selubung bangunan, maka WWR pada sisi Barat dan Timur bangunan sebaiknya dibuat berbeda dengan sisi Utara dan Selatan.

1. Spesifikasi kaca

Transmisi radiasi panas matahari melalui kaca ke dalam bangunan dapat 40 x sampai 130 x lebih besar dibandingkan melalui dinding bata. Oleh karena itu pemilihan kaca dengan spesifikasi yang tepat sangat penting agar OTTV memenuhi syarat Green Building dan beban termal untuk sistem pengkondisian udara dapat direduksi sehingga menghemat energi operasional bangunan.



Gambar 2-4 Perbandingan transmisi panas melalui selubung bangunan antara dinding bata dan kaca

Spesifikasi kaca meliputi:

- a. Energy characteristic/ Energy Performance (terkait radiasi panas dan cahaya)

EA	= Energy Absorption (α , %)	= kemampuan serap
ER	= Energy Reflectance (ρ , %)	= kemampuan pantul
DET	= Energy Transmittance (τ , %)	= kemampuan transmisi/ meneruskan
$\alpha + \rho + \tau = 1$		

- b. Light Characteristic/ Light Performance (terkait radiasi cahaya)

VLR	= Visual Light Reflectance (%)	= kemampuan pantul
VLT	= Visual Light Transmittance (%)	= kemampuan transmisi/ meneruskan

- c. Solar Factor, Shading Coefficient, Solar Heat Gain Coefficient, U Value, dan UV Transmission

SF	= Solar Factor (%)	= Jumlah radiasi matahari (panas & cahaya) yang diperoleh dalam ruang, dari Transmittance & Absorption
SC	= Shading Coefficient (0,00-1,00)	= Koefisien Peneduh, dalam angka 0,00 – 1,00, yaitu kemampuan transmisi radiasi matahari (panas & cahaya) suatu kaca dibandingkan clear glass 1/8".

SHGC	= Solar Heat Gain Coefficient (%) = 0,86 SC	Koefisien Perolehan Panas Matahari, dalam %, yaitu kemampuan transmisi radiasi panas matahari (short infrared) suatu kaca dibandingkan clear glass 1/8". Makin rendah SHGC maka makin kecil transmisi radiasi panas matahari. SHGC = 0,86 SC (disarankan SHGC \leq 0,4).
U-Val	= U-Value/ Thermal Transmittance	= Nilai-U/ transmitansi panas, dalam satuan (W/m ² K), yaitu jumlah panas (long infrared) ditransmisikan dalam 1 detik oleh material seluas 1 m ² sehingga terjadi kenaikan suhu 1 K.
UV	= UV Transmission (%)	= kemampuan transmisi UV

Spesifikasi kaca paling penting terkait thermal performance untuk antisipasi radiasi panas matahari meliputi:

- a. Shading Coeffficient (SC)
Makin rendah SC maka makin kecil transmisi radiasi panas dan cahaya matahari.
- b. Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)
Makin rendah SHGC maka makin kecil transmisi radiasi panas matahari.
- c. U-Value/ Thermal Transmittance
Makin tinggi U-Val maka kaca makin mengantarkan panas.

Makin rendah SC, SHGC, dan U-Value, maka makin rendah juga transmisi radiasi panas dan cahaya yang terjadi. Panas adalah kendala sedangkan cahaya adalah potensi. Maka agar kaca memenuhi Green Building, maka sebaiknya spesifikasi Shading Coefficient < 0,45 tetapi tidak terlalu rendah, dan U Value tidak tinggi. Hal ini sudah dapat dicapai oleh kaca reflektif (Solar Heat Reflective Glass) dengan warna tertentu.

Tabel 2-1 Perbandingan U-Val, VLT, SC, dan SHGC pada beberapa jenis kaca tunggal 8 mm

KACA TUNGGAL 8mm	Nilai-U	Transmisi Visual (%)	SC	SHGC
Bening	4.94	89	0.95	0.82
Berwarna	5.18	55	0.51 – 0.57	0.44 – 0.49
Reflektif	5.18	42 – 48	0.42 – 0.53	0.36 – 0.46
Low-E	4.54	35 – 67	0.40 – 0.69	0.34 – 0.59

2. Spesifikasi dinding

Spesifikasi dinding paling penting terkait thermal performance untuk antisipasi radiasi panas matahari meliputi:

- a. Thermal Conductivity/ konduktivitas panas - λ (W/mK)

Kemampuan menghantarkan panas, yaitu jumlah panas ditransmisikan material setebal 1 m kenaikan suhu ruang dalam 1 K. Makin tinggi Thermal Conductivity, maka makin menghantarkan panas.

b. Thermal Transmittance/ transmitansi panas - U-Val (W/m²K)

Jumlah panas ditransmisikan dalam 1 detik oleh material seluas 1 m² sehingga terjadi kenaikan suhu 1 K. Makin tinggi U-Val maka makin menghantarkan panas.

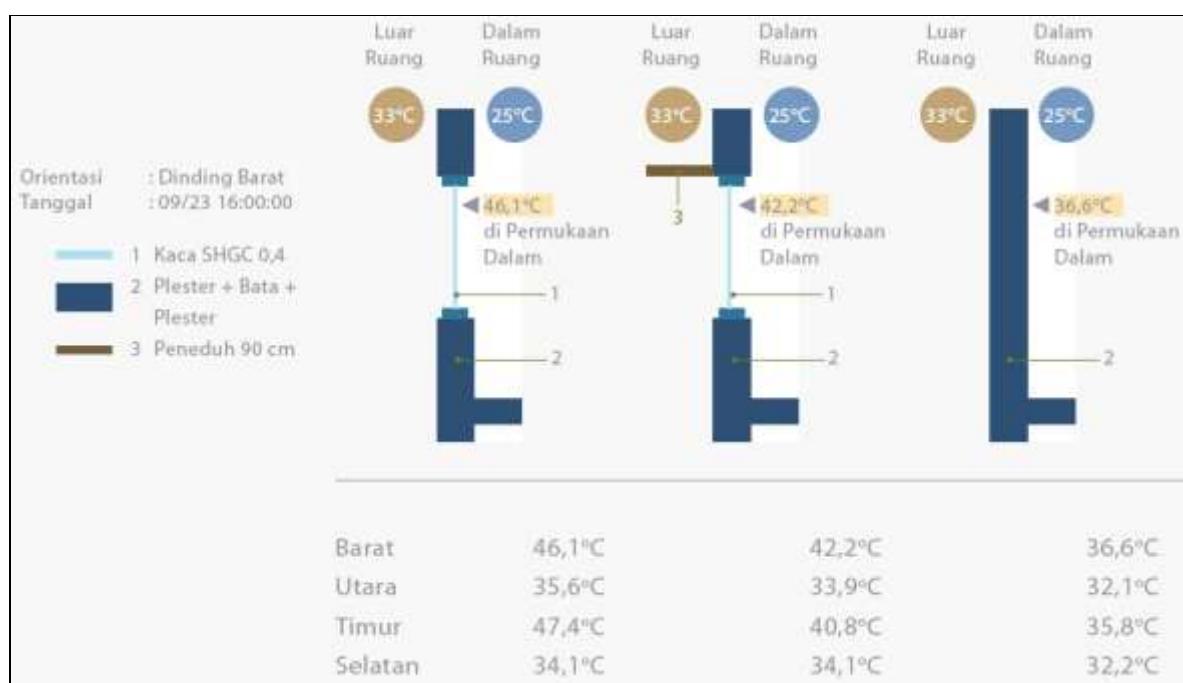
c. Specific Heat Capacity/ kapasitas panas spesifik - c (J/kgK)

Jumlah panas yang dibutuhkan 1 kg material agar suhunya naik 1 K. Makin tinggi Specific Heat Capacity, maka makin menghambat perpindahan panas.

Untuk menghambat penerimaan radiasi panas matahari masuk ke dalam bangunan, maka nilai Thermal Conductivity, dan Thermal Transmittance harus rendah, sedangkan Specific Heat Capacity tinggi. Hal ini dapat diperoleh melalui Insulative Wall dan Thermal Mass Wall, sehingga mendukung perolehan OTTV yang memenuhi syarat Green Building.

Insulative Wall adalah dinding insulasi dengan Thermal Conductivity rendah dan Thermal Transmittance rendah, sehingga Mean Radiant Temperature (MRT) atau suhu rata-rata permukaan interior (contoh dinding fasad bagian dalam) tidak terlalu tinggi. Penerapan pada semua sisi bangunan.

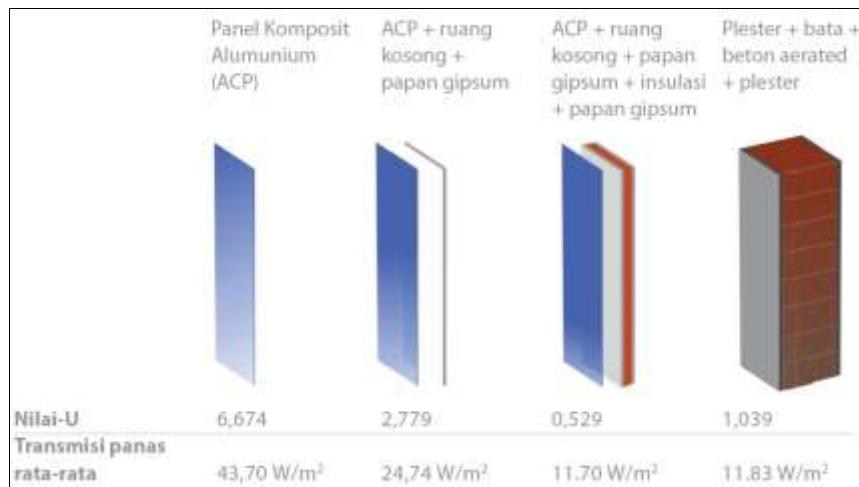
Contoh material untuk Insulative Wall dengan Thermal Conductivity rendah yaitu batubata ringan, batubata padat, batu alam (granit, marmer, batu gamping, batu pasir, batu kali), semen, kaca, keramik, termasuk beton (beton aerasi Autoclaved Aerated Concrete/ AAC lebih baik). Contoh material dengan Thermal Conductivity lebih rendah lagi yaitu material organik kayu, PVC, rockwool, glasswool, bitumen, fiberglass, dan gypsum board.



Gambar 2-6 Perbandingan MRT, antara dinding bata+kaca dan dinding bata

Adanya material organik yang diterapkan secara komposit akan membantu menurunkan Thermal Transmittance/ U-Val. Bila menggunakan material metal ACP pada fasad sebagai penutup dinding, maka antara dinding dan metal tersebut harus diberi lapisan insulasi, paling baik berupa rockwool/glasswool+papan gypsum+rongga udara.

Thermal Mass Wall adalah dinding yang mampu mereduksi konduksi termal karena memiliki density (kerapatan massa) tinggi dan specific heat capacity tinggi. Penerapan pada sisi bangunan yang paling mendapat paparan radiasi panas matahari yaitu Barat dan Timur. Contoh material untuk Thermal Mass Wall yaitu beton padat dan batu alam.



Gambar 2-7 Perbandingan transmisi panas berbagai komposisi material dinding

3. Spesifikasi atap

Spesifikasi atap paling penting terkait thermal performance untuk antisipasi radiasi panas matahari:

- a. Bersifat insulasi panas
Kemampuan menginsulasi radiasi panas matahari, menggunakan insulasi termal atau green roof
- b. Memiliki emisivitas tinggi
Kemampuan tinggi melepas energi panas yang telah diserap dalam bentuk radiasi, dan berwarna muda
- c. Memiliki reflektifitas tinggi
Kemampuan tinggi memantulkan radiasi panas matahari, dengan warna muda dan tekstur mengkilap
- d. Thermal Transmittance/U (W/m²K) rendah
Kemampuan rendah mentransmisikan radiasi panas

Atap metal harus dilapisi insulasi termal rockwool/glasswool, sebaiknya minimal setebal 10 cm. Atap dak beton tanpa lapisan insulasi termal green roof juga harus diberi lapisan rockwool/glasswool yang memiliki Thermal Transmittance rendah, setebal minimal 4 cm. Dengan adanya insulasi termal, maka RTTV dapat direduksi agar sesuai syarat Green Building. Permukaan atap berwarna muda memiliki emisivitas tinggi dan reflektifitas tinggi, maka panas yang diserap lebih rendah sehingga mereduksi transmisi panas ke dalam bangunan.



Gambar 2-9 Perbandingan transmisi panas rata-rata dari atap metal, tanpa dan dengan tambahan lapisan insulasi termal



Gambar 2-10 Perbandingan transmisi panas rata-rata dari atap beton, tanpa dan dengan tambahan lapisan insulasi termal

Green roof diterapkan di atas permukaan dak beton sebagai insulasi termal karena memiliki ketebalan media tanam dan lapisan vegetasi. Jenis green roof adalah Intensive Garden dengan ketebalan media tanam dapat mencapai 1,5 m, atau sebaliknya Extensive Garden dengan ketebalan media tanam dan lapisan rumput hanya sekitar 15 cm. Makin tebal media tanam dan lapisan vegetasi, maka makin mereduksi transmisi panas masuk ke dalam bangunan (menurunkan nilai RTTV).

Pengkondisian Udara Dan Ventilasi

Ventilasi adalah proses penyediaan atau pergantian udara dalam ruang baik secara alami (sistem pasif) maupun mekanis (sistem aktif), untuk memperoleh Indoor Air Quality (IAQ) yang memenuhi syarat untuk kenyamanan termal dan kesehatan. Kebutuhan kondisi udara untuk kenyamanan termal yaitu suhu udara $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif udara $60\% \pm 10\%$.

1. Ventilasi alami dan mekanis

Desain bukaan inlet dan outlet serta jalur sirkulasi udara untuk ventilasi alami harus menghasilkan cross ventilation. Ventilasi mekanis dan AC digunakan hanya untuk mendukung ventilasi alami. Ventilasi mekanis menggunakan blower (udara segar masuk ruang) atau exhaust fan (udara keluar ruang). Ruang dengan ventilasi alami atau dengan AC harus memiliki bukaan udara (operable window) minimal 5% luas ruang.

Luas minimal bukaan udara (inlet) pada fasad:

- Berdasarkan luas dinding fasad ruang
40% s/d 80% luas dinding (ambil hasil terbesar)
- Berdasarkan luas ruang
20% luas ruang

2. Air Flow dan ACH

Air Flow atau laju udara dan Air Changes per Hour (ACH) atau pergantian udara per jam yang terjadi dalam ruang harus cukup sesuai standar agar tercapai Indoor Air Quality yang baik bebas polusi, serta kenyamanan termal dimana udara dengan suhu dan kelembaban lebih tinggi dapat segera digantikan oleh udara dengan suhu dan kelembaban lebih rendah.

Nilai Air Flow ditentukan oleh kerapatan penghunian, ada atau tidaknya polusi asap rokok, serta ada tidaknya sumber panas dan lembab. Makin rapat hunian, serta ada polusi adap rokok, panas, dan lembab, maka kebutuhan Air Flow makin tinggi. Berikut standar Air Flow dan ACH berdasarkan aktifitas pengguna atau fungsi ruang terkait bangunan kantor.

Tabel 2-2 Kebutuhan Air Flow minimal pada bangunan kantor

Fungsi gedung	Kerapatan penghunian per 100 m ² luas lantai (orang)	Merokok	Tidak merokok	Satuan
Restaurant				
a. Ruang makan	70	1,05	0,21	m ³ /min/org
b. Dapur	20	-	0,30	m ³ /min/org
Kantor				
a. Ruang kerja	7	0,60	0,15	m ³ /min/org
b. Ruang pertemuan	60	1,05	0,21	m ³ /min/org
Ruang umum				
a. Koridor	-	-	-	-
b. Toilet umum	100	2,25	2,25	m ³ /min/closet
c. Ruang loker	50	1,05	0,45	m ³ /min/closet

Tabel 2-3 Kebutuhan ACH minimal pada bangunan kantor

Fungsi	Satuan
Kantor	6
Kantin	6
Lobi, koridor, tangga	4
Toilet	10
Dapur	20
Tempat parkir	6

Air Flow pada suatu ruangan dapat dihitung berdasarkan luas bukaan udara dan kecepatan gerak udara saat melewati bukaan tersebut. ACH dapat dihitung berdasarkan perolehan Air Flow.

Q = 0,5682 Av = Air Flow atau laju udara (m³/min)

A = Luas inlet (bukaan udara masuk) (m²)

v = Kecepatan gerak udara saat melewati inlet (m/det)

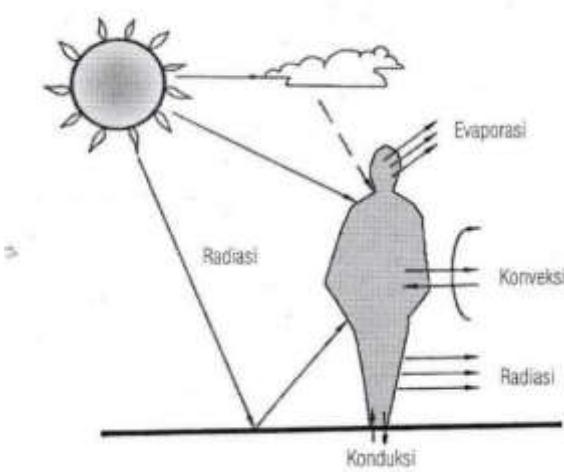
ACH = 60 Q/V

Q = Air Flow atau laju udara (m³/min)

$$V = \text{Volume ruang (m}^3\text{)}$$

3. Definisi Kenyamanan Termal

Menurut standar 55-1992 ASHRAE (American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers) kenyamanan termal (thermal comfort) adalah keadaan pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan sekitar. Kenyamanan ini dirasakan tubuh bila terdapat keseimbangan termal dimana panas yang dihasilkan tubuh setara dengan pelepasan dan perolehan panas pada tubuh. Ada 3 cara perpindahan panas, yaitu konduksi yang terjadi langsung antar benda, konveksi melalui udara, dan radiasi melalui proses pelepasan gelombang berbentuk energi elektromagnetik. Sementara evaporasi terkait keseimbangan termal tubuh disini adalah pelepasan panas tubuh melalui keringat, peluh, dan pernapasan.



$$\text{Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0$$

Met = Metabolisme

Evp = Evaporasi

Cnd = Konduksi

Cnv = Konveksi

Rad = Radiasi

Minus = Pelepasan panas

Plus = Perolehan panas

Gambar 2.1 Perpindahan panas pada tubuh manusia

Sumber : Ingersoll, Koenigsberger; Szokolay,

Mayhew, Manual of Tropical Housing and Building – Part 1 Climatic Design; Longman Group Limited,

Desain Bukaan Terhadap Kenyamanan Termal di Dalam Bangunan

Pergerakan udara yang terjadi di dalam ruang/bangunan pun dapat dimodifikasi agar dapat menunjang perolehan kenyamanan termal pada bangunan. Melalui desain bukaan udara yang tepat, potensi pergerak udara dari site yang diterima bangunan dioptimalkan dan sebaliknya kendala yang terjadi dapat diantisipasi.

Berdasarkan fungsinya, bukaan (opening) udara terdiri atas dua hal sebagai berikut.

- Inlet, merupakan bukaan udara masuk kedalam ruang/Bangunan
- Outlet, merupakan bukaan udara keluar dari dalam ruang/bangunan

Parameter pergerakan udara dalam ruang/bangunan yang dipengaruhi oleh desain bukaan (opening), yaitu sebagai berikut.

- Arah gerak udara
- Desain inlet secara signifikan akan mengarahkan gerak udara. Orientasi inlet serta lokasi inlet dan outlet juga akan mempengaruhi arah gerak udara.
- Kecepatan gerak udara
- Rasio luas antara outlet terhadap inlet secara signifikan akan mempengaruhi kecepatan gerak udara. Orientasi inlet terhadap arah angin datang, juga akan mempengaruhi perolehan kecepatan udara.

Pergerakan udara di dalam ruang/bangunan yang diharapkan melalui desain bukaan (opening) yaitu sebagai berikut.

- Arah gerak udara
- Udara bergerak semerata mungkin dalam ruang dengan arah dari bukaan 1 kebukaan lainnya.
- Kecepatan gerak udara
- Udara bergerak dengan kecepatan sesuai kebutuhan untuk perolehan kenyamanan termal.

Jika udara tidak bergerak merata dalam ruang maka tujuan ventilasi/penghawaan alami tidak dapat tercapai dengan optimal. Untuk iklim tropis basah, udara yang lebih hangat dan lembap tidak segera tergantikan oleh udara yang lebih sejuk dan kering. Selain itu ventilasi silang (cross ventilation) tidak terjadi. Akibatnya, perolehan kenyamanan termal bagi pengguna ruang/bangunan akan terhambat. Jika udara tidak bergerak dengan kecepatan yang cukup (0,6 m/s s/d 1,5m/s) maka laju udara (air flow) dan pergantian udara per jam (air changes per hour) tidak dapat memenuhi syarat minimal sesuai fungsi ruang. Akibatnya, selain perolehan kenyamanan termal bagi pengguna ruang/bangunan akan terhambat, indoor air quality (IAQ) yang dibutuhkan untuk kesehatanpun tidak terpenuhi. Selain desain bukaan, penghalang dalam ruang juga akan mempengaruhi kecepatan gerak udara. Dalam usaha memperoleh kenyamanan termal, harus dilakukan integrasi desain antara penghalang dan bukaan.

Faktor-faktor desain yang mempengaruhi pergerakan udara di dalam ruang/bangunan yaitu orientasi bukaan, lokasi bukaan, dimensi dan rasio luas bukaan, tipe bukaan, pengarah bukaan, penghalang dalam ruang/bangunan.

Suhu Udara (Air Temperature)

Penyebab utama terjadinya perubahan dan perbedaan suhu udara adalah perbedaan intensitas radiasi panas matahari yang diterima. Matahari meradiasikan energi panas dalam intensitas yang konstan, tetapi ada faktor-faktor tertentu yang mengakibatkan tidak semua energi tersebut dapat diterima oleh suatu daerah di bumi.

Faktor penentu penerimaan intensitas radasi panas matahari yang berakibat pada suhu udara yaitu rotasi bumi, revolusi bumi, kondisi langit (sky condition), topografi dan elevasi bumi. Makin panas udara maka tubuh makin memperoleh panas, terutama dengan cara konveksi melalui udara, juga konduksi dan radiasi dari material disekitarnya. Jika tidak terjadi keseimbangan termal maka tubuh akan merasakan ketidaknyamanan termal.

Kelembapan Udara (Air Humidity)

Nilai kelembapan udara adalah indikator banyaknya kandungan uap di udara. Makin banyak uap airnya maka udara makin lembap. Ada tiga cara pengukuran kelembapan udara, yaitu sebagai berikut:

- a. Absolute humidity (AH) adalah jumlah uap air dalam unit massa udara (g/kg) atau unit volume udara (g/m³)
- b. Saturation-point humidity (SH) adalah jumlah uap air yang dapat dikandung oleh udara pada suhu tertentu (g/kg, kg/m³, g/m³).
- c. Relative humidity (RH) adalah perbandingan AH terhadap SH yang menunjukan potensi penguapan (%) $RH = AH / SH \times 100$

RH adalah cara pengukuran kelembapan udara yang paling umum digunakan. RH 100% berarti udara telah mencapai titik jenuh air lagi (tidak terjadi penguapan). Kelembapan udara sangat mempengaruhi perolehan kenyamanan termal. Makin lembap udara maka makin sukar pelepasan panas tubuh pun terhambat. Kelembapan udara untuk mencapai kenyamanan termal di Indonesia adalah 40%<RH<60%)

Kecepatan Udara (Air Speed)

Udara bergerak karena dua hal, yaitu perbedaan suhu dan perbedaan tekanan. Pergerakan udara terjadi dari zona bersuhu lebih dingin atau bertekanan lebih tinggi ke zona bersuhu lebih rendah (tekanan udara menurun bila udara memuoi akibat panas). Arah angin dapat diprediksi berdasarkan kecenderungan yang sering terjadi (prevailing wind) sementara kecepatan udara beubah-ubah sepanjang waktu dan hasil rata-rata harian, mingguan, hingga bulanan, dapat diketahui kecepatan rata-rata yang terjadi. Arah dan kecepatan inilah yang menjadi acuan untuk menentukan bahwa angin merupakan potensi atau kendala. Udara harus bergerak dengan arah yang tepat dan kecepatan gerak yang cukup agar dapat diperoleh kenyamanan termal. Arah dan kecepatan gerak udara ini dapat dikendalikan dalam site oleh desain bangunan dan penataan tanaman agar potensi yang ada dapat dioptimalkan dan sebaliknya bila merupakan kendala dapat diantisipasi.

Di daerah tropis panas lembab, kecepatan gerak udara harus cukup agar udara yang lebih lembap dapat segera digantikan oleh udara yang lebih dingin dan lebih kering, sehingga tubuh dapat mencapai keseimbangan termal melalui penguapan keringat.

Kecepatan udara untuk mendapatkan kenyamanan termal di Indonesia adalah 0,6 m/det - 1,5 m/det. Jika lebih cepat dari batas tersebut maka angin adalah kendala karena terasa begitu kencang. Sebaliknya jika kecepatan udara lemah mendekati 0 m/s maka hal ini juga merupakan kendala karena sulit terjadi pergantian udara yang suhu dan kelembapannya lebih tinggi oleh udara yang suhu dan kelembapannya rendah, sehingga makin sulit mendapat kenyamanan termal.

Menurut Habitat dan CSC, patokan untuk kecepatan angin dan pengaruhnya terhadap kenyamanan adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan angin kurang dari 0.25 m/s tidak dapat dirasakan. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 00C).
- b. Kecepatan angin antara 0.25-0.5 m/s adalah paling nyaman. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 0.50-0.70C).
- c. Kecepatan angin antara 0.5-1.0 m/s masih nyaman, tetapi gerakan udara masih dapat dirasakan. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 1.00-1.20C).
- d. Kecepatan angin antara 1.0-1.5 m/s, merupakan kecepatan maksimal. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 1.70-2.20C).
- e. Kecepatan angin antara 1.5-2.0 m/s kurang nyaman, berangin. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 2.00-3.30C).
- f. Kecepatan angin lebih dari 2.0 m/s kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi. Efek penyegaran (pada suhu 300C adalah 3.30-4.30C).

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metoda analisis baik kuantitatif maupun kualitatif. Metoda analisis kuantitatif yang diterapkan berdasarkan pengukuran langsung cuaca di lapangan dan simulasi baik menggunakan maket untuk uji terowongan angin maupun model untuk software/ program komputer. Metoda analisis kualitatif meliputi kajian atas solusi desain baik teknik pasif maupun aktif yang sesuai dengan konsep Green Building.

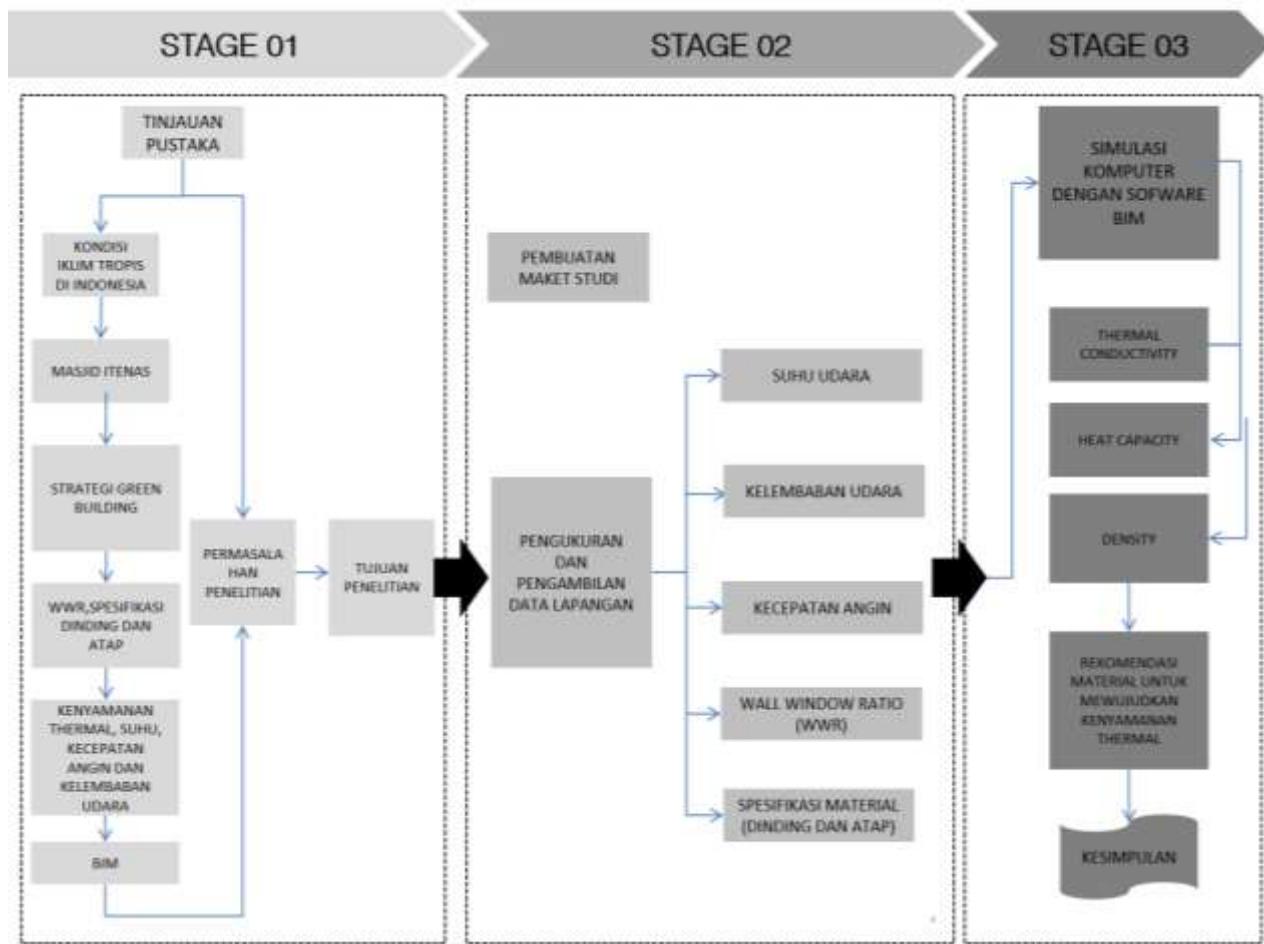
Parameter cuaca yang diukur yaitu suhu dan kelembapan udara menggunakan alat ukur Thermometer + Hygrometer, dan kecepatan pergerakan udara menggunakan Anemometer.

Data hasil pengukuran ini selanjutnya dianalisis untuk melihat kecenderungan yang terjadi apakah menunjang kenyamanan termal atau tidak. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan cara simulasi dengan software Archicad mengenai material meliputi perubahann Thermal Conductivity, Heat Capacity dan Density.

Tahapan penelitian ini sebagai berikut:

- Pengukuran kondisi lapangan
- Analisis data hasil pengukuran lapangan
- Pembuatan model maket dan model digital 3 dimensi
- Simulasi model dan analisis kuantitatif hasil simulasi terhadap bangunan Masjid yang relevan dengan konsep Green Building
- Analisis kualitatif mengenai material bangunan terkait konsep Green Building
- Simpulan.

3.1. Kerangka Pemikiran



3.2 Asumsi Dasar Penelitian

Untuk dapat melihat duduk permasalahan yang akan diteliti, digunakan asumsi dasar sehingga memperoleh dasar pertimbangan masalah yang sedang diteliti. Hal ini digunakan untuk menentukan variabel penelitian untuk merumuskan hipotesa.

Asumsi dasar penelitian yang digunakan adalah :

- Pola ventilasi (jendela) merupakan sarana penangkap angin (*windcatcher*) pada fasade gedung yang diharapkan dapat membantu pola pergerakan udara alami di dalam ruang
- Dianggap perlu untuk meningkatkan pola pergerakan (sirkulasi) udara alami pada bangunan agar diperoleh tingkat kenyamanan termal yang memenuhi syarat
- Penelitian dan pengujian pola pergerakan udara alami diperlukan untuk memperoleh pola desain yang efektif dalam pemanfaatan iklim setempat, terutama pada musim kemarau (sekitar April – Agustus), di mana suhu udara dapat mencapai 29- 31°C pada siang hari.

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Bebas (Independent Variabel)

Hal-hal yang menjadi variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- Bentuk/konfigurasi massa (volume, tebal dan tinggi).
- Material bangunan (massif dan transparan)

- Fasade bangunan
- Kondisi sekitar bangunan

3.3.2. Variabel Terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat penelitian ini adalah tingkat kinerja pola ventilasi untuk memperoleh pergerakan udara alami dalam ruang. Hal ini meliputi :

- Suhu Udara
- Kelembaban udara
- Kecepatan pergerakan udara
- Tingkat kenyamanan termal dalam ruang yang memenuhi standar

3.3.3. Variabel Intervening

- a. Faktor luar
 - Iklim (musim kemarau/penghujan)
 - Cuaca (suhu & kelembaban)
- b. Faktor dalam
 - Aktivitas manusia
 - Perabot/alat
 - Pola tata ruang dalam

3.4. Metoda Penelitian

Penilitian ini menggunakan metoda riset eksperimental, yaitu berkaitan dengan pengujian efek dari satu atau lebih variabel terhadap suatu fenomena tertentu melalui pengujian simulasi model dengan pelaksanaan terkendali. Pengujian terhadap model dilakukan dengan dua cara, yaitu simulasi model maket di laboratorium Wind Tunnel dan simulasi model menggunakan program komputer.

3.4.1. Simulasi Model Maket

Simulasi ini dilakukan di laboratorium Wind Tunnel dengan pengujian maket berskala yang berkaitan dengan pergerakan udara dalam ruang relevansinya terhadap variabel bebas bentuk/konfigurasi massa bangunan dan fasade bangunan.

Maksud atau output yang diharapkan :

- a. Melihat kecenderungan pola pergerakan udara alami di dalam ruang pada bangunan bermassa tertentu.
- b. Sebagai pembanding terhadap output yang dihasilkan dari simulasi model dengan program komputer

3.4.2 Simulasi Program Komputer

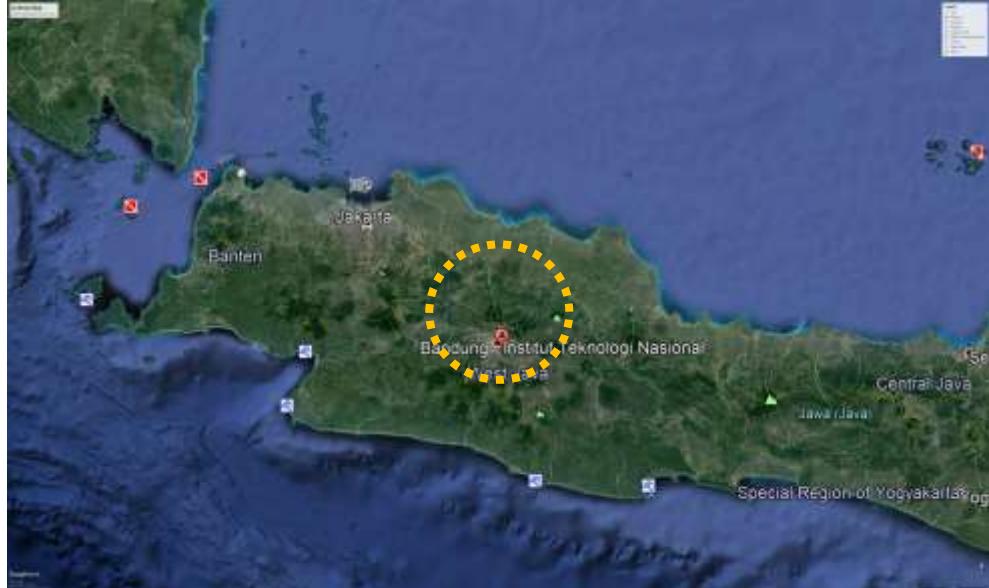
Program computer (*software*) yang digunakan dalam pengujian kinerja sumur udara ini adalah Program Archicad yang digunakan untuk mensimulasikan keadaan thermal ruangan (suhu, kelembaban dan kecepatan angin) dan material dengan mengukur Thermal Conductivity, Heat Capacity dan Density. Hasilnya simulasi diharapkan dapat merekomendasikan material yang ada dalam objek penelitian sehingga dapat tercapai kenyamanan termal yang diinginkan.

BAB IV TINJAUAN KHUSUS

4.1 Data Perencanaan Bangunan

4.1.1 Lokasi Bangunan

Lokasi bangunan Masjid Itenas berada di kawasan kampus Itenas, Jl. P.H.H. Mustofa No 23 Bandung.



Gambar 4-1 Provinsi Jawa Barat



Gambar 4-2 Kota Bandung



Gambar 4-3 Lokasi Kampus Itenas dan Masjid Itenas



Gambar 4-4 Lokasi objek penelitian

Lokasi objek penelitian berada di kawasan kampus Itenas, dengan kondisi lahan relative datar, dan dikelilingi oleh beberapa bangunan eksisting diantaranya gedung Serba Guna di sisi utara, kampus Universitas Bandung Raya di sisi barat dan selatan, serta ruko disisi selatan. Sedangkan di sisi timur adalah lahan parkir motor kampus Itenas .



Gambar 4-5 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-6 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-2 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-3 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-9 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-10 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-10 Kondisi sekitar lokasi objek studi



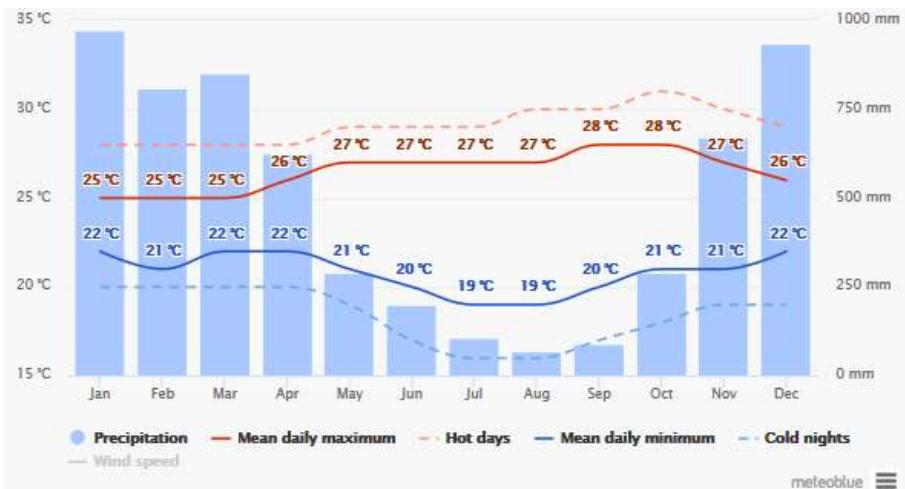
Gambar 4-11 Kondisi sekitar lokasi objek studi



Gambar 4-12 Kondisi sekitar lokasi objek studi

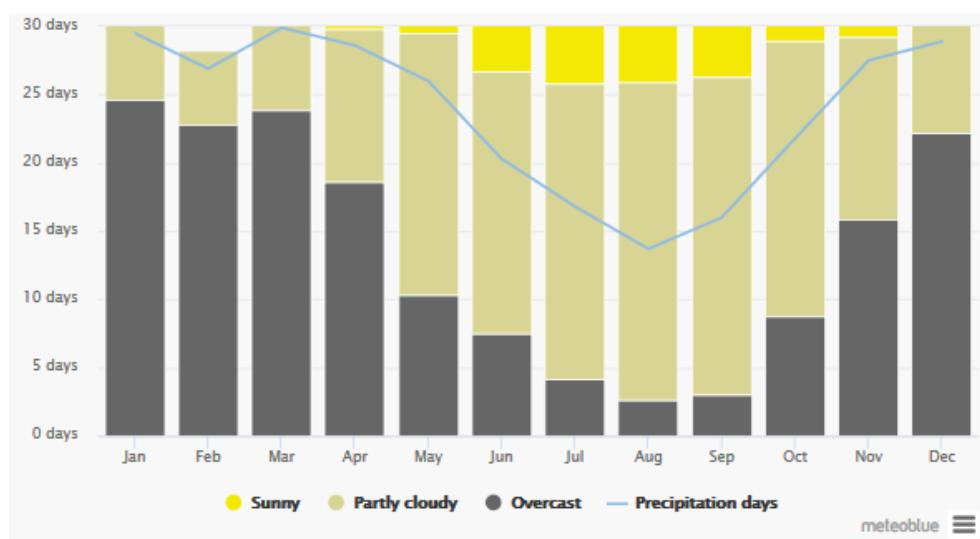
4.1.2 Data Cuaca Lokasi

Menurut data dari Meteoblue "Rata-rata harian maksimum" (garis merah solid) menunjukkan suhu maksimum rata-rata hari untuk setiap bulan untuk wilayah Sukasenang. Demikian juga, "berarti minimum harian" (garis biru solid) menunjukkan suhu minimum rata-rata. Hari-hari panas dan malam yang dingin (garis merah dan biru putus-putus) menunjukkan rata-rata hari terpanas dan malam terdingin setiap bulan selama 30 tahun terakhir



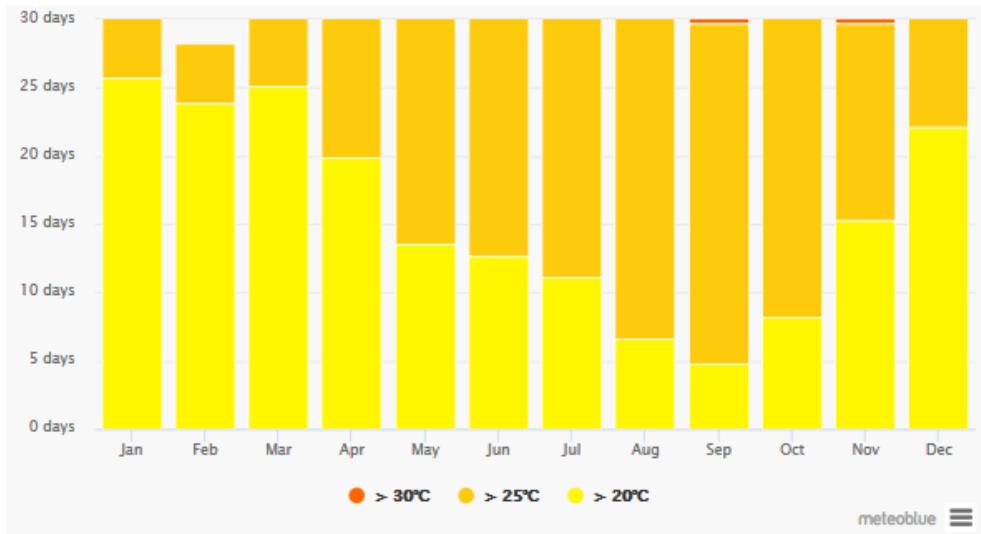
Gambar 4-13 Grafik Suhu Rata-rata dan Curah Hujan di Kota Bandung - Wilayah Sukasenang

Grafik menunjukkan jumlah bulanan hari yang cerah, berawan sebagian, mendung dan curah hujan. Hari-hari dengan tutupan awan kurang dari 20% dianggap cerah, dengan tutupan awan 20-80% sebagian berawan dan lebih dari 80% mendung.



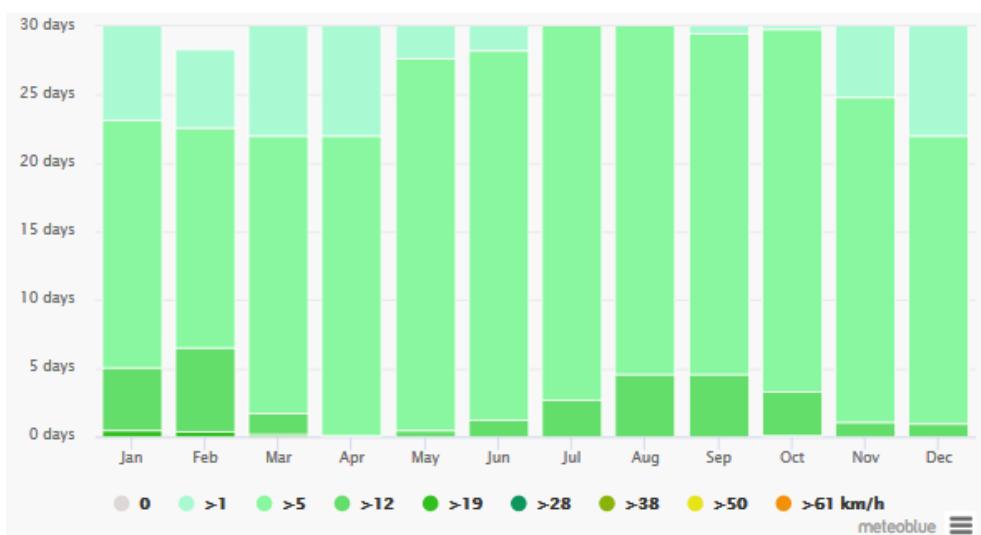
Gambar 4-14 Grafik Rata-rata Kondisi Langit di Kota Bandung - Wilayah Sukasenang

Diagram suhu maksimum untuk daerah Suka Senang menampilkan berapa hari per bulan mencapai suhu tertentu.



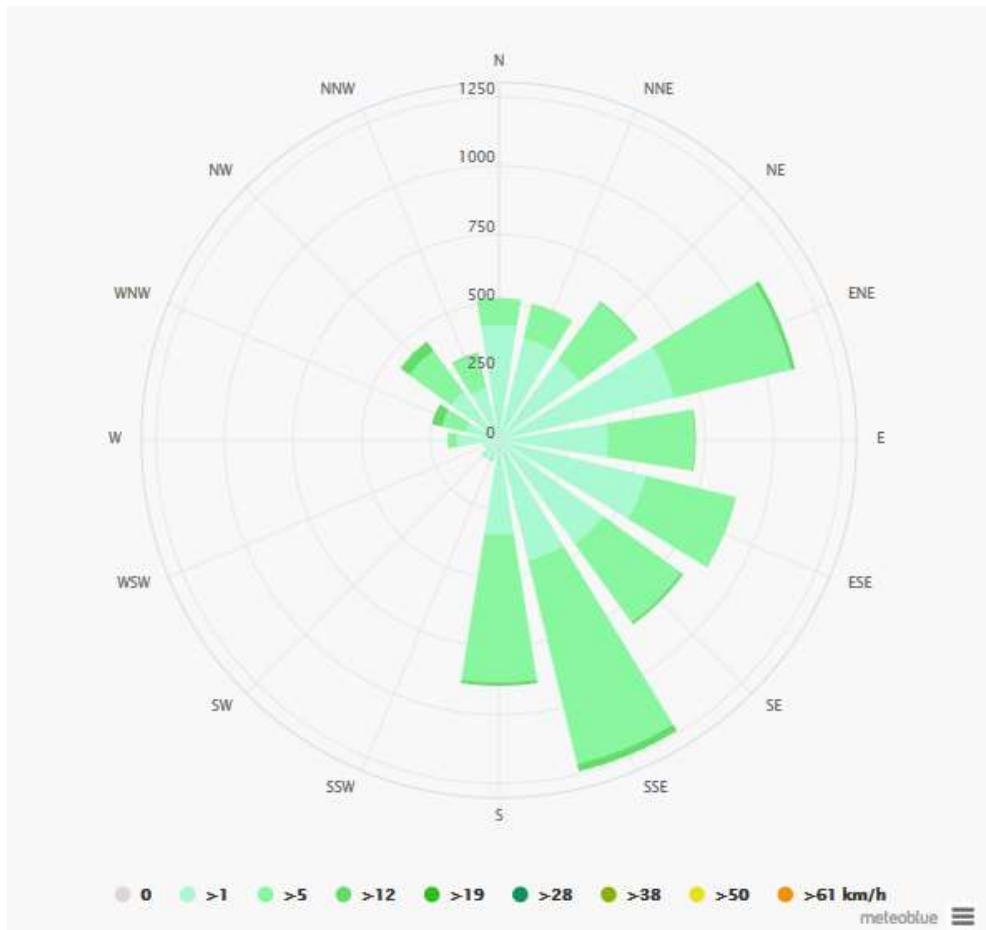
Gambar 4-15 Grafik Rata-rata Suhu Maksimum di Kota Bandung - Wilayah Sukasenang

Diagram untuk daerah Suka Senang menunjukkan berapa hari dalam satu bulan dapat mencapai kecepatan angin tertentu. Terlihat bahwa secara umum setiap bulan mencapai kecepatan angin antara 12 km/jam hingga 19 km/jam



Gambar 4-16 Grafik Rata-rata Kecepatan Angin di Kota Bandung - Wilayah Sukasenang

Grafik arah angin untuk daerah Suka Senang menunjukkan berapa jam per tahun angin bertiup dari arah yang ditunjukkan. Contoh SW: Angin bertiup dari Barat Daya (SW) ke Timur Laut (NE). Arah angin bervariasi terbesar dari arah Tenggara menuju Barat Laut, dan Timur Lut Timur menuju Barat Daya Barat



Gambar 4 -17 Grafik arah angin di Kota Bandung – Wilayah Sukasenang

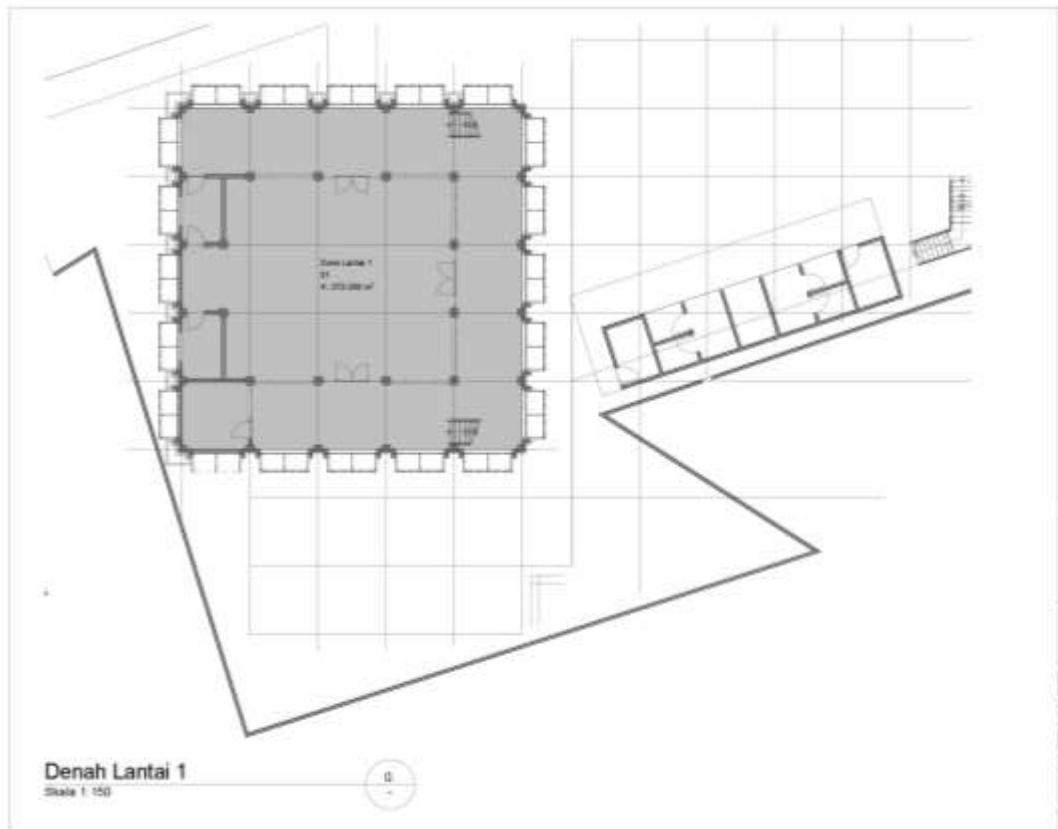
4.1.3 Data Perencanaan Bangunan

Bangunan Masjid Itenas (objek studi) terdiri dari 2 lantai fungsional.

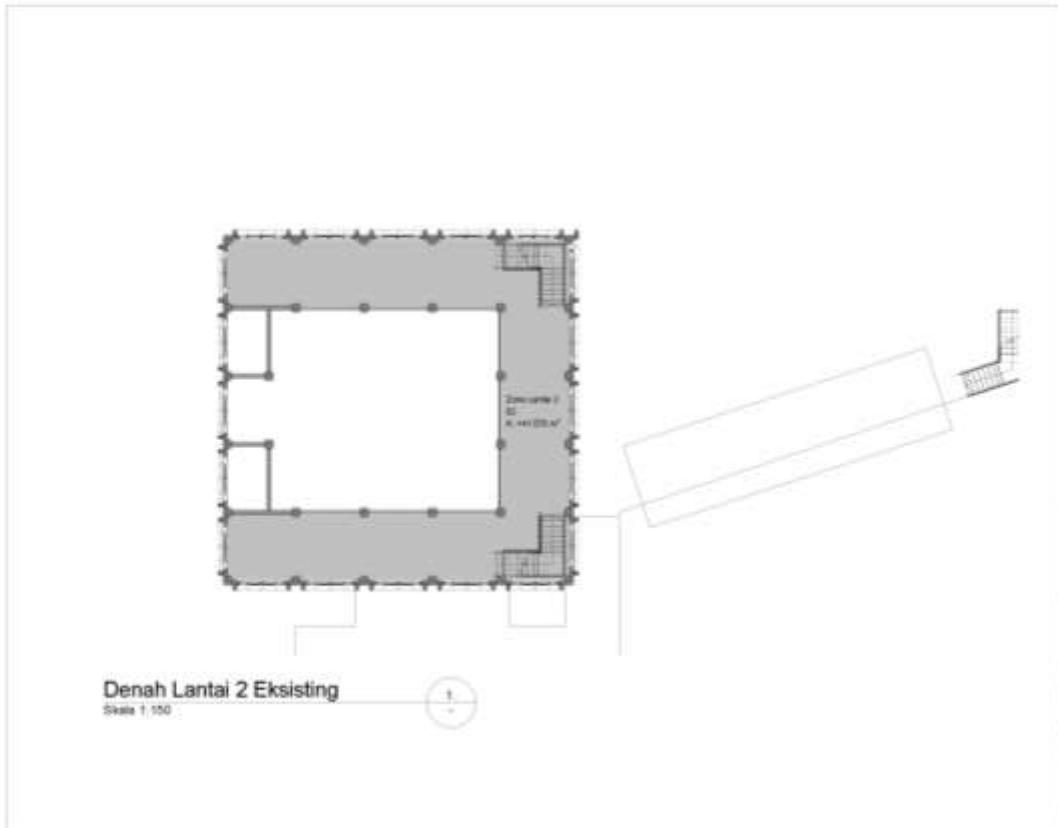
Tabel 2 Luas lantai bangunan

No	Nama Zona	Luas (m ²)
1	Zona Lantai 1	272.25
2	Zona Lantai 2	141.57
Total Luas		413.82

Dasar Bangunan berbentuk persegi empat, memiliki tampak serta buaan dan teras disisi Utara, Timur dan Selatan bangunan. Lantai 1 terdiri dari teras masjid dan ruang dalam masjid yang digunakan sebagai area sholat pria. Lantai 2 berupa antai mezarin digunakan sebagai area sholat wanita.



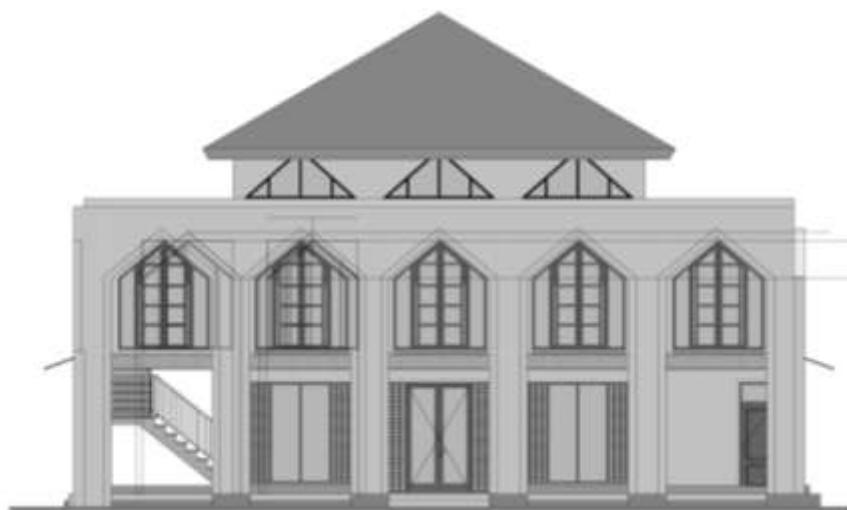
Gambar 4-11 Denah Lantai Dasar



Gambar 4-12 Denah Lantai 1



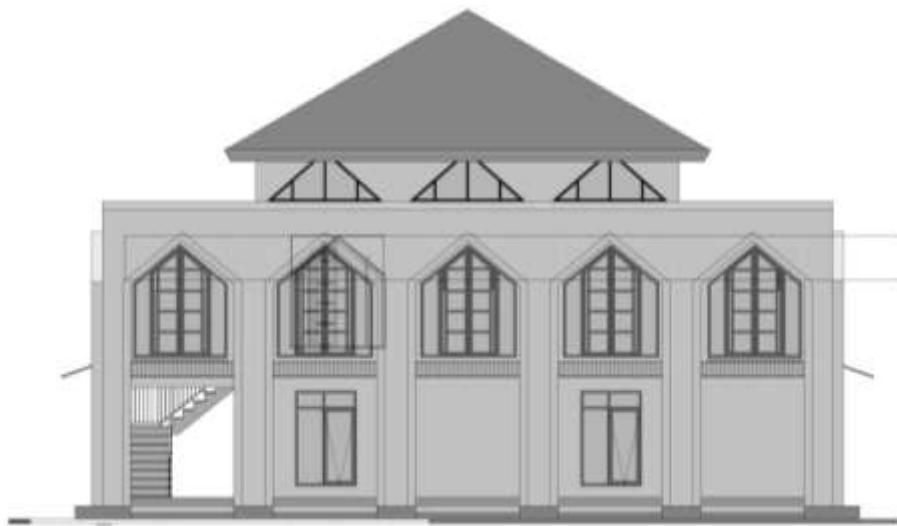
Gambar 4-13 Tampak Timur



Gambar 4-13 Tampak Utara



Gambar 4-14 Tampak Selatan



Gambar 4-14 Tampak Barat

Spesifikasi material bangunan yang digunakan, berperan dalam menentukan pemenuhan kriteria Green Building. Daftar material bangunan yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3 Material bangunan

No	Jenis Pekerjaan	Type/ Spesifikasi	Merk/ Padanan
PEKERJAAN ARSITEKTUR			
1	PEK. DINDING, PELAPIS DINDING & PARTISI		
A	Pas. dinding bata	Bata merah, kelas 1 Tebal = 100 mm	
B	Plesteran	Adukan Pasir + PC	
C	Acian	PC	
D	Finishing	Cat Tembok Exterior dan Interior	
2	PEK. KUSEN, DAUN PINTU DAN JENDELA LENGKAP DENGAN ACCESSORIESNYA		
A	Kusen pintu dan jendela	Kusen Kayu (pintu/ jendela)	
B	Rangka daun pintu dan jendela lantai 1	Rangka Kayu	
C	Rangka daun pintu dan jendela lantai 2	Rangka aluminium (pintu/ jendela) L.4", T min = 1.2 mm, fin. powder coating	
D	Daun Pintu	Rangka dan pintu double teakwood	
E	Kaca pintu & jendela	a. Daun pintu kaca frame kayu - Kaca tempered T = 6 mm b. Kaca jendela exterior - Kaca tempered T = 6 mm	ASAHIKAS, NIPPON GLASS ASAHIKAS, NIPPON GLASS
3	PEK. LANTAI		
A	Lantai keramik granit tile & border lantai	Homogenous tile	
		Lobby LT 1 & LT 2	

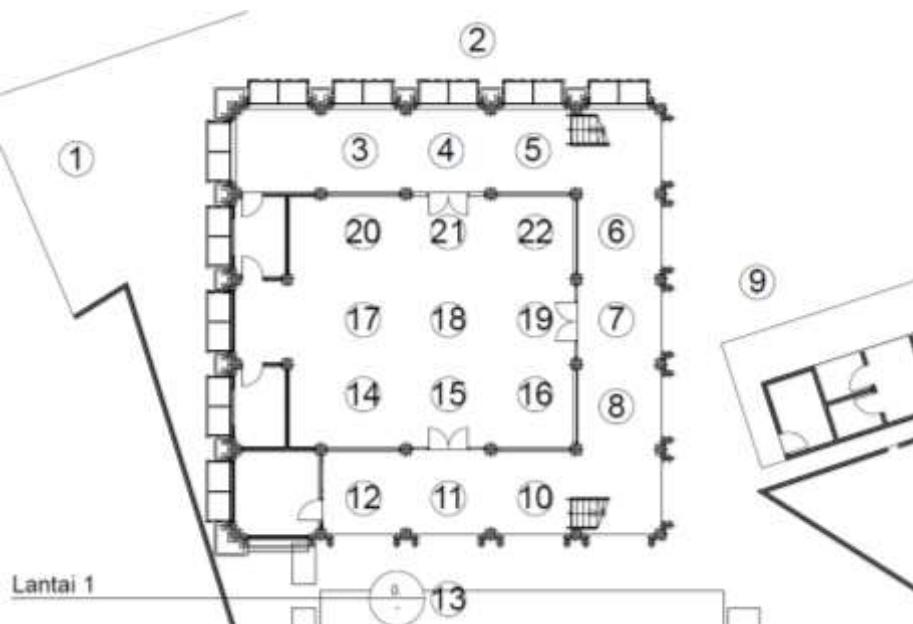
No	Jenis Pekerjaan	Type/ Spesifikasi	Merk/ Padanan
	- Ukuran	Ukuran 400 x 400 mm	ROMAN, ESSENZA, GRANITO
	- Kualitas	I	
	- Finishing permukaan	Berglazur	
	- Spek teknis	Anti gores, polished/ unpolished	
	- Bahan pengisi & perekat	TA water repellent, untuk daerah basah	
		Tile adhesive biasa untuk daerah umum	
B	Lantai keramik granit tile & border lantai	Homogenous tile	
	- Ukuran	100 x 400 mm	EX CHINA, GARUDA
	- Kualitas	I	
	- Finishing permukaan	Anti gores, polished/ unpolished	
	- Spek teknis	Anti gores, polished/ unpolished	
	- Bahan pengisi & perekat	TA water repellent, untuk daerah basah	
		Tile adhesive biasa untuk daerah umum	
4	PEK. PLAFOND		
A	Plafond gypsum	Panel gypsum Sheetrock	USGBORAL/JAYABOARD
		Tebal 9 mm, panjang 2400 mm, lebar 1200 mm	
		Berat 5,1 kg/m ²	
		Rangka metal concealed grid	
		Safety Factor min 6 x bergaransi tahan api	
		Area plafon > 100 m ² performa heavy load duty	
B	Plafond beton expose	Plesteran & acian	
5	PEK. ATAP		
A	Penutup Atap	Genteng Beton	
6	PEK. PENGECASTAN DAN FINISHING		
A	Cat eksterior	Cat alkali weathershield	
		Terdiri dari:	
		- Super primer color	
		- Kadar padatan (% w) = 60 ± 1	
		- Massa jenis (kg/L, 25° C) = 1.28 ± 0.02	
		- Penampilan tidak mengkilat	
		- Daya kering = kering sentuh 20 menit	
		- Daya sebar teoritis = 12 m ² /L 45 micron	
B	Cat Interior	Cat Alkali Emulsion	
		Terdiri dari :	
		- Super primer color, sda.	

No	Jenis Pekerjaan	Type/ Spesifikasi	Merk/ Padanan
		- Stainblocking masonry paint color	
		- Kadar padatan (% w) = 70 ± 1	
		- Massa jenis (kg/L, $25^\circ C$) = $1.48 \pm 0,02$	
		- Penampilan flat	
		- Daya kering = kering sentuh 30 menit	
		- Daya sebar teoritis = $8 \text{ m}^2/\text{L}$ 50 micron	
C	Cat Plafond	Cat Alkali Emulsion	DULUX, JOTUN
		Terdiri dari:	
		- Super primer color	

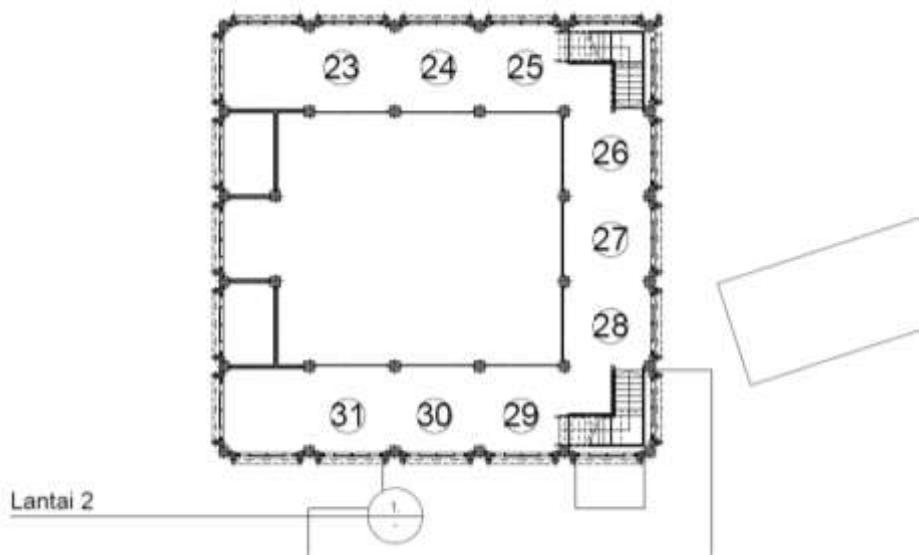
4.1.2 Pengukuran Kondisi Thermal Bangunan

Pengukuran kondisi thermal bangunan dimaksudkan untuk mendapatkan data realistik kondisi thermal pada ruang dalam bangunan masjid Itenas. Data yang dikompulkan berupa kondisi Temperatur (t), Kelembabpan Udara (h), dan Kecepatan Angin (v). Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dalam satu hari, dengan rentang waktu pagi jam 8.00 – 9.00, siang antara jam 12.00-13.00 dan sore anatar jam 15.00 – 16.00.

Titik ukur di tentukan sebanyak 31 titik ukur seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 4-15 Posisi Titik ukur lantai 1



Gambar 4-16 Posisi Titik ukur lantai 2



Gambar 4-17 Proses pengukuran kondisi thermal, kelembapan, dan kecepatan angin



Gambar 4-18 Proses pengukuran kondisi Thermal, kelembapan, dan kecepatan angin

Data Hasil Pengukuran Lapangan

DAFTAR PUSTAKA

1. Beckett, HE; Godfrey, JA; 1974; Windows – Performance, Design & Installation; Crosby Lockwood Staples London
2. Deutsch, Randy; 2011; BIM And Integrated Design - Strategies For Architectural Practice, John Wiley & Sons, Inc
3. Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen; 2008; BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors; John Wiley & Sons, Inc
4. Egan, M David; 1975; Concepts in Thermal Comfort; Prentice Hall, Inc
5. Issa , Raja R.A.; Olbina, Svetlana; 2015; Building Information Modeling - Applications and Practices; American Society of Civil Engineers
6. Kensek, Karen M.; Noble, Douglas; 2014; Building Information Modeling - BIM in Current and Future Practice; John Wiley & Sons, Inc.
7. Latifah, Nur Laela; 2015; Fisika Bangunan 1; Griya Kreasi
8. Latifah, Nur Laela; 2017; Arsitektur dan Energi Modul 1; Diktat kuliah ARA 353 Arsitektur dan Energi; Jurusan Teknik Arsitektur Itenas
9. Latifah, Nur Laela; Rahadian, Erwin Yuniar; 2018; Strategi Green Architecture untuk Optimalisasi Penghematan Energi Operasional Bangunan terkait Rancangan Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Gedung Kantor Pengelola Bendungan Sei Gong - Batam; Laporan Akhir Penelitian Dosen Madya Itenas (PDMI)
10. Levy, Francois; 2012; BIM In Small-Scale Sustainable Design; John Wiley & Sons, Inc.
11. Tim penyusun; Perwal No. 1023/2016 tentang Bangunan Gedung Hjau (BGH); 2016
12. Watson, Donald; Labs, Kenneth; 1983; Climatic Building Design – Energy-Efficient Building Principles and Practice; McGraw-Hill Book Company
13. Maulana,Rubian dkk; 2019; Kajian Kenyamanan Termal pada Kelenteng Talang di Cirebon; Laporan Seminar Jurusan Arsitektur Itenas.

LAMPIRAN (termasuk instrumen penelitian, personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya, dll.)

Catatan: Laporan kemajuan sesuai dengan kondisi capaian saat ini, tidak seluruh bab dapat terisi