

**REKAYASA FASADE SEBAGAI PENDEKATAN HEMAT ENERGI
PADA HOTEL INNSIDE YOGYAKARTA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**





LEMBAR PENGESAHAN

REKAYASA FASADE SEBAGAI PENDEKATAN HEMAT ENERGI PADA HOTEL INNSIDE YOGYAKARTA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



NADIA AMELIA
NIM. 135060500111048

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 18 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur



Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

Jono Wardoyo, ST., MT.
NIP. 19740623 200012 1 001



Atas rahmat dan nikmatnya, rasa syukur terucap untuk Allah S.W.T

Kedua orang tua, atas doa dan dukungannya.

Para dosen, atas bimbingannya.

Keluarga Besar Mahasiswa Arsitektur, atas kebersamaannya.

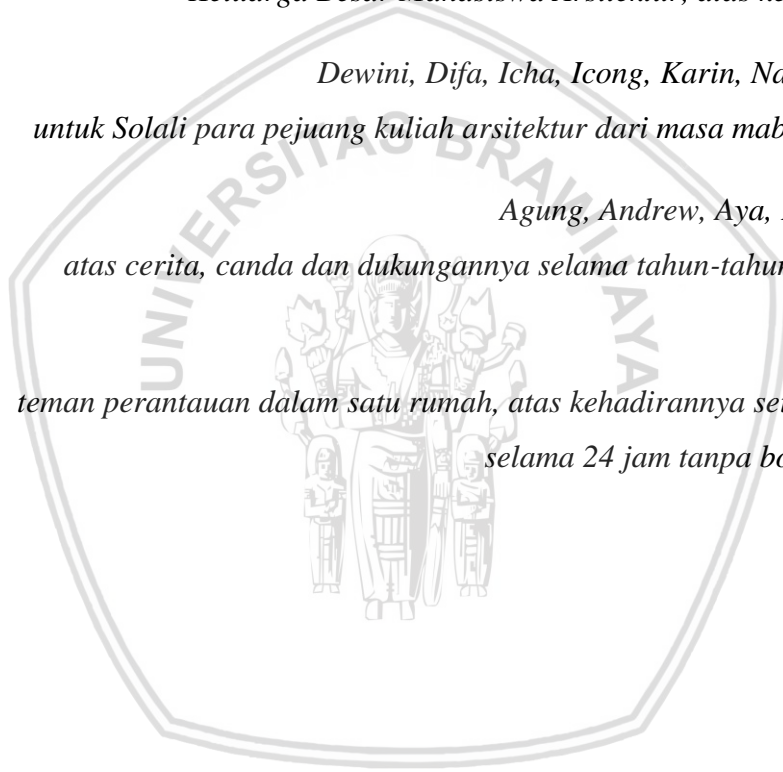
*Dewini, Difa, Icha, Icong, Karin, Nadia dan Salma;
untuk Solali para pejuang kuliah arsitektur dari masa maba hingga akhir.*

*Agung, Andrew, Aya, Fara dan Yusti;
atas cerita, canda dan dukungannya selama tahun-tahun di Malang ini.*

*Lala dan Riri;
teman perantauan dalam satu rumah, atas kehadirannya setiap hari selalu,
selama 24 jam tanpa bosan menemani.*

Sungguh,

terima kasih.





PERNYATAAN ORIGINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Juli 2018

Mahasiswa,



Nadia Amelia

NIM. 135060500111048







**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : ~~632~~JUN10.F07.15/TU/2018

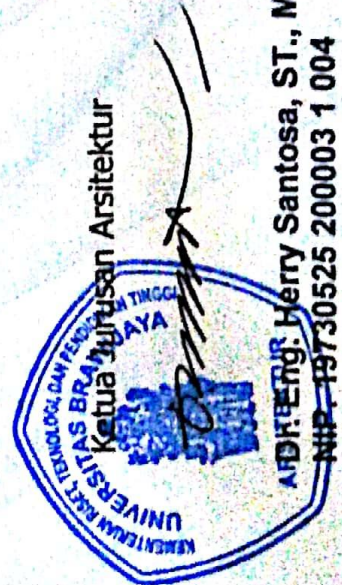
Sertifikat ini diberikan kepada :

NADIA AMELIA

Dengan Judul Skripsi :

**REKAYASA FASADE SEBAGAI PENDEKATAN HEMAT ENERGI PADA HOTEL
INNSIDE YOGYAKARTA**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **16 Juli 2018**



**ABDI Eng. Herry Santosa, ST., MT
NIP. 19730525 200003 1 004**

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

**Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsftub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Nadia Amelia
NIM : 135060500111048
Judul Skripsi : Rekayasa Fasade Sebagai Pendekatan Hemat Energi Pada Hotel Inside Yogyakarta
Dosen Pembimbing : Jono Wardoyo, ST., MT
Periode Skripsi : Semester Genap 2017-2018
Alamat Email : nadia.amelia11@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
16 Juli 2018	1	5%	
	2		
	3		

- Malang, 16 Juli 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Jono Wardoyo, ST., MT
NIP. 19740623 200012 1 001

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

- Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
- Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas

RINGKASAN

Nadia Amelia, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Rekayasa Fasade Sebagai Pendekatan Hemat Energi Pada Hotel Ininside Yogyakarta*, Dosen Pembimbing: Jono Wardoyo, ST., MT.

Hotel merupakan fasilitas yang patut diperhatikan untuk kota wisata Daerah Istimewa Yogyakarta. Kenyamanan termal merupakan salah satu prioritas utama dari pelayanan sebuah hotel. Untuk mencapai suhu ideal dapat dilakukan dengan bantuan penghawaan buatan (AC). Namun, Yogyakarta merupakan wilayah dengan suhu udara yang panas terutama pada siang hari, menyebabkan konsumsi energi untuk AC menjadi tinggi. Jika penggunaan energi untuk sistem tata udara dapat dikurangi, maka penggunaan energi keseluruhan akan banyak terpengaruh. Maka dari itu perlu diambil tindakan untuk menghemat pengeluaran energi. Dalam penelitian ini, Hotel Ininside digunakan sebagai studi kasus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi terhadap suhu dalam ruang kamar hotel. Selain itu juga untuk mengetahui jumlah energi yang perlu digunakan oleh AC untuk dapat menurunkan suhu ruangan. Kemudian bertujuan pula untuk melihat peluang penghematan energi AC dengan bantuan rekayasa desain dari fasade bangunan.

Pengukuran suhu pada bangunan hotel dilakukan sebagai data dasar untuk mengerjakan penelitian. Dibagi ke dalam tiga tipe, kamar hotel yang diteliti yaitu *suite room*, *north room* dan *south room* memiliki orientasi bangunan berbeda. *Suite room* sebagai fokus utama memiliki orientasi ke arah barat. Pengukuran suhu dibagi dalam empat waktu yaitu pukul 06:00, 09:00, 12:00 dan 15:00 yaitu ketika matahari masih bersinar. Data suhu ruangan dimasukkan pada rumus perhitungan energi kalor sehingga menemukan total energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu menuju suhu ideal. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan membuat simulasi dari bangunan eksisting hotel menggunakan *ecotect*. Dari situ didapatkan data suhu ruang berdasarkan kondisi simulasi. Langkah selanjutnya adalah membuat simulasi untuk tiga rekomendasi desain fasade yang memiliki tujuan utama menurunkan suhu ruang. Baik simulasi eksisting maupun rekomendasi, keduanya dihitung total energi kalor yang digunakan seperti pada perhitungan eksisting. Dari hasil keseluruhan data kemudian dibandingkan untuk menemukan rekomendasi mana yang paling berhasil mencapai tujuan penelitian ini.

Dari hasil rekomendasi, didapati bahwa perhitungan energi hanya dapat membandingkan antara simulasi rekomendasi dengan simulasi eksisting, tidak dengan kondisi eksisting lapangan. Hal ini dikarenakan banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi kondisi lapangan. Diantara ketiga rekomendasi desain fasade terpilih rekomendasi tiga sebagai desain yang berhasil paling banyak menurunkan suhu ruang yang berdampak pada penghematan energi. Adapun penurunan konsumsi energi untuk *suite room* menurun dari 2.998,25 Wh menjadi 2.585,65 Wh; *north room* dari 1.458,06 Wh menjadi 1.355,60 Wh dan *south room* dari 1.898,32 Wh menjadi 1.812,76 Wh. jika dihitung selisihnya, ketiga kamar tersebut berhasil menurunkan konsumsi energi sebesar 412,60 Wh untuk *suite room*; 102,46 Wh untuk *north room* dan 85,49 Wh untuk *south room*. Penurunan energi ini merupakan energi kalor internal, tanpa dipengaruhi faktor penghasil kalor lainnya, pada rentang waktu selama sembilan jam pengukuran dari pukul enam pagi sampai tiga sore.

Kata kunci: kenyamanan termal, energi, fasade



SUMMARY

Nadia Amelia, Departemen of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2018, *Facade Engineering as an Accession to Energy Efficiency at the Inside Hotel Yogyakarta*, Academic Supervisor: Jono Wardoyo, ST., MT.

A Hotel is a facility that needs to be taken into account for the touristic destination of Daerah Istimewa Yogyakarta. Thermal comfort is one of the main priorities of their service. Reaching an ideal temperature can be done through an Air Condition. However, as Yogyakarta temperature is quite high especially in the day time, it results in a high energy consumption. If the energy usage for air conditioning can be reduced, it will have an impact to the energy usage of the hotel as a whole. Therefore, we can use this as a case study. The purpose of this research is to understand the impact of orientation towards temperature in the hotel room. As well, it intends to find out the amount of energy used by the AC to reduce the temperature in the room. Finally, it aims to consider the possibility of energy efficiency of AC through applying engineering design for the building facade.

The measurement of the temperature in the hotel is used as basic data for the research. Divided into three categories, three rooms with different orientations are being investigated. The rooms being investigated are the suite room, the north room and the south room. The suite room as the main focus, faces the west. The measurements of temperature are split into 4 different times, 06:00 am, 09:00 am, 12:00 noon, and 03:00 pm, times in which the sun is shining brightly. The data of room temperature is then inserted into the heat energy calculation formula to find the total amount of energy needed in order to reduce the temperature into an ideal one. The research then follows by creating a simulation of the existing hotel building using ecotect. Then the room temperature based on the simulation of the existing building is recorded. The next step is to create another simulation for the three recommended designs of facade which aim to reduce the room temperature. Both simulations of the existing and recommended buildings ideal temperatures are calculated using the same heat energy formula above. The results are compared to find the best recommendation for this research.

Based on the recommendation, it is found that this form of energy calculation is only able to compare the energy levels in the simulations (existing and recommended), not with the actual existing building on the site. This is due to various factors affecting the existing building. Among the three recommended facade designs, the third recommendation is the most successful design in supporting reduction of the room temperature, which results in energy efficiency. The reductions in energy consumption are as follows, the suite room from 2998.25 Wh to 2585.65 Wh, the north room from 1458.06 Wh to 1355.60 Wh and the south room from 1898.32 Wh to 1812.76 Wh. This means that the energy saved in those three rooms are as follows, the suite room 412.60 Wh, the north room 102,46 Wh and the south room 85.49 Wh. This energy reduction is a measure of internal heat energy only, without the affect of other heat producers, within the time span of 9 hours between 06:00 am to 03:00 pm.

Keywords: thermal comfort. energy, facade



KATA PENGANTAR

Puji syukur diucapkan atas kehadiran Allah S.W.T karena atas rahmat dan izin-Nya penelitian penulis yang berjudul “Rekayasa Fasade Sebagai Pendekatan Hemat Energi pada Hotel Ininside Yogyakarta” ini dapat berjalan lancar dan selesai dengan baik. Penyusunan penelitian ini merupakan saah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam penyusunan penelitian ini, tentunya tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dialami penulis. Namun berkat bantuan, dorongan dan semangat yang diberikan dari orang – orang terdekat, penulis dapat mampu menyelesaikan penelitian ini dengan lebih baik lagi. Maka dari itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya teruntuk kepada:

1. Bapak Jono Wardoyo, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan serta bimbingannya dalam menyelesaikan penelitian.
2. Bapak Ir. Chairil B Amiruza, MSA., selaku Kepala Lab. Dokumentasi Tugas Akhir dan Skripsi, Jurusan Aksitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
3. Bapak Herry Santosa, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
4. Segenap Dosen Jurusan Arsitektur atas ilmu dan panduannya selama ini.
5. Ibu Ida dan Bapak Bogat serta seluruh pihak Hotel Ininside atas bantuan dan izinnya dalam menggunakan Hotel Ininside sebagai obyek yang diteliti.
6. Orang tua yang selalu memberikan doa serta dukungannya disetiap langkah yang diambil oleh penulis.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-satu yang telah membantu kelancaran, baik secara langsung ataupun tidak langsung, dalam penyelesaian penelitian skripsi ini hingga dapat selesai pada akhirnya.

Penulis menyadari bahwa masih ada banyak kekurangan-kekurangan dalam pengerjaan penelitian ini. Maka dari itu segala macam kritik dan saran yang membantu akan diterima penulis secara terbuka. Semoga kedepannya penelitian berjudul “Rekayasa Fasade Sebagai Pendekatan Hemat Energi pada Hotel Ininside Yogyakarta” ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Malang. 18 Juli 2018

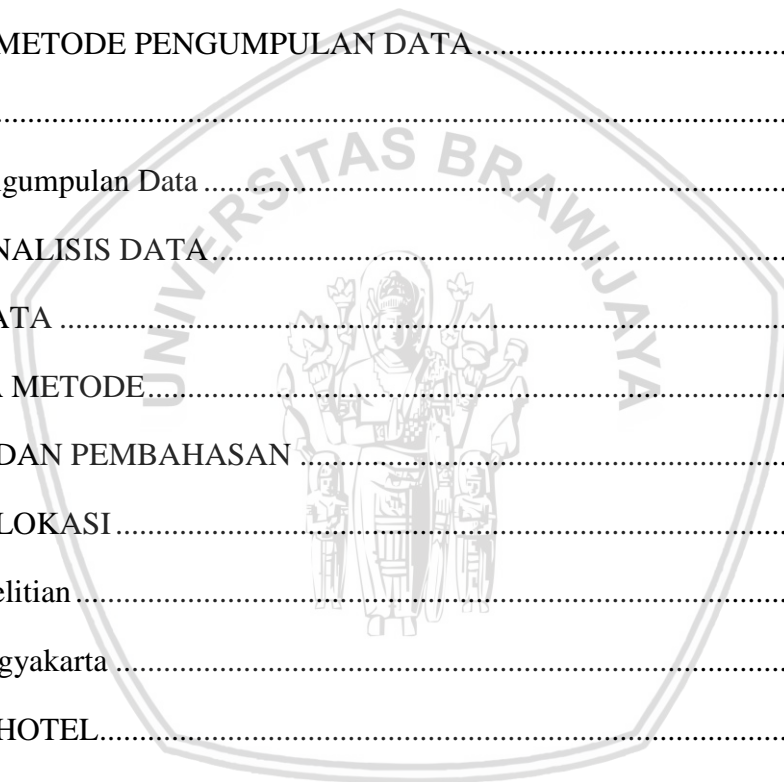
Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	4
1.3 RUMUSAN MASALAH	4
1.4 PEMBATASAN MASALAH	4
1.5 TUJUAN.....	5
1.6 MANFAAT	5
1.7 KERANGKA PEMIKIRAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 IKLIM.....	7
2.1.1 Iklim Tropis	7
2.2 KENYAMANAN TERMAL.....	10
2.2.1 Kenyamanan Termal Dalam Ruang	12
2.3 HEMAT ENERGI PADA BANGUNAN	19
2.3.1 Peluang Penghematan Energi Hotel dengan Fasade	19
2.3.2 Beban Pendinginan	21
2.4 FASADE BANGUNAN.....	24
2.4.1 Komposisi Fasade Bangunan	24
2.4.2 Fasade Sebagai Pengendali Termal	27
2.5 PENELITIAN TERDAHULU	30

2.6 KERANGKA TEORI.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 METODE UMUM DAN TAHAPAN PENELITIAN	33
3.1.1 Metode Umum.....	33
3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian.....	34
3.2 LOKUS DAN FOKUS PENELITIAN	35
3.2.1 Lokus Penelitian.....	35
3.2.2 Fokus Penelitian	35
3.3 JENIS DAN METODE PENGUMPULAN DATA.....	35
3.3.1 Jenis Data	35
3.3.2 Metode Pengumpulan Data	36
3.4 METODE ANALISIS DATA.....	39
3.5 SINTESA DATA	40
3.6 KERANGKA METODE.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 DESKRIPSI LOKASI.....	43
4.1.1 Lokasi Penelitian.....	43
4.1.2 Iklim di Yogyakarta	45
4.2 DESKRIPSI HOTEL.....	46
4.2.1 Konsep Desain Hotel.....	47
4.2.2 Tata Ruang Hotel	50
4.2.3 Tipe Unit Kamar Hotel.....	54
4.3 ANALISIS EKSISTING	57
4.3.1 Eksisting Suite Room.....	60
4.3.2 Eksisting North Room.....	67
4.3.3 Eksisting South Room.....	72
4.4 SIMULASI KAMAR EKSISTING	85



4.4.1 Sinar Matahari	86
4.4.2 Suhu	91
4.4.3 Energi	93
4.5 DESAIN REKOMENDASI	102
4.5.1 Rekomendasi 1	102
4.5.2 Rekomendasi 2	113
4.5.3 Rekomendasi 3	122
4.6 HASIL ANALISIS DATA	133
4.6.1 Perbandingan Suhu	133
4.6.2 Perbandingan Energi	135
BAB V PENUTUP	137
5.1 KESIMPULAN	137
5.2 SARAN.....	138
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN	143





DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pola Penggunaan Energi Hotel Yogyakarta	2
Gambar 1.2 Diagram Distribusi Biaya Energi Hotel.....	2
Gambar 1.3 Tampak Depan Hotel Ininside	3
Gambar 1.4 Kerangka Pemikiran	6
Gambar 2.1 Kenyamanan Termal Ruang	12
Gambar 2.2 Tipologi Fasade	25
Gambar 2.3 Kerangka Teori	31
Gambar 3.1 Ruang Kamar yang diukur.....	36
Gambar 3.2 Titik Peletakan Alat Pengukur Suhu	37
Gambar 3.3 Kerangka Metode	41
Gambar 4.1 Peta Lokasi Hotel Ininside.....	43
Gambar 4.2 Batas-batas Tapak Hotel.....	44
Gambar 4.3 Brand dan Tampilan Hotel Ininside Yogyakarta	46
Gambar 4.4 Analisis Desain Fasade Eksising	47
Gambar 4.5 Warna dan Material Fasade Hotel	48
Gambar 4.6 Desain Interior Hotel	49
Gambar 4.7 Pembagian Area Melalui Potongan	50
Gambar 4.8 Denah Lantai Basement.....	50
Gambar 4.9 Denah Lantai Dasar	51
Gambar 4.10 Denah Lantai 2.....	51
Gambar 4.11 Denah Lantai 3.....	52
Gambar 4.12 Denah Lantai Tipikal 5,6,7	52
Gambar 4.13 Denah Lantai 8.....	53
Gambar 4.14 Denah Lantai Rooftop.....	53
Gambar 4.15 Pembagian Tipe-Tipe Kamar.....	54
Gambar 4.16 Kamar Tipe Studio Room.....	54
Gambar 4.17 Kamar Tipe Premium Room.....	55
Gambar 4.18 Kamar Tipe Loft Room	55
Gambar 4.19 Kamar Tipe Lifestyle Room	56
Gambar 4.20 Titik Pengukuran Lantai 2	57
Gambar 4.21 Titik Pengukuran lantai 3	57
Gambar 4.22 Titik Pengukuran Lantai Tipikal 5-7	58



Gambar 4.23 Titik Pengukuran Lantai 8	58
Gambar 4.24 Luas Area Kamar yang Diukur	60
Gambar 4.25 Kondisi Sinar Matahari pada Suite Room (1)	60
Gambar 4.26 Kondisi Sinar Matahari pada Suite Room (2)	61
Gambar 4.27 Grafik Suhu Rata-rata Suite Room.....	62
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; Suite Room	63
Gambar 4.29 Grafik Q Rata-rata—Eksisting Suite Room	66
Gambar 4.30 Kondisi Sinar Matahari pada North Room.....	67
Gambar 4.31 Grafik Suhu Rata-rata North Room.....	68
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; North Room	69
Gambar 4.33 Grafik Q Rata-rata—Eksisting North Room.....	72
Gambar 4.34 Kondisi Sinar Matahari pada South Room.....	73
Gambar 4.35 Grafik Suhu Rata-rata South Room.....	73
Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; south Room.....	75
Gambar 4.37 Grafik Q Rata-Rata—Eksisting North Room.....	77
Gambar 4.38 Grafik Suhu Eksisting Hari 1, 2 & 3	79
Gambar 4.39 Grafik Suhu Eksisting Kamar Rata-rata Hari 1&3.....	81
Gambar 4.40 Simulasi Kamar Hotel	84
Gambar 4.41 Simulasi Pencahayaan Eksisting Suite Room	86
Gambar 4.42 Simulasi Pencahayaan Eksisting North Room	87
Gambar 4.43 Simulasi Pencahayaan Eksisting South Room	88
Gambar 4.44 Analisis Sinar Matahari (a) Suite Room (b) North Room (C) South Room .	89
Gambar 4.45 Grafik Suhu Simulasi Ecotect Tiap Kamar	91
Gambar 4.46 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi Suite Room	92
Gambar 4.47 Grafik Q Rata-Rata – Simulasi Suite Room.....	94
Gambar 4.48 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi North Room.....	95
Gambar 4.49 Grafik Q Rata-rata – Simulasi North Room.....	96
Gambar 4.50 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi South Room.....	97
Gambar 4.51 Grafik Q Rata-rata – Simulasi South Room.....	98
Gambar 4.52 Tampilan Grid Kaca Eksisting Hotel	101
Gambar 4.53 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 1	102
Gambar 4.54 Elemen Fasade Rekomendasi 1	102
Gambar 4.55 Dimensi Fasade dan Tampilan Pada Denah; Rekomendasi 1	103
Gambar 4.56 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 1 suite room	104

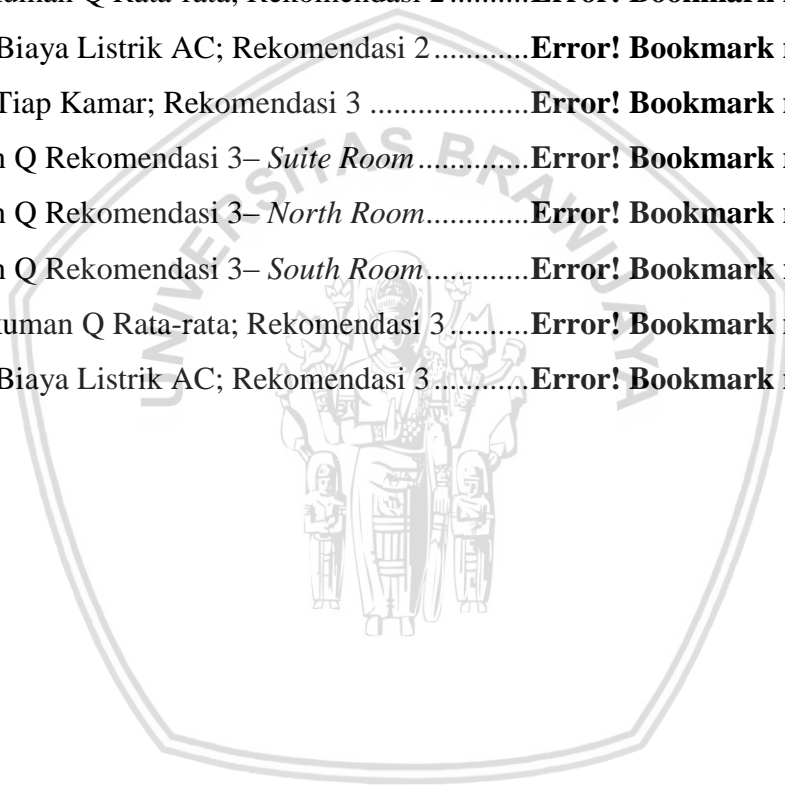
Gambar 4.57 Proyeksi Bayangan Suite Room Pukul 3 Sore; Rekomendasi 1	104
Gambar 4.58 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 1	105
Gambar 4.59 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 1	106
Gambar 4.60 Grafik Q Rekomendasi 1 – Suite Room	107
Gambar 4.61 Grafik Q Rekomendasi 1 – North Room	109
Gambar 4.62 Grafik Q Rekomendasi 1 –South Room	110
Gambar 4.63 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 2	112
Gambar 4.64 Elemen Fasade Rekomendasi 2	112
Gambar 4.65 Dimensi Fasade dan Tampilan pada Denah; Rekomendasi 2.....	113
Gambar 4.66 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 2 suite room.....	114
Gambar 4.67 Proyeksi Bayangan Suite Room Pukul 3 Sore; Rekomendasi 2.....	114
Gambar 4.68 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 2	115
Gambar 4.69 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 2.....	116
Gambar 4.70 Grafik Q Rekomendasi 2 – Suite Room	117
Gambar 4.71 Grafik Q Rekomendasi 2 – North Room	118
Gambar 4.72 Grafik Q Rekomendasi 2 –South Room	120
Gambar 4.73 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 3	122
Gambar 4.74 Elemen Fasade Rekomendasi 3	122
Gambar 4.75 Dimensi Fasade dan Tampilan pada Denah; Rekomendasi 3.....	122
Gambar 4.76 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 3 Suite Room.....	123
Gambar 4.77 Proyeksi Bayangan Suite Room Pukul 3 Sore; Rekomendasi 3.....	124
Gambar 4.78 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 3	124
Gambar 4.79 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 3.....	125
Gambar 4.80 Grafik Q Rekomendasi 3 – Suite Room	127
Gambar 4.81 Grafik Q Rekomendasi 3 – North Room	128
Gambar 4.82 Grafik Q Rekomendasi 3 –South Room	129
Gambar 4.83 Grafik Perbandingan Suhu Eksisting dan Simulasi Eksisting	132
Gambar 4.84 Grafik Perbandingan Suhu Tiap Rekomendasi.....	134
Gambar 4.85 Grafik Perbandingan Energi Tiap Pengukuran.....	135



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Koefisien Pembayang Berbagai Jenis Pelindung Matahari	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 Efektivitas Penggunaan Vegetasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Jenis dan Metode Pengumpulan Data.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Ringkasan Kondisi Cuaca di Wilayah DIY, 2013-2016	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Suhu Pada <i>Suite Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Q hari ke 1&3 – eksisting <i>suite room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4 Q Rata-rata – eksisting <i>suite room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Suhu Pada <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6 Q Hari Ke 1&3 – Eksisting <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7 Q Rata-Rata – Eksisting <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Suhu Pada <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9 Q Hari Ke 1&3 – Eksisting <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10 Q Rata-Rata – Eksisting <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11 Suhu Keseluruhan Pada Hari ke-1.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12 Suhu Keseluruhan Pada Hari ke-3.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13 Suhu Rata-rata Pada Hari ke 1&3	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14 Rangkuman Q Rata-Rata – Eksisting	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15 Total Energi AC - Eksisting	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.16 Biaya Listrik AC Tiap Kamar - Eksisting	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.17 Total Biaya Listrik AC Seluruh Kamar - Eksisting	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.18 Q Rata-Rata – Simulasi <i>Suite Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.19 Q Rata-Rata – Simulasi <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.20 Q Rata-Rata – Simulasi <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.21 Rangkuman Q Rata-Rata; Simulasi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.22 Total Biaya Listrik AC per Kamar ; Simulasi ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.23 Total Biaya Listrik AC Seluruh Kamar; Simulasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.24 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 1	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4.25 Satuan Q Rekomendasi 1– <i>Suite Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.26 Satuan Q Rekomendasi 1– <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.27 Satuan Q Rekomendasi 1– <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.28 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.29 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.30 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 2	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.31 Satuan Q Rekomendasi 2– <i>Suite Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.32 Satuan Q Rekomendasi 2– <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.33 Satuan Q Rekomendasi 2– <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.34 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 2	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.35 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 2.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.36 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 3	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.37 Satuan Q Rekomendasi 3– <i>Suite Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.38 Satuan Q Rekomendasi 3– <i>North Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.39 Satuan Q Rekomendasi 3– <i>South Room</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.40 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 3	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.41 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 3.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah, Tampak dan Potongan	143
Lampiran 2 Tabel Hasil Pengukuran Suhu Eksisting Kamar	155
Lampiran 3 Analisis Kamar Suite Room.....	157
Lampiran 4 Analisis Kamar North Room.....	159
Lampiran 5 Analisis Kamar South Room.....	161
Lampiran 6 Analisis Simulasi Eksisting.....	163
Lampiran 7 Analisis Rekomendasi 1	169
Lampiran 8 Analisis Rekomendasi 2.....	171
Lampiran 9 Analisis Rekomendasi 3.....	173
Lampiran 10 Hasil Perbandingan	175
Lampiran 11 Gambar Kerja Hasil Rekomendasi.....	177





BAB I

PENDAHULUAN

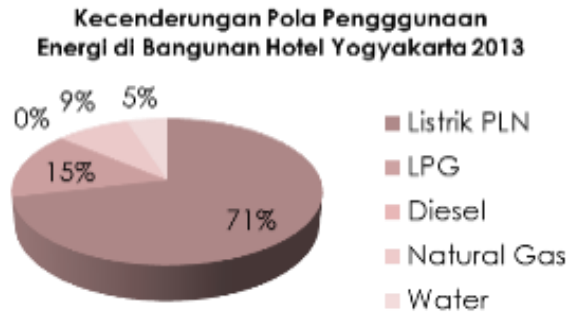
1.1 LATAR BELAKANG

Daerah Istimewa Yogyakarta (D.I.Y) merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki daya tarik khas. Yogyakarta telah menjadi destinasi wisata berpeluang bisnis tinggi yang ramai dikunjungi oleh wisatawan dalam maupun luar negeri. Hal ini menyebabkan banyaknya hotel sebagai tempat akomodasi penginapan bagi para pelancong yang berwisata ataupun sebagai tempat menginap untuk para pebisnis dari luar kota Yogyakarta. Sejak akhir tahun 2016 oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tercatat 89 unit hotel berbintang berdiri di kota ini. Jika di lihat dari jumlah kunjungan wisatawan, terjadi kenaikan jumlah pengunjung yang cukup nyata hampir di setiap tahunnya. Menurut perhitungan, pada tahun 2016 wisatawan yang menginap mencapai 4,4 juta orang.

Suhu lingkungan yang cukup tinggi menjadikan Yogyakarta yang berada di negara dengan iklim tropis ini menjadi wilayah yang terbilang panas. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Yogyakarta tahun 2017, rata-rata suhu selama tahun 2016 berkisar pada 27°C. Rata-rata suhu tertinggi mencapai 33°C dengan suhu terendahnya mencapai 23°C. Sedangkan untuk standar kenyamanan termal menurut SNI yaitu suhu nyaman optimal yang berkisar di antara 22.8 °C – 25.8°C. Jika dibandingkan dengan ketentuan standar kenyamanan termal, suhu rata-rata Kota Yogyakarta masih berada diatas batas nyaman.

Kenyamanan merupakan aspek penting dalam pelayanan untuk pengunjung pada sebuah hotel. Kondisi iklim di Yogyakarta tidak sesuai dengan standar kenyamanan yang artinya diperlukan usaha lebih pada hotel untuk mencapai kenyamanan dari segi termal. Kenyamanan termal tersebut dapat dicapai dengan pengoperasian penghawaan buatan (AC). Faktor-faktor yang harus diperhatikan karena dapat mempengaruhi kualitas kenyamanan termal adalah kelembaban, penghawaan alami, pergerakan udara dan radiasi matahari (pencahayaan alami) (Snyder & Catanese, 1994).

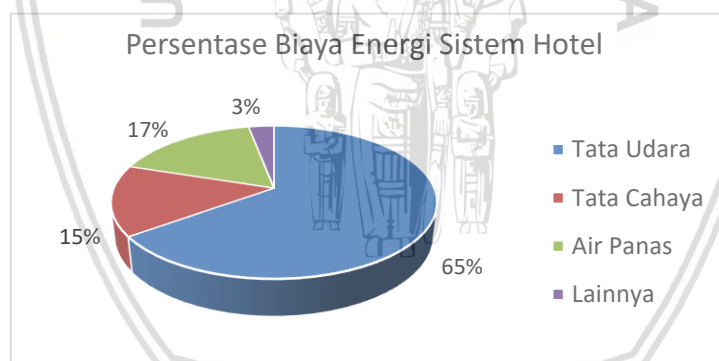
Menurut IEA (International Energy Agency), gedung merupakan pengkonsumsi energi terbesar di dunia. Kebutuhan listrik $\pm 40\%$ digunakan untuk memenuhi kebutuhan HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning). Faktor yang paling mempengaruhi termal dalam ruangan secara langsung yaitu orientasi bangunan terhadap matahari karena menentukan seberapa banyak radiasi matahari yang masuk kedalam ruang yang dapat meningkatkan suhu.



Gambar 1.1 Pola Penggunaan Energi Hotel Yogyakarta

Sumber : ICED, 2015

Berdasarkan diagram diatas, penggunaan energi listrik pada hotel di Yogyakarta merupakan sektor yang paling banyak menghabiskan biaya. Seperti yang diketahui sistem penghawaan buatan merupakan salah satu yang turut menggunakan energi. Secara umum bangunan termasuk hotel menggunakan energi sebesar 50% di dalamnya, atau 70% listrik dari total konsumsi di Indonesia. Hal ini menyebabkan hotel menjadi pengguna energi terbesar yang bisa melebihi konsumsi pada sektor industri dan transportasi. Konsumsi energi yang besar pada hotel turut serta berkontribusi pada tingginya biaya operasional sebesar 25-30% (ICED, 2015).



Gambar 1.2 Diagram Distribusi Biaya Energi Hotel

Sumber : ICED, 2015

Untuk membantu mengurangi penggunaan energi yang berlebih maka perlu adanya penyesuaian pengaturan dalam operasional hotel. Seperti yang tertera pada diagram diatas, peluang penghematan energi dalam hotel dapat diperoleh dari peningkatan efisiensi pada tiap-tiap sistem yang menggunakan energi terbesar di dalam bangunan hotel. Sistem tata udara memegang nilai sebesar 65% yang artinya sistem tersebut mengeluarkan biaya energi yang paling banyak diantara sistem lainnya (ICED, 2015). Sehingga jika biaya energi yang digunakan untuk sistem tata udara dapat dikurangi, dapat dikatakan bahwa total penurunan penggunaan energi dalam sistem bangunan hotel secara keseluruhan akan cukup terasa.

Dalam negara tropis, sistem udara yang dimaksud akan mengacu pada pendingin ruangan atau *air conditioner*. Beban panas dari luar dapat masuk ke dalam melalui fasade bangunan. Semakin banyak panas yang masuk ke dalam, semakin tinggi pula energi untuk pengoperasian AC. Jadi dapat dikatakan bahwa peran sebuah fasade bukan hanya untuk tampilan bangunan saja, namun juga berperan penting dalam mempengaruhi kondisi termal dalam bangunan. Desain fasade yang baik akan mampu mengurangi beban panas eksternal yang masuk ke bangunan (Loekita, 2006). Dikatakan oleh ICED (2015) bahwa sistem fasade bangunan secara tidak langsung berpotensi mengurangi beban pendinginan sampai mencapai sebesar 54% dari total beban pendinginan.



Gambar 1.3 Tampak Depan Hotel Inside

Sumber : ICED, 2015

Hotel Inside merupakan salah satu hotel dan kondotel bintang empat di Kota Yogyakarta. Hotel berlantai delapan ini memiliki ratusan kamar dengan empat tipe ruangan yaitu *studio room*, *premium room*, *loft room* dan *lifestyle room*. Banyaknya fasilitas dalam bangunan yang menuntut kualitas dan kenyamanan menunjukkan adanya kebutuhan energi yang besar. Kebutuhan energi tersebut paling banyak dihabiskan oleh penghawaan buatan terutama pada kamar hotel. Untuk itu perlu adanya strategi agar konsumsi energi untuk penghawaan buatan tidak melonjak.

Dilihat dari segi lokasi, hotel ini termasuk hotel yang strategis karena terletak dekat dari destinasi-destinasi ternama Yogyakarta. Orientasi dari gedung yaitu sisi terpanjang bangunan menghadap ke arah utara-selatan sehingga ruangan kamar tidak terekspos langsung terhadap arah datang matahari. Namun letak *suite/lifestyle room* pada hotel ini justru menghadap ke barat. Hal ini menjadi masalah karena ketika matahari bersinar, suhu ruangan dapat terpengaruh oleh pancaran sinar matahari langsung yang masuk dalam bangunan. Dengan meningkatnya suhu ruangan, otomatis penggunaan AC akan lebih tinggi menyebabkan penggunaan energi lebih banyak.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah yang perlu diselesaikan pada pembahasan ini:

1. Banyaknya pengunjung di Yogyakarta menuntut adanya fasilitas penunjang yang memberikan pelayanan dengan baik, salah satunya hotel.
2. Suhu pada kota Yogyakarta rata-rata berada di atas standar kenyamanan termal.
3. Pada bangunan tinggi dengan ruang tertutup diperlukan pendingin ruangan (AC) untuk menurunkan suhu menjadi nyaman.
4. Sinar matahari yang masuk dalam bangunan secara berlebihan dapat menaikkan suhu ruang, terutama pada ruang yang menghadap timur atau barat.
5. Penggunaan AC dalam ruangan dapat menjadi berlebih jika suhu awal ruangan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan standar kenyamanan.
6. Tingginya intensitas penggunaan AC dapat menyebabkan konsumsi energi yang perlu dikerahkan lebih besar pula.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dapat diambil yaitu:

1. Bagaimana pengaruh orientasi kamar hotel dapat mempengaruhi kondisi suhu di dalam ruang kamar.
2. Seberapa besar jumlah energi yang digunakan oleh AC untuk dapat menurunkan suhu ruangan menjadi suhu ideal.
3. Bagaimana desain fasade bangunan dapat menurunkan jumlah penggunaan energi AC pada ruang kamar hotel.

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Terdapat beberapa batasan yang harus diperhatikan dalam penelitian ini agar berjalan dengan baik. Batasan-batasan tersebut terdiri dari:

1. Kajian dilakukan pada bangunan kamar dalam hotel bintang empat yang telah beroperasi yaitu Hotel Inhouse di Yogyakarta.
2. Kamar hotel yang dipilih sebagai uji coba lapangan untuk di observasi kondisinya dipilih berdasarkan syarat kondisi yang sesuai dengan kajian.
3. Analisis mengacu pada kondisi iklim lingkungan, suhu dalam dan orientasi bangunan.

4. Analisis dilakukan pada saat matahari bersinar, yaitu dari pagi hingga sore hari.
5. Kamar hotel diasumsikan sebagai ruang kosong dan tidak berpenghuni.
6. Perhitungan energi terbatas pada panas internal ruang, tidak termasuk energi panas yang dikeluarkan lampu dan manusia.
7. Perhitungan energi terbatas pada energi panas yang perlu dibuang untuk menurunkan suhu ruangan menjadi suhu ideal.
8. Rekomendasi hasil dari studi lapangan dibatasi oleh pendekatan arsitektural.

1.5 TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan ini yaitu:

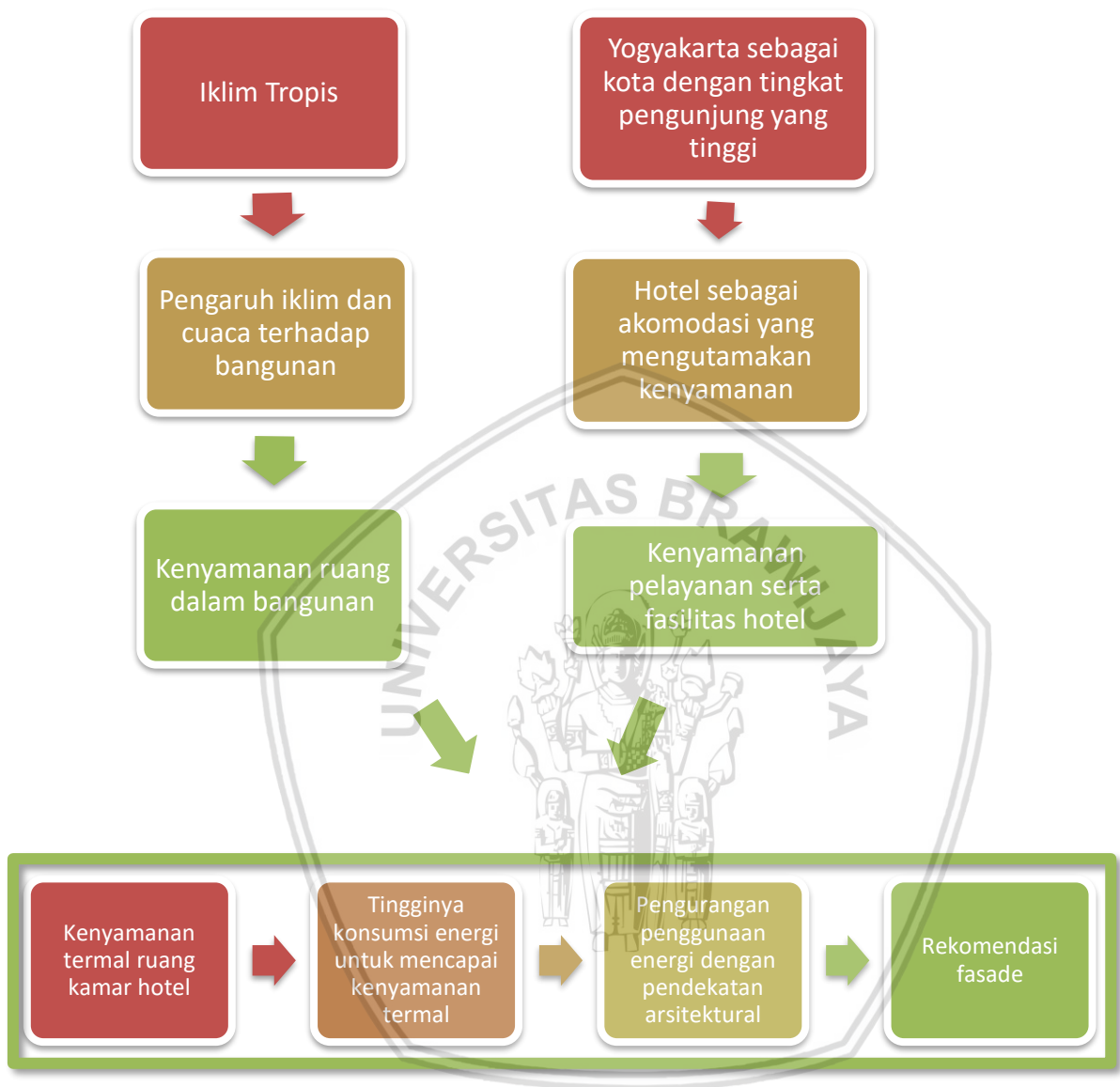
1. Untuk mengetahui pengaruh orientasi kamar terhadap suhu dalam ruang kamar hotel.
2. Untuk mengetahui jumlah energi yang perlu digunakan oleh AC untuk menurunkan suhu ruangan menjadi suhu ideal.
3. Untuk mencari peluang penghematan energi AC dengan bantuan rekayasa desain fasade.

1.6 MANFAAT

Berikut adalah manfaat yang bisa diraih dari penelitian:

1. Memberi evaluasi mengenai suhu dalam ruangan yang dipengaruhi oleh orientasi bangunan pada kamar Hotel Ininside Yogyakarta.
2. Menjadi acuan untuk mengetahui bagaimana cara mengetahui penggunaan energi dalam menurunkan suhu ruangan menjadi nyaman.
3. Memberi contoh rekomendasi desain yang dapat diterapkan untuk membantu dalam pembangunan yang lebih hemat energi
4. Menjadi sumbangan pengetahuan dalam ranah arsitektur hemat energi untuk digunakan sebagai referensi dalam penelitian sejenis.

1.7 KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar 1.4 Kerangka Pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 IKLIM

Iklim merupakan suatu keadaan rata-rata dari cuaca di suatu daerah di dalam periode tertentu. Sedangkan pengertian dari cuaca yaitu suatu keadaan atmosfer selama periode waktu yang singkat. Cuaca siklusnya bisa berubah dari jam ke jam, hari ke hari, bulan ke bulan atau bahkan tahun ke tahun. Suatu pola cuaca di suatu daerah, yang dilacak selama lebih dari 30 tahun, disebut sebagai iklim. Iklim sering dinyatakan sebagai nilai statistik cuaca dalam jangka panjang dari suatu wilayah. Iklim juga bisa diartikan sebagai sifat cuaca di suatu tempat atau wilayah.

Menurut World Climate Conference (1979) iklim ialah pengukuran cuaca yang terjadi dalam kurun waktu yang lama dan panjang yang jika dilihat secara statistik dapat dipakai untuk menunjukkan suatu nilai statistik yang berbeda dengan sebuah keadaan disetiap saatnya. Sedangkan menurut Gibbs (1978) iklim yaitu sebuah peluang statistik yang ada pada beragam keadaan atmosfer yang diantaranya yaitu suhu, tekanan, kelembapan angin yang terjadi di suatu daerah dalam jangka waktu yang cukup lama. Iklim disebut juga merupakan rata-rata keadaan cuaca yang diukur dalam jangka waktu yang cukup lama yang memiliki sifat tetap (Kartasapoetra, 2012).

2.1.1 Iklim Tropis

Tropis diartikan sebagai suatu daerah yang terletak di antara garis *isotherm* di bagian utara dan selatan bumi, atau daerah yang terdapat di 23,5° LU dan 23,5°LS. Pada dasarnya wilayah yang termasuk iklim tropis dibedakan menjadi daerah tropis kering yang meliputi stepa, savanna kering, dan gurun pasir; serta daerah tropis lembab yang diliputi oleh hutan hujan tropis, daerah-daerah dengan musim basah dan juga savanna lembab. Indonesia yang beriklim tropis basah atau daerah hangat lembab memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Memiliki dua musim yaitu hujan dan kemarau
2. Kelembaban udara yang relatif tinggi (umumnya di atas 90%)
3. Curah hujan tinggi
4. Temperatur tahunan di atas 18°C (mencapai 38°C saat musim kemarau)

5. Perbedaan antar musim tidak terlalu signifikan, kecuali saat periode sedikit hujan dengan banyak hujan yang disertai angin kencang.
6. Mendapat sinar matahari sepanjang tahun

Lauber (2005) menyatakan bahwa bangunan pada iklim tropis dipercaya menghadapi konfrontasi yang disebabkan oleh kondisi ekstrim iklim dalam hal fungsi dan konstruksi bangunan. Secara praktis, pengaruh ekstrim negatif yang disebabkan iklim tropis dapat disimpulkan ke dalam beberapa parameter berikut (Wong, 2009):

a. Temperatur dan *relative humidity* (RH)

Faktor paling utama dan yang paling terlihat jelas adalah temperatur serta kelembaban yang relatif tinggi. Keduanya dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal hingga sampai memperlambat tempo kehidupan suatu wilayah. Hal ini disebabkan karena kombinasi dari temperatur dan kelembaban yang tinggi dapat mengurangi tingkat penguapan dari kelembaban tubuh manusia. Suhu dipermukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- 1) Jumlah radiasi matahari yang diterima per tahun , per musim, dan per hari
- 2) Pengaruh daratan atau lautan
- 3) Pengaruh ketinggian tempat
- 4) Pengaruh angin secara tidak langsung
- 5) Pengaruh panas laten
- 6) Penutup tanah
- 7) Tipe tanah
- 8) Pengaruh sudut datang sinar matahari

b. Radiasi matahari

Energi matahari adalah penyebab utama adanya perubahan dan pergerakan di dalam atmosfer yang kemudian dianggap mengendalikan iklim dan cuaca. Sinar matahari diukur dari panas atau teriknya penyinaran serta lamanya penyinaran tersebut terjadi. Dikarenakan orbital bumi yang mengelilingi matahari, jumlah penerimaan energi matahari yang masuk ke bumi berbeda-beda sesuai dengan keadaan jarak antara matahari dan bumi.

Secara umum radiasi matahari yang di terima pada daerah tropis sangat tinggi. Parahnya lagi proporsi radiasi yang tersebar sangatlah tinggi dikarenakan oleh tingginya kelembapan dan pengaruh dari awan. Radiasi matahari berlebihan

dapat diserap oleh fasade bangunan dan di transfer ke dalam menyebabkan naiknya temperatur ruangan.

c. Hujan

Hujan adalah sebuah presipitasi yang berwujud cairan. Merupakan proses kondensasi uap air di atmosfer yang menjadi butir-butir air yang cukup berat untuk jatuh dan tiba di daratan. Dua proses yang dapat terjadi secara bersamaan bisa mendorong udara menjadi semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara.

Jumlah air hujan pada area tropis lembab dapat mencapai nilai sangat tinggi meskipun terkadang masih diselingi masa kemarau. Kekhawatiran utama adalah kesulitan yang cukup tinggi dalam mempertahankan permukaan bangunan agar tahan dari terpaan hujan.

d. Angin

Terdapat berbagai macam jenis angin seperti angin darat, angin laut, angin gunung, angin lembah dan angin lokal (fohn) yang sifatnya kering. Gerakan angin berasal dari daerah yang bertekanan tinggi menuju daerah dengan tekanan yang rendah. Angin dapat mempengaruhi ventilasi yang merupakan aspek penting dari penghawaan alami. Pergerakan aliran angin yang kecil digabung dengan tingginya temperatur dan kelembaban dapat dengan mudah menyebabkan ketidaknyamanan termal. Arah angin juga dapat mempengaruhi pertimbangan orientasi dari bangunan.

Tidak hanya efek negatif saja yang diberikan, tentunya terdapat pula pengaruh positif yang dapat diberikan oleh iklim tropis. Dengan perubahan kenaikan dan penurunan temperatur udara yang relatif tidak ekstrim dengan temperatur yang seringkali selalu tinggi artinya desain bangunan perlu strategi untuk menghadapi panas. Artinya, baik atap, fasade, sistem maupun lingkungan sekitar pada sebuah bangunan hanya perlu memfokuskan pada permasalahan panas. Tidak perlu adanya pertimbangan untuk sistem pemanas ruangan. Sehingga prinsip pengendalian termal dapat diamati melalui karakteristik dominan bangunan tropis yaitu keterbukaan dan pembayangan. Dinding luar bangunan biasanya terbuat dari material solid ringan dengan kapasitas panas yang rendah, dengan pewarnaan cerah untuk mengurangi penyerapan panas dan reflektif (Wong, 2009).

2.2 KENYAMANAN TERMAL

Kenyamanan termal adalah sensasi panas atau sensasi dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa di kulit terhadap stimuli suhu di lingkungan sekitarnya (Karyono, 2001). Terdapat tiga macam pendekatan dari kenyamanan termal yaitu: pendekatan *thermophysiological*, pendekatan *heat balance* dan pendekatan psikologis (Hoppe, 2002). ISO 7730 Menyatakan bahwa kondisi dari pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal. Definisi lainnya menerangkan kenyamanan termal sebagai lingkungan *indoor* dimana faktor pribadi akan menghasilkan kondisi lingkungan termal yang dapat diterima hingga 80% atau lebih dari pengguna dalam sebuah ruangan. ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer) menyebutkan bahwa kenyamanan termal adalah kondisi pikir yang mengekspresikan kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya dengan sebuah tingkatan. Berdasarkan kesimpulan dari Lechner (2015), terdapat empat kondisi yang dapat menentukan kenyamanan termal di lingkungan yaitu:

1. Suhu udara

Sebanyak 80% orang memilih tingkat kenyamanan termal berada pada suhu 20°C saat musim dingin dan 25,5°C pada saat musim panas. Tetapi kenyamanan tersebut dapat berubah disebabkan oleh pakaian yang digunakan.

2. Kelembaban

Kelembaban dapat terlihat ketika terjadinya penguapan air dari kulit. Ketika kelembaban relatif 100%, maka penguapan dapat menyejukan badan. Kelembaban yang ideal yaitu di bawah 80% saat musim dingin dan dibawah 60% disaat musim panas. Semakin tinggi tingkat kelembaban akan semakin terasa tidak nyaman.

3. Kecepatan udara

Kecepatan udara menghilangkan panas baik secara konveksi maupun penguapan. Kecepatan dari udara tersebut dapat dikatakan nyaman jika kecepatannya sebesar 20 sampai 60 fpm.

4. *Mean Radian Temperature* (MRT)

MRT disebutkan sebagai temperatur yang seragam dari keadaan semu dimana perpindahan radiasi panas dari tubuh manusia sama dengan perpindahan radiasi panas dari keadaan sesungguhnya.

Untuk dapat mencapai kenyamanan termal di Indonesia, bahwa kondisi cuaca yang diperlukan yaitu suhu udara berada di antara 24°C sampai dengan 26°C. Untuk kelembapan ideal berada pada nilai 40% – 60% serta kecepatan udara berkisar antara 0,6 m/s – 1,5 m/s Latifah (2015). Kemudian Lippsmeier (1997) menyatakan bahwa batas kenyamanan termal untuk wilayah khatulistiwa berkisar antara 19°C TE – 26°C TE dengan kondisi suhu diluar itu menjadi:

- Suhu 26°C TE : Penghuni umumnya sudah berkeringat
- Suhu 26°C TE – 30°C TE : Daya tahan dan kemampuan kerja mulai menurun
- Suhu 33,5°C TE – 35,5°C TE: Kondisi lingkungan sekitar mulai tidak nyaman
- Suhu 35,5°C TE – 36°C TE : Kondisi lingkungan tidak memungkinkan nyaman

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yang dirasakan oleh pengguna ruang menurut beberapa ahli yaitu:

Tabel 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Szokolay	Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 730:1994)	Humphreys dan Nicol
Iklm:	Iklm:	Iklm:
<ul style="list-style-type: none"> - Radiasi - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara 	<ul style="list-style-type: none"> - Radiasi matahari - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara 	<ul style="list-style-type: none"> - Radiasi matahari - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara
Individu:	Individu:	Individu:
<ul style="list-style-type: none"> - Pakaian - Aklimatisasi - Usia dan kelamin - Kegemukan - Kesehatan - Makanan&minuman - Suku bangsa 	<ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas - Pakaian 	<ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas - Pakaian - Adaptasi
		Lokasi geografis

Sumber: Talarosha (2005)

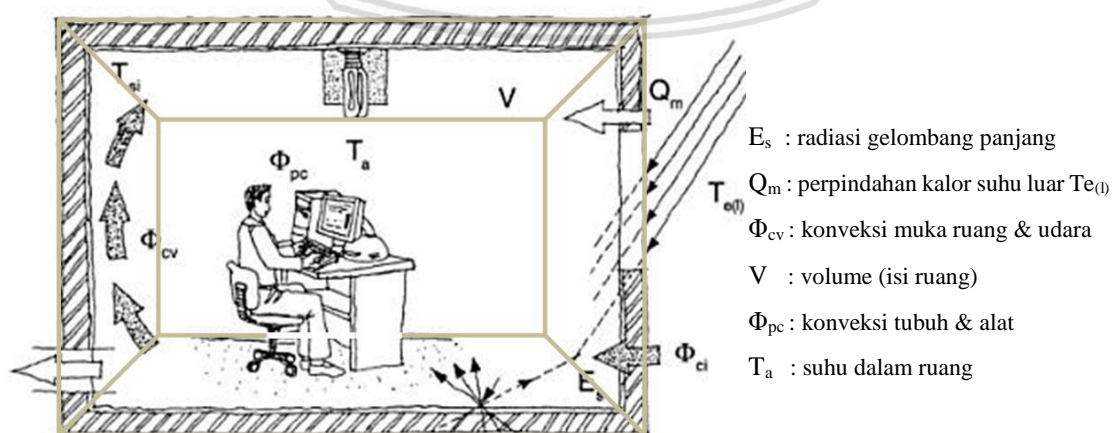
Pemaknaan kenyamanan thermal sebagai pengekspresian tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya menunjukkan bahwa kenyamanan thermal akan melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis. Pengamatan yang berkaitan dengan kenyamanan termal pada umumnya menggunakan variabel berikut:

1. Variabel personal : tingkat metabolisme yang diwujudkan dalam variabel aktivitas, serta tingkat insulasi pakaian yang diwujudkan dalam variabel cara berpakaian.
2. Variabel iklim ruang : suhu udara, rata-rata suhu radiasi, kelembaban, pergerakan udara atau kecepatan angin.

Berdasarkan variabel tersebut, penelitian akan menggunakan variabel iklim ruangan sebagai patokan dari perhitungan termal ruang. Maka pengukuran mengenai kualitas kenyamanan termal akan berkaitan dengan empat variabel suhu udara, Suhu radiasi rata-rata, kelembaban dan pergerakan udara atau kecepatan angin. Adapun alat ukur fisik untuk mengukur tingkat kenyamanan termal yang digunakan di ruangan bervariasi bentuknya dari masing-masing peneliti tergantung dari tujuan penelitiannya.

2.2.1 Kenyamanan Termal Dalam Ruang

Definisi dari iklim dalam ruangan yang dapat diterima pada sebuah bangunan tidak hanya mementingkan kenyamanannya saja, namun juga memikirkan mengenai konsumsi energi di dalamnya serta memastikan keberlanjutannya (Humphreys & Nicol, 2001). Identifikasi pengukuran fisik dan verifikasi variabel termal menggunakan ASHRAE 55 dan ISO 7730 (ISO 1994). Lebih dari 90% kegiatan manusia dilakukan di dalam ruangan, sehingga mereka membutuhkan udara yang nyaman dalam ruang tempat mereka beraktivitas. Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, gedung yang berada di wilayah dataran rendah harus memiliki suhu maksimal 34°C DB dan 28°C WB (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 28°C) (acuan menggunakan SNI 03-6197).



Gambar 2.1 Kenyamanan Termal Ruang

Sumber: Heinz Frick, 2008

Kenyamanan minimal yang seharusnya dipenuhi di dalam sebuah ruangan adalah kenyamanan termal secara fisiologis. Hal ini disebabkan karena secara fisiologis, termal sangat berperan pada kinerja pengguna bangunan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dalam ruangan (Sugini, 2004) yaitu sebagai berikut:

- a. Radiasi gelombang panjang
- b. Konveksi permukaan dinding dan udara
- c. Konveksi pengguna dan peralatan
- d. Konveksi melalui dinding
- e. Perpindahan kalor dari suhu luar
- f. Suhu permukaan bidang dinding.

Sedangkan menurut Egan (1975), dari segi arsitektural terdapat pula faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal ruangan. Berikut ini merupakan faktor-faktor tersebut:

- a. Orientasi bangunan
 - 1) Orientasi bangunan terhadap matahari

Matahari sebagai sumber cahaya dan panas di bumi memberi pengaruh yang signifikan pada kondisi suhu ruangan suatu bangunan. Ditambah dengan keberadaan Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa menjadikan Indonesia negara yang disinari matahari di sepanjang tahunnya. Maka dari itu orientasi bangunan terhadap matahari sangat memberi dampak pada tingginya suhu udara di dalam ruangan.

Untuk menjaga kenyamanan suhu dalam ruangan, kontak bangunan dengan radiasi matahari harus diminimalisasi sebisa mungkin. Semakin luas area bangunan yang terkena paparan sinar matahari langsung, akan menyebabkan semakin tingginya suhu udara di dalam bangunan tersebut. Karena matahari berorientasi dari timur ke barat, bidang ter luas bangunan akan lebih baik jika di hadapkan ke arah utara dan selatan.

2) Orientasi bangunan terhadap angin

Angin merupakan salah satu elemen yang sering digunakan untuk penghawaan alami pada bangunan dengan fungsi-fungsi tertentu. Pemanfaatan angin sebagai penghawaan alami dapat melalui bukaan-bukaan pada sebuah bangunan. Tidak hanya berfungsi untuk penghawaan alami saja, namun angin dapat pula berperan untuk mengurangi tingkat kelembaban di dalam sebuah ruangan. Iklim tropis pada umumnya memiliki ciri-ciri yaitu kecepatannya yang relatif rendah.

Agar penghawaan alami dalam suatu bangunan dapat maksimal, maka orientasi bangunan juga harus memperhatikan arah datangnya angin. Semakin banyak bidang bangunan yang menghadap ke arah datangnya angin, maka semakin tinggi kemungkinan untuk masuknya penghawaan ke dalam bangunan. Sehingga sistem *cross ventilation* dapat diterapkan dalam desain bangunan tersebut.

b. Elemen Arsitektur

1) Pelindung matahari

Sun shading merupakan elemen bangunan yang mampu mereduksi radiasi matahari yang menyentuh ke permukaan bangunan. Penggunaan elemen ini biasanya diterapkan pada sisi bangunan yang paling banyak menerima radiasi sinar matahari atau pada sisi timur dan barat bangunan yang merupakan arah gerak dari matahari. Selain dari mengurangi jumlah radiasi matahari yang diterima, pembayang matahari dapat pula mengurangi sinar cahaya matahari yang berlebihan.

Selain pembayang matahari, efektifitas penggunaan elemen ini juga tergantung pada material yang digunakan, pemilihan warna dan lokasi penempatan. Warna-warna cerah seperti putih direkomendasikan untuk pengaplikasian pelindung matahari karena warna putih dapat memantulkan sinar matahari. Untuk mengukur tingkat efektifitas dari kinerja pelindung matahari, digunakan satuan berupa *shading coefficient* (SC). Berikut adalah tabel SC dari berbagai jenis pelindung matahari :

Tabel 2.2 Koefisien Pembayang Berbagai Jenis Pelindung Matahari

Shading Coefficient	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 (Moveable)</i>	0,15 – 0,10

Sumber : Egan, 1975

Dari tabel di atas diketahui bahwa pembayang jenis *egg crate* dan *vertical louver (moveable)* merupakan jenis yang paling efektif jika dibandingkan pembayang jenis lain. Hal tersebut dapat terlihat dari angka SC pada pembayang sebesar 10%. Itu berarti hanya 10% radiasi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan.

c. Elemen lanskap

1) Vegetasi

Cara lain untuk mencapai kenyamanan termal yaitu dengan memanfaatkan elemen lanskap yaitu vegetasi. Vegetasi memiliki variasi yang banyak yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan karakteristik dari tanaman tersebut. Vegetasi dengan jenis daun yang rimbun mampu mereduksi radiasi matahari ketika proses fotosintesis. Dengan adanya proses tersebut, radiasi matahari dapat berkurang karena diserap oleh vegetasi tersebut. Dengan adanya vegetasi, tidak hanya kondisi termal dalam ruangan tetapi termal lingkungan pun dapat terpengaruhi dengan adanya vegetasi. Bayangan yang dihasilkan dari tanaman mampu menghalangi panas matahari dan menjadi pendingin dari bangunan dan lingkungan sekitarnya. Berikut adalah tabel efektivitas penggunaan vegetasi sebagai pembayang matahari:

Tabel 2.3 Efektivitas Penggunaan Vegetasi

No	Elemen Pelindung	Shading Coefficient
1	Pohon tua (dengan efek pembayang yang besar)	0,25 – 0,20
2	Pohon muda (dengan sedikit efek pembayang)	0,60 – 0,50

Sumber : Egan, 1975

Pemilihan vegetasi dan pengaturan tata letak yang tepat juga mempengaruhi keberhasilan vegetasi dalam membuat bangunan lebih sejuk. Selain sebagai pelindung matahari, penggunaan vegetasi yang bergerombol dapat dimanfaatkan untuk elemen pemecah angin. Vegetasi sebagai pemecah angin dapat menurunkan kecepatan angin hingga sebesar 35%. hal ini dapat terjadi apabila jarak antara bangunan dengan pohon sebanyak 5 kali tinggi pohon.

2) Unsur air

Unsur air yang berada di sekitar bangunan dapat membantu menurunkan suhu di lingkungan tersebut. Salah satu cara untuk memanfaatkan unsur air yaitu dengan membuat kolam ataupun air mancur. Tetapi dengan kandungan air ini, pergerakan udara dalam ruangan harus diperhatikan karena air dapat meningkatkan kelembaban.

d. Material dan bahan bangunan

Material serta bahan bangunan termasuk unsur penting yang dapat mempengaruhi suhu udara di dalam ruangan. Dengan pemilihan material yang tepat, suhu ruang dapat meningkat atau menurun sesuai dengan sifat material yang digunakan. Panas dari lingkungan luar dapat masuk dalam bangunan melalui elemen dinding, kaca atau jendela melalui proses konduksi. Oleh karena itu diperlukan material yang bersifat dingin untuk menurunkan suhu bangunan.

Sumber panas yang terjadi melalui proses konduksi dapat berasal dari radiasi matahari yang diserap dinding maupun kaca. Jumlah radiasi yang tersalurkan dipengaruhi oleh jumlah luasan bidang pada selubung yang mengalami kontak langsung dengan radiasi matahari dan juga ketebalan dari material itu sendiri.

Menurut Karyono (2007), salah satu hal yang menyebabkan termal bangunan tidak nyaman adalah dikarenakan tingginya suhu pada luar bangunan. Selain itu, orientasi bangunan turut andil dalam mempengaruhi suhu pada sebuah bangunan. Pendekatan lainnya dapat dilakukan dengan penanaman tumbuhan hijau pada sekitar bangunan yang dapat membantu menurunkan suhu pada luar bangunan.

Pada dasarnya, untuk menurunkan panas di dalam sebuah bangunan dilakukan dengan mengurangi perolehan panas atau *heat gain* dari radiasi matahari. Sinar matahari yang masuk secara berlebihan dapat dengan mudah menaikkan suhu di dalam ruangan. Terutama pada dinding kaca yang tidak dapat meneruskan gelombang panas sehingga suhu panas terperangkap di dalam ruangan. Salah satu solusi untuk menurunkan panas tersebut yaitu dengan menggunakan pendingin ruangan (AC). Namun pada penggunaannya, energi yang diperlukan cukup besar. Untuk hal itu Karyono (2007) berpendapat bahwa radiasi matahari pada bangunan dapat dikurangi dengan adanya pembayangan pada bangunan. Pembayangan tersebut dapat berasal dari bangunan lain yang berdekatan, atau dari pohon-pohon besar yang teduh. Hal ini dapat membantu agar suhu dalam ruang bangunan bisa turun.

Berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia), tepatnya SNI 03-6572-2001 mengenai tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung terdapat beberapa tingkatan kenyamanan termal. Tingkatan tersebut menunjukkan rentang suhu yang dapat dirasa nyaman oleh pengguna ruangan. Adapun pembagiannya adalah sebagai berikut:

- a. Sejuk nyaman : temperatur efektif antara $20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$
- b. Nyaman optimal : temperatur efektif antara $22,8^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$
- c. Hangat nyaman : temperatur efektif antara $25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$

Menurut Latifah (2015), ketidaknyamanan termal pada bangunan harus diantisipasi. Teknik pasif merupakan alternatif utama dalam rangka mencapai

kenyamanan termal. Dengan teknik pasif yang dilakukan melalui desain bangunan dan lingkungan yang tepat, strategi pengendalian termal dapat dilakukan. Strategi tersebut merupakan kondisi dimana iklim pada sebuah bangunan serta lingkungannya dimodifikasi menjadi iklim mikro yang dapat menunjang kenyamanan termal itu sendiri. Antisipasi kendala termal (pasif maupun aktif) di Indonesia meliputi:

- a. Pengurangan perolehan panas yang di dapat dari radiasi matahari (*heat gain*)
- b. Meningkatkan efek pendinginan bangunan secara pasif
- c. Mengoptimalkan sistem penghawaan alami pada bangunan



2.3 HEMAT ENERGI PADA BANGUNAN

Arsitektur yang hemat energi dapat diartikan sebagai arsitektur yang berlandaskan pada sebuah pemikiran mengenai bagaimana meminimalisasi penggunaan energi tanpa perlu membatasi ataupun merubah fungsi sebuah bangunan maupun kenyamanan dan produktivitas dari penghuninya (Priatman, 2002). Pendekatan hemat energi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sains dan teknologi untuk membantu dalam prosesnya. Umumnya pada proses menuju hemat energi, pendekatan yang dilakukan dapat melalui sistem tata udara maupun sistem tata cahaya, terutama peran sistem tersebut secara alami.

Gonzalo (2006) mengatakan bahwa bangunan hemat energi merupakan bangunan dengan keseimbangan energi. Terdapat beberapa faktor yang menunjukkan bahwa sebuah bangunan mengarah kepada hemat energi. Salah satunya yaitu menghindari panas berlebih dalam bangunan atau *overheating*. Adanya pelindung dari panas matahari serta silau juga merupakan salah satu faktornya. Selain itu faktor lainnya adalah adanya fleksibilitas dalam penggantian dan perawatan alat tanpa mengkonsumsi energi yang berlebih.

Keseimbangan energi merupakan keseimbangan yang ada antara energi keluar berbanding dengan energi yang masuk dalam sebuah bangunan. Keseimbangan yang baik dapat dipengaruhi oleh perencanaan, teknologi serta konstruksi bangunan. Bangunan komersial memiliki beban internal yang terbilang tinggi sehingga desain harus menyeimbangkan dengan kondisi bangunan itu sendiri (Gonzalo, 2006).

2.3.1 Peluang Penghematan Energi Hotel dengan Fasade

Pada sebuah bangunan hotel, penggunaan energi yang efisien diartikan sebagai energi yang dapat memenuhi kebutuhan tamunya yang dioperasikan seoptimal mungkin tanpa perlu adanya energi yang terbuang atau berlebihan. Sehingga dikatakan bahwa fokus penghematan energi yang tidak memperhatikan kepuasan dari tamu hotel bukanlah sebuah bentuk efisiensi energi. Dalam praktiknya, ICED (2015) mengatakan terdapat empat prinsip yang dikedepankan dalam penghematan energi sebuah hotel yaitu: kenyamanan, keselamatan, keindahan/estetika dan kelancaran staf bekerja.

Sistem tata udara dalam sebuah hotel memang dirancang untuk mengutamakan kenyamanan dan kepuasan para tamu. Selain untuk menjaga kenyamanan termal, sistem tata udara juga membantu dalam menjaga kebersihan

serta kesegaran udara di dalam hotel. Bukan hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang nyaman, udara yang bersih dapat menjaga kesehatan dan mengatasi bau tidak sedap. Sehingga kualitas dari sistem tata udara harus tetap dijaga dalam pengoperasian sebuah hotel. Untuk menghemat energi untuk sistem tata udara salah satunya dapat dilakukan dengan pendekatan tidak langsung dari selubung bangunan.

Sistem selubung bangunan atau yang juga dikenal sebagai fasade bangunan merupakan pemisah fisik antara ruang yang terkondisikan dengan yang tidak terkondisikan oleh pendingin udara. Selubung tersebut dapat berupa dinding, jendela dan atap tembus atau tidak tembus cahaya. Selubung bangunan atau fasade yang baik dapat memberikan perlindungan untuk termal interior serta mengurangi beban pendinginan oleh AC sehingga kenyamanan termal dalam ruang tetap terjaga. Selain itu juga dapat membatasi perpindahan udara, air, panas, cahaya serta kebisingan dari luar ruangan.

Desain fasade yang kurang baik dapat meningkatkan panas dari luar bangunan yang menyebabkan meningkatnya beban pendinginan pada gedung. Menurut ICED (2015) terdapat beberapa alternatif penghematan energi pada sistem selubung atau fasad bangunan:

1. Alat peneduh pada luar jendela untuk meminimalisasi radiasi matahari.
2. Kaca gelas berlapis ganda, atau pelapisan kaca film untuk jendela.

Kaca gelas pada umumnya bukan material yang mampu menahan panas dengan baik. Dengan menggunakan kaca yang berlapis ganda dapat terjadi penurunan perpindahan panas. Dengan kaca ganda, *U-value* dari kaca tersebut akan lebih rendah sehingga lebih banyak radiasi matahari yg dapat ditahan. Kaca film juga dapat mengurangi banyaknya radiasi matahari yang masuk.

3. Mengganti material kaca untuk menurunkan *overall thermal transfer value*.
 - a. Kaca gelas rendah emisi (*low-e glass*)

Kaca gelas yang rendah emisi merupakan kaca yang dilapisi beberapa lapisan logam atau lapisan campuran logam. Memiliki kemampuan untuk meneruskan cahaya tampak namun memantulkan radiasi panas infra merah. Karakteristik umumnya yaitu artistik, memiliki kekuatan dan keamanan yang tinggi serta memiliki daya tahan terhadap termal.

b. Kaca gelas pemantul sinar matahari (*reflective glass*).

Kaca gelas jenis ini mampu menyerap serta merefleksikan sebagian besar dari panas radiasi matahari dengan lebih efektif jika dibandingkan kaca biasa. Tampilannya menyerupai cermin dikarenakan penggunaan lapisan logam selama atau setelah fabrikasi kaca tersebut.

4. Material dinding luar penahan panas atau isolasi termal yang lebih baik.

Material konstruksi dapat menentukan kapasitas penyerapan dan penyimpanan panas pada bangunan. Dengan menggunakan batu bata modern berefisiensi energi tinggi dapat menghasilkan kapasitas yang lebih baik. Penggunaan ini disarankan untuk pekerjaan perbaikan dan renovasi gedung.

5. Tanaman pada dinding atap untuk isolasi termal.

Tanaman hijau pada atap dapat memperpanjang usia pakai dari atap, meningkatkan kemampuan kedap suara, mengurangi beban pendinginan bangunan serta menangkap polusi gas dan partikulat.

6. Perbaikan isolasi dinding, jendela dan pintu untuk mengurangi infiltrasi.

7. Warna cat dinding luar diganti menjadi warna yang lebih terang.

Warna cat yang gelap memiliki sifat yang dapat menyebabkan terserapnya radiasi dan panas matahari ke dalam bangunan. Sedangkan dengan menggunakan cat berwarna terang akan menimbulkan efek pemantulan radiasi matahari sehingga beban pendinginan berkurang.

8. Mengurangi rasio luas jendela dan dinding luar / WWR (*window wall ratio*).

9. Kombinasi pengaruh WWR dan SHGC (*solar heat gain coefficient*).

2.3.2 Beban Pendinginan

Proses pendinginan ruangan menggunakan AC dilakukan melalui proses yaitu udara panas dalam ruangan dihisap dan diolah oleh komponen AC untuk dibuang ke luar. Udara panas inilah yang menjadi beban pendinginan pada AC yang harus dikeluarkan supaya suhu udara dalam ruangan menjadi suhu nyaman. Beban pendinginan pada sebuah bangunan gedung terdiri dari dua yaitu beban internal dan beban eksternal. Beban internal merupakan beban yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni serta peralatan-peralatan yang menghasilkan panas. Sedangkan beban eksternal yaitu panas yang memasuki bangunan yang diakibatkan oleh radiasi matahari. Radiasi matahari sendiri dapat masuk melalui jendela atau bukaan lain, perpindahan panas pada dinding melalui konduksi serta panas yang terbawa oleh

udara dari ventilasi/infiltrasi (Budhyowati, 2016). Komponen yang mempengaruhi beban pendinginan:

1. Beban selubung bangunan
2. Beban listrik pencahayaan
3. Beban penghuni
4. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi
5. Beban lain-lain dan beban system

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari sebuah benda yang memiliki suhu yang lebih tinggi menuju ke benda dengan suhu yang lebih rendah jika kedua benda tersebut bersentuhan. Kalor biasanya dihitung dalam satuan kalori, dimana satu kalor digambarkan sebagai jumlah kalor yang perlu dikerahkan untuk menaikkan suhu satu gram air sebesar 1°C. Dalam satuan SI, kalor dinyatakan sebagai Joule (J). dari hasil percobaan James Prescott Joule, 1 kalori dapat juga disamakan dengan 4.186 Joule (Giancoli, 2001).

Jika terdapat dua benda yang mengalami kontak langsung, dengan memiliki suhu yang berbeda, maka akan terjadi perpindahan kalor diantara keduanya. Kalor sendiri merupakan energi yang berpindah dikarenakan adanya perbedaan suhu tersebut. Perubahan suhu pada sebuah benda yang menerima atau melepaskan kalor membuktikan bahwa kalor mempengaruhi perubahan suhu suatu benda. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan kalor (Q) berbanding lurus dengan perubahan suhu (ΔT) suatu benda. Dalam rumus perhitungan energi kalor persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Energi kalor dalam satuan Joule (Q) dipengaruhi oleh tiga nilai pada rumus yaitu massa benda (m), kalor jenis benda (c), dan juga kenaikan suhu benda (ΔT). massa dari benda terukur mempengaruhi seberapa besar kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu benda tersebut. Semakin besar massa bendanya, maka semakin besar pula total kalor yang diperlukan.

Kalor jenis merupakan kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat dengan massa 1 kg sebesar 1°C . Merupakan sebuah ketetapan yang menjadi khas untuk tiap zat. Kalor jenis tiap benda berbeda sesuai dengan karakteristik dari zat tersebut. Azas black merupakan ketentuan yang berlaku pada prinsip energi panas atau kalor. Secara mudah, dimisalkan segelas air panas ketika dicampur dengan air dingin maka setelah berapa waktu akan berubah menjadi air hangat. Pencampuran kedua air tersebut menunjukkan pelepasan kalor oleh air panas dan penerimaan kalor oleh air dingin yang menjadikan suhu air tersebut berada di tengah keduanya. Prinsip ini menjelaskan kekekalan energi; Q_{lepas} sama dengan Q_{terima} .

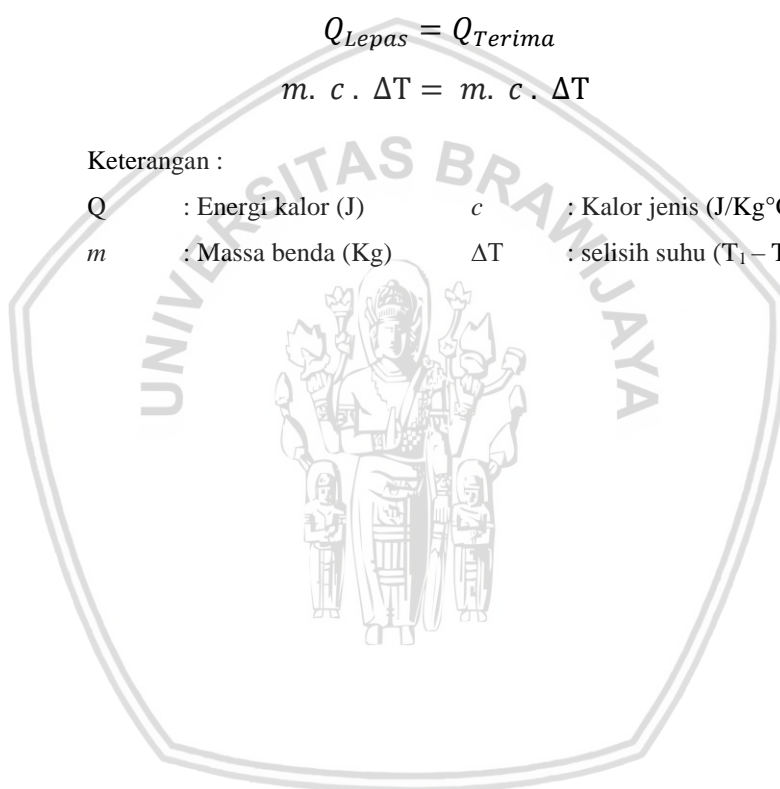
$$Q_{\text{Lepas}} = Q_{\text{Terima}}$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q : Energi kalor (J) c : Kalor jenis ($\text{J}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$)

m : Massa benda (Kg) ΔT : selisih suhu ($T_1 - T$)



2.4 FASADE BANGUNAN

Kata fasade berasal dari Perancis (*façade*) yang mengambil kata dari bahasa Italia yaitu *facciata* atau *faccia*. Setelah itu diubah menjadi bahasa arsitektur sehingga fasade merupakan wajah bangunan atau bagian depan dari sebuah bangunan (Sastra M., 2013). Sedangkan menurut Krier (1983), fasade memiliki makna yang berasal dari kata latin *facies* yang juga disamakan artinya dengan *face* atau *appearance*. Dari arti inilah fasade dapat digambarkan sebagai tampilan depan yang terlihat langsung dari sebuah bangunan.

Fasade merupakan salah satu dari elemen bangunan yang memiliki peran penting karena mampu menunjukkan fungsi serta makna dari suatu bangunan. Sering kali pula fasade dikatakan sebagai wajah dari bangunan yang pertama tertangkap mata. Secara garis besar fasade memiliki peran sebagai berikut:

1. Berfungsi sebagai ornamen dan dekorasi bangunan
2. Berperan untuk memenuhi kebutuhan fungsi bangunan
3. Menggambarkan aspek kultural, kondisi dan era pembangunan dari bangunan
4. Menunjukkan kriteria dan identitas dari sebuah bangunan.

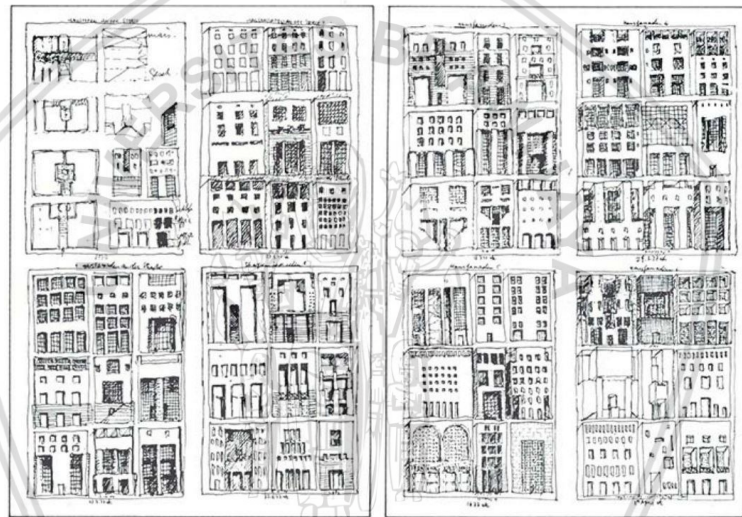
2.4.1 Komposisi Fasade Bangunan

Dalam perancangannya, komposisi fasade harus memiliki kesatuan di dalamnya untuk memunculkan hasil yang harmonis dengan mempertimbangkan proporsi yang baik, struktur vertikal dan horizontal, material, warna dan dekorasi bangunan. Hal penting lainnya untuk fasade yang lebih baik adalah memperhatikan proporsi, bukaan, tinggi bangunan, prinsip perulangan, keseimbangan komposisi dan juga tema yang termasuk ke dalam variasi (Krier, 1983). Berdasarkan kebutuhan fungsional, komposisi fasade dibagi ke dalam empat kategori yaitu:

- a. Jendela
- b. Bukaan pintu
- c. Pembayang matahari
- d. Area atap

Dominasi, perulangan dan kesinambungan merupakan prinsip dari komposisi yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan kesatuan yang harmonis. Keterkaitan visual diperlukan untuk mewujudkan satu-kesatuan sebuah desain. Karakteristik visual untuk mencapainya terdiri dari penggunaan material, warna serta elemen dekoratif tertentu. Sedangkan unsur vertikal dan horizontal yang terstruktur memiliki

korelasi dengan konfigurasi unsur bidang fasade diantaranya seperti jendela, pintu dan *sunblinds* (Pujantara, 2013). Proporsi yang di maksud oleh Krier (1983) bukan hanya dari pandangan fasade itu sendiri, melainkan bagaimana kesesuaian dengan seluruh bagian dari sebuah bangunan. Dengan menambahkan proporsi sebagai pertimbangan dalam menciptakan fasade, akan menghasilkan desain yang harmonis dan seimbang. Aspek penting dari penataan fasade yaitu membedakan antara struktur vertikal dan struktur horizontal. Tetapi keduanya harus memadai kebutuhan struktural bangunan itu sendiri. Elemen struktur sendiri juga dapat dijadikan sebagai atribut dari fasade. Ditambah dengan dekorasi fasade yang menyesuaikan dengan desain bangunan serta pemilihan warna yang sesuai dan material yang tepat, maka desain fasade yang baik akan tercipta.



Gambar 2.2 Tipologi Fasade

Sumber : Krier, 1983

Menurut Ching (1979) untuk membuat suatu fasade bangunan agar dapat diolah dan dimodifikasi, perlu adanya perhatian pada: wujud, ukuran, warna, tekstur, posisi, orientasi dan inersia visual dari bentukan fasade. Pengaruh lingkungan juga dapat dijadikan pertimbangan agar desain fasade dapat mengikuti selera sesuai pada masa pembangunannya. Dalam melakukan studi terhadap fasade arsitektur menurut Ching (1979), klasifikasi dapat dilakukan dengan melalui prinsip gagasan formatif yang menekankan pada hal berikut ini:

1. Geometri

Geometri pada fasade merupakan gagasan formatif dalam suatu bidang atau benda pada lingkungan binaan, segi tiga, lingkaran, segi empat dan sebagainya.

2. Simetri

Kesimetrisan mengarahkan desain dengan melalui keseimbangan pada bentuk-bentuk itu sendiri yang terbagi menjadi: keseimbangan mutlak, keseimbangan geometri dan keseimbangan diagonal.

3. Kontras kedalaman

Gagasan ini mempertimbangkan hal seperti warna dan pencahayaan. Membedakan antara yang terang dan yang gelap dengan tingkatan: sangat gelap, gelap dan terang.

4. Ritme

Menunjukkan adanya pengulangan pola ataupun bentuk yang digambarkan baik dalam skala besar maupun skala kecil. Jika ukuran skala ritme sedikit, maka disebut sebagai ritme monoton. Jika pengulangan yang terjadi banyak dan dalam skala besar maka dikategorikan sebagai ritme dinamis.

5. Proporsi

Perbandingan dari suatu bagian dalam sebuah bangunan dengan bagian lainnya. Dalam hal ini proporsi yang dibicarakan terutama proporsi pada bagian fasade terhadap bangunan ataupun terhadap bagian fasade lainnya. Tidak terdapat patokan atau batasan yang signifikan akan kesesuaian proporsi bangunan karena semua tergantung oleh desain dari perancang.

6. Skala

Perbandingan yang ditunjukkan yaitu antara elemen bangunan ataupun ruang, dengan elemen tertentu secara terukur. Dalam fasade, skala berfungsi sebagai proporsi yang digunakan untuk menetapkan ukuran dan dimensi dari elemen fasade itu sendiri.

Sedangkan menurut Ardiani (2009), elemen-elemen yang perlu diperhatikan dalam meneliti fasade sebuah bangunan adalah sebagai berikut:

1. Proporsi fasade

Proporsi fasade yang dimaksud adalah termasuk pada elemen: bukaan, lokasi pintu masuk, ukuran pintu dan rasio dinding yang dipengaruhi oleh jendela. Proporsi lainnya yang harus diperhatikan yaitu proporsi bahan bangunan, bagaimana permukaan material serta teksturnya dapat mempengaruhi motif.

Selain itu proporsi warna yang digunakan pada fasade patut menjadi elemen yang diperhatikan.

2. Komposisi massa bangunan

Komposisi dari tinggi sebuah bangunan dapat menciptakan skala yang baik terhadap bangunan sekitarnya dan juga terhadap skala manusia. Garis sempadan bangunan harus diperhatikan karena merupakan komposisi yang mengatur jarak bangunan. Tak ketinggalan juga komposisi dari bentukan massa bangunan itu sendiri.

3. Lain-lain

Elemen lain yang perlu diperhatikan adalah langgam arsitektur dari bangunan itu sendiri serta harus memperhatikan bagaimana penataan dari *landscape* bangunan.

Bentuk, volume serta luas dari sebuah fasade bangunan dapat menentukan seberapa besar perolehan ataupun pelepasan energi radiasi panas matahari oleh selubung bangunan. Dalam perancangannya, bentuk dan luas fasade yang berbeda meskipun dengan volume yang sama, dapat menghasilkan efek yang berbeda pula pada bangunan. Hal ini tak luput juga dipengaruhi oleh desain dari bangunan itu sendiri. Agar tercapai kenyamanan termal dengan bantuan dari fasade, maka baik bentuk, volume maupun luas fasade bangunan harus disesuaikan dengan lokasi bangunan serta kondisi dari tapak tersebut. Selain itu kondisi iklim dan cuaca tapak juga perlu diperhatikan agar penggunaan radiasi panas dan angin dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mengurangi panas bangunan (Latifah, 2015).

2.4.2 Fasade Sebagai Pengendali Termal

Menurut Latifah (2015) terdapat beberapa strategi pengendalian termal yang dapat dilakukan untuk iklim tropis basah seperti Indonesia. Strategi tersebut dibagi menjadi beberapa aspek sesuai dengan pendekatannya untuk mengendalikan termal. Adapun kebanyakan dari strategi tersebut merupakan materi yang dapat diaplikasikan pada fasade bangunan.

1. *Shade & filter*

Kata *shade* yang dimaksud merupakan strategi pengendalian termal yang menggunakan *sun shader*. Dimana *sun shader* ini merupakan komponen pada fasade bangunan yang memiliki fungsi sebagai pembayang dari sinar matahari.

Pembayang ini bersifat masif tanpa adanya lubang menyebabkan sinar matahari tidak diteruskan. Sedangkan *filter* merupakan strategi yang menggunakan *sun filter*. Perbedaan diantara keduanya yaitu *sun filter* berfungsi untuk menyaring sinar matahari, tidak bersifat masif sehingga masih memiliki lubang atau transparan. Sehingga radiasi panas matahari masih ada yang dapat memasuki ruang bangunan. Strategi *shade & filter* sendiri terdiri atas:

- a. *Shading devices*
- b. *Recessed sun spaces*
- c. *Transitional skin*
- d. *Secondary skin*
- e. *Double glass*
- f. *Absorbing & reflective glass*
- g. *Low-e glass*
- h. Pemilihan kaca

Pada strategi melalui *shading devices* atau peneduh matahari terdapat pertimbangan dalam menentukan dimensinya. Pertimbangan dalam membuat peneduh terkait dengan sudut jatuh matahari ke dalam bangunan, kebutuhan *view* pengguna dan kebutuhan estetika yang harus proporsional dengan fasade.

Melalui strategi *secondary skin* atau sering juga disebut dengan *double skin fasade* secara mudah dijelaskan sebagai dinding tambahan yang terpasang di atas dinding eksisting. Komponen utama dari *secondary skin* adalah dinding terluar sebagai dinding tambahan, jarak atau *air gap* dan dinding dalam sebagai dinding eksisting. Pada pengaplikasiannya, jarak di antara kedua dinding berperan sebagai insulasi bangunan yang dapat membantu mengurangi panas dalam bangunan.

Sedangkan untuk strategi menggunakan pemilihan kaca, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangan dalam pemilihan. Perlu diketahui kemampuan kaca melalui *selectivity* yaitu rasio perbandingan antara angka *transmittance* terhadap angka *solar factor*. Perlu juga diketahui perolehan kenyamanan termal dan efek silau yang dihasilkan. Energi operasional bangunan dan maintenance dari kaca juga patut diperhatikan.

2. *Thermal insulation*

Merupakan strategi pengendalian termal dengan cara melalui penggunaan material yang memiliki kemampuan untuk mereduksi atau mengurangi perpindahan panas dari luar ke dalam bangunan. Dinding insulatif, zona, orientasi bangunan dan zona *core* termasuk ke dalam strategi insulasi termal. Kemampuan insulasi termal dari sebuah material ditentukan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Konduktivitas panas (*thermal conductivity*)
- b. Kerapatan massa (*density*)
- c. Transmittans panas (*thermal transmittance*)
- d. Kapasitas panas spesifik (*specific heat capacity*)

3. *Green*

Green yang di maksud merupakan strategi pengendalian termal dengan menggunakan vegetasi yang diaplikasikan ke dalam desain bangunan. Strategi ini terbagi menjadi tiga, yaitu pengaplikasian vegetasi dengan pendekatan pada lanskap, *green roof & sky court* serta pada dinding hijau.

Pengaplikasian vegetasi pada lanskap ditujukan untuk menciptakan iklim mikro yang mempermudah pencapaian menuju kenyamanan termal. Untuk *green roof* atau atap hijau dapat diaplikasikan jenis-jenis vegetasi keras (*intensive garden*) atau vegetasi yang berjenis lunak (*extensive garden*) yang ditentukan sesuai kebutuhan. Sedangkan *sky court* yang berarti juga tanaman gantung merupakan strategi yang mengadakan vegetasi pada *recessed sun space* (balkon) dan *transitional spaces* (ruang transisi) untuk memperhijau serta mempengaruhi termal ruang.

Strategi terakhir yaitu dinding hijau merupakan pengaplikasian vegetasi pada fasade bangunan atau dinding bangunan. Dengan menambahkan vegetasi pada fasade dapat diperoleh insulasi termal dan *passive cooling* yang akan membentuk iklim mikro. Terdapat dua cara pengaplikasian yaitu dengan cara dinding fasad langsung dirambati oleh vegetasi dan yang kedua dengan cara membuat dinding modular untuk menanam vegetasi pada fasade (Latifah, 2015).

2.5 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi serta acuan dalam melakukan penelitian. Dengan penelitian terdahulu yang memiliki bahasan serupa maka dapat memperdalam lagi prinsip-prinsip yang sesuai dengan penelitian ini. Selain itu dapat juga dipelajari untuk memperbaiki aspek-aspek yang masih kurang pada penulisan penelitian terdahulu tersebut. Referensi penelitian tidak harus sama persis namun harus relevan. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang dapat membantu pengerjaan penelitian ini.

Attar (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Kenyamanan Termal Ruang Kuliah dengan Pengondisian Buatan” memaparkan mengenai kondisi temperatur ruang kuliah yang tidak berada dalam kondisi yang dapat disebut nyaman secara termal. Di Indonesia, cukup sulit untuk mencapai kenyamanan termal tanpa adanya pengkondisian udara buatan. Tetapi dengan penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan pemborosan energi. Penelitian penulis bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang diperlukan pengkondisi buatan untuk mencapai kenyamanan termal secara optimal. Data yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya suhu lingkungan dan suhu ruangan serta kelembapannya. Selain itu diperlukan juga ukuran dimensi ruang, bukaan dan juga orientasi bangunan. Analisis yang akan dilakukan yaitu membandingkan suhu ruang dengan standar kenyamanan termal.

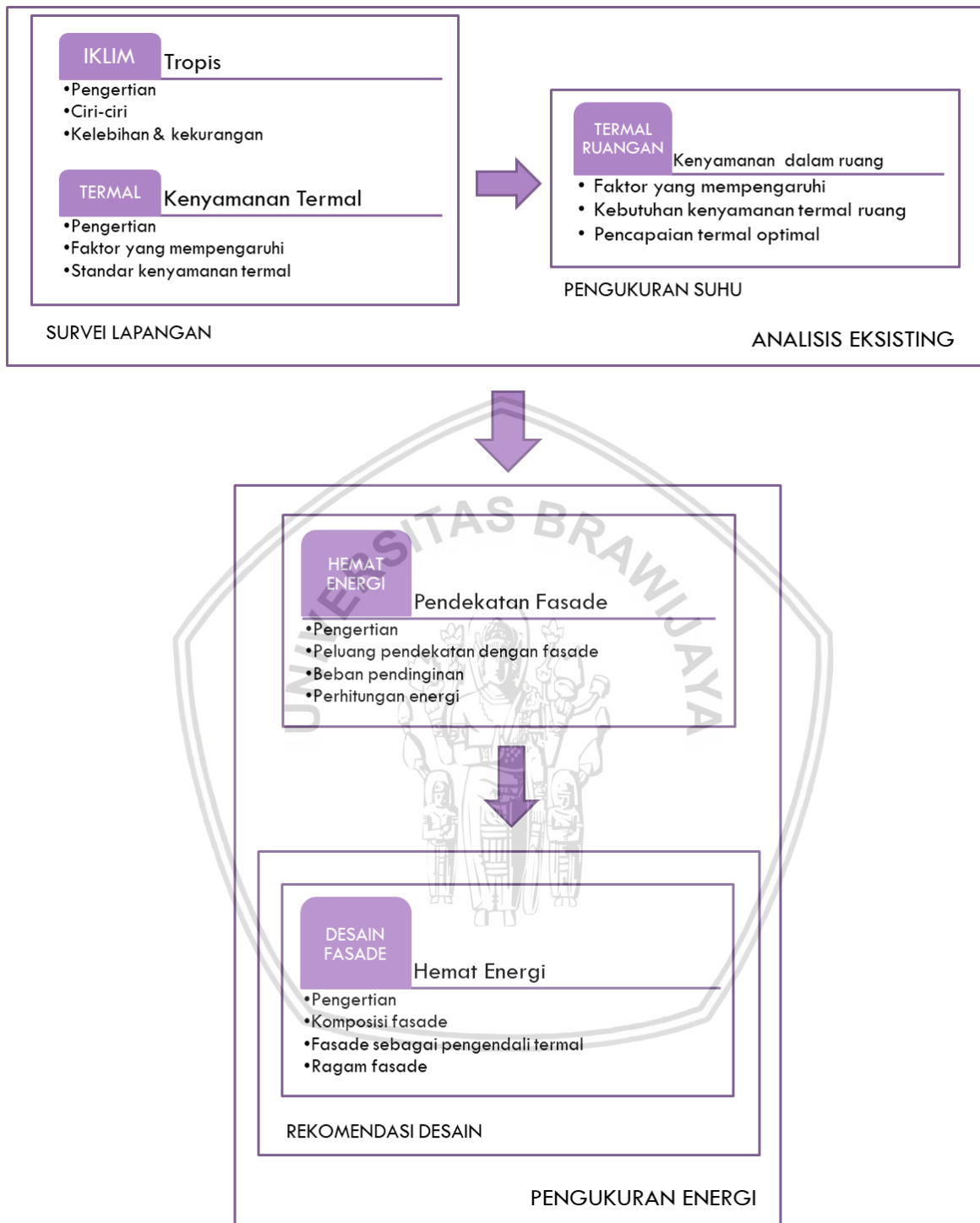
Pengukuran ruang kuliah dikondisikan kosong tanpa penghuni dengan menggunakan ventilasi alami selama dua hari. Tidak adanya aliran udara serta radiasi matahari menjadi salah satu penyebab tingginya suhu dalam ruang. Setelah itu dilakukan perhitungan seberapa besar beban energi yang dibutuhkan agar ruangan terasa nyaman. Namun perhitungan beban dibatasi hanya pada beban energi yang dibutuhkan oleh pendingin ruangan (AC). Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q	: Penambahan/pengurangan energi	c	: Kalor jenis (J/Kg°C)
m	: Massa benda (Kg)		kalor jenis udara 1005 joule/(kg°C)
	massa = volume x berat jenis	ΔT	: selisih suhu ($T_1 - T$)
	berat jenis udara 1.2kg/m ³		

2.6 KERANGKA TEORI



Gambar 2.3 Kerangka Teori



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 METODE UMUM DAN TAHAPAN PENELITIAN

3.1.1 Metode Umum

Dalam penelitian skripsi terkait yang berjudul “Rekayasa Fasade Sebagai Pendekatan Hemat Energi Pada Hotel Inside Yogyakarta” ini, metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang telah dibahas sebelumnya yaitu metode deskriptif. Metode deskriptif sendiri merupakan metode yang memberikan gambaran dan deskripsi yang luas akan sebuah fenomena. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pendekatan kuantitatif. Dimana dalam kuantitatif pendekatan penelitian dilakukan secara induktif dan dipandang secara subjektif. Langkah yang dapat diambil yakni berupa eksperimen semu yang hasilnya akan berupa rekomendasi. Penjabaran bahasan penelitian dilakukan dari umum ke khusus.

Pada penelitian ini pencarian data dilakukan dengan cara survei dan observasi sebagai sumber data primer untuk mendapatkan data eksisting lapangan. Sedangkan data lainnya berupa data sekunder didapat dari sudi pustaka mengenai pembahasan terkait. Macam data yang akan didapatkan yaitu *continuous* yang didapat dari hasil pengukuran lapangan. Untuk analisis data dilakukan dengan cara diskriptif-diagnostik dan secara analisis kuantitatif terdiri dari survei, observasi serta metode eksperimental. Analisis data hasil dari survei akan dibandingkan dengan teori pustaka dari penelitian sebelumnya. Setelah itu dilakukan penyelesaian masalah dari data eksisting lapangan yang diuji dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak yang mendukung dan sesuai dengan penelitian. Pengukuran dari perangkat lunak tersebut berupa keadaan suhu yang diukur secara kuantitatif. Setelah simulasi dilakukan maka tahap terakhir yang dilakukan yaitu membandingkan data survei awal dengan data hasil observasi yang telah di simulasikan.

3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian

Pada penelitian yang menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif ini akan digunakan tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan dan terlihat pada latar belakang serta rumusan masalah pada bab 1 dari penelitian ini. Dimana masalah yang di dapat yaitu bagaimana cara menekan penggunaan energi berlebihan dengan cara menurunkan suhu ruangan.

b. Pengumpulan data

Pengumpulan data di lakukan dengan cara survei lapangan langsung di Hotel Ininside. Adapun data-data yang dibutuhkan antara lain yaitu: denah bangunan, orientasi bangunan serta suhu untuk perhitungan energi AC ruang kamar hotel. Pengumpulan data dibantu dengan alat yaitu alat pengukur suhu. Sedangkan untuk denah dan ukuran didapat saat berada di lapangan atau dari pengelelola hotel.

c. Analisis data

Dari eksisting yang di dapat di analisis dengan menggunakan rumus perhitungan yang telah ditentukan. Analisis data juga menggunakan software aplikasi komputer untuk membuat simulasi bangunan. Setelah itu dibuat perhitungan berdasarkan dengan rumus pemakaian energi pada bangunan.

d. Rekomendasi

Rekomendasi muncul setelah analisis terhadap data-data eksisting dilakukan. Langkah-langkah yang dilakukan hampir sama dengan pengolahan data eksisting karena tujuannya untuk membandingkan antara data eksisting itu sendiri dengan hasil rekomendasi.

e. Sintesis

Kesimpulan atau sintesis yang dihasilkan berupa rekomendasi desain fasade untuk hotel serta hasil perbandingan dari rumus perhitungan konsumsi energi.

3.2 LOKUS DAN FOKUS PENELITIAN

3.2.1 Lokus Penelitian

Hotel Innside sebagai objek yang dijadikan bahan studi dalam penelitian ini berlokasi di Yogyakarta. Lokasi ini merupakan lokasi yang padat penduduk baik dari penghuni lokal maupun pesinggah yang datang. Yogyakarta memiliki ketinggian sekitar 112 m dpl, kota ini terletak di dataran rendah yang permukaannya relatif datar dengan luas daerah propinsinya sebesar 3.185,80 km² atau 0,17% dari total luas Indonesia.

3.2.2 Fokus Penelitian

Fokus utama penelitian pada Hotel Innside yaitu analisis keadaan suhu ruang di dalam kamar hotel. Lebih spesifiknya lagi, kamar hotel yang diutamakan yaitu pada kamar *suite room* yang terletak menghadap arah barat. Adapun pengukuran pada kamar lainnya merupakan pendukung data untuk di bandingkan dengan *suite room* tersebut. Dalam penelitian ini pula difokuskan pada kondisi suhu dalam ruang serta orientasi kamar terhadap arah datangnya cahaya matahari.

3.3 JENIS DAN METODE PENGUMPULAN DATA

3.3.1 Jenis Data

Berdasarkan dari jenisnya, penggunaan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yakni:

a. Data primer

Data merupakan hasil yang diambil langsung dari lapangan baik secara pengamatan maupun survei. Data yang termasuk kedalam data primer yaitu berupa denah bangunan hotel yang didapat dari analisis langsung di lapangan, ukuran permukaan dinding-dinding kamar serta kondisi suhu eksisting dalam bangunan yang di dapat dari pengukuran di lapangan. Gambar kerja bangunan juga dibantu dengan data yang didapatkan dari arsitek pengelola hotel. Selain itu didapat juga kondisi tapak serta tampilan bangunan. Dokumentasi lapangan juga diambil untuk melengkapi data yang dibutuhkan.

b. Data sekunder

Data sekunder diambil untuk mendukung data-data primer yang sudah didapat. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu berupa teori pendukung yang membantu pemahaman penelitian serta standar peraturan yang berkaitan dengan kenyamanan termal. Selain itu diperlukan rumusan untuk perhitungan energi panas pada bangunan yang menjadi bahasan utama penelitian.

3.3.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian mengenai termal ini melakukan pengumpulan data dengan macam data yaitu data *continuous* dimana data merupakan hasil pengukuran dan perhitungan yang didapat baik saat survei lapangan maupun dalam tahap analisis dan simulasi. Langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan studi lapangan pada Hotel Innside. Dimana penelitian dan pengukuran lapangan akan lebih difokuskan pada ruang dalam bangunan yang dalam hal ini yaitu kamar hotel.

Penentuan bilik kamar yang akan di ukur diputuskan melalui analisis kondisi bangunan. Kamar yang terpilih ditentukan dari faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dalam bangunan. Dalam penelitian ini, kamar yang akan dijadikan kajian utama yaitu *suite room* yang menghadap ke arah barat. Ruangan ini berada di tiap lantai hotel dari lantai 2-8 yang akan di ukur di tiap lantainya. Selain kamar pada sisi barat, diperlukan juga pengukuran suhu pada sisi utara dan selatan sebagai data perbandingan. Untuk mempermudah, pada sisi utara dan selatan diambil 1 titik kamar saja yang akan di asumsikan memiliki kualitas dan kondisi yang sama rata dengan kamar di sepanjang sisi dengan pertimbangan ukuran ruang yang sama.



Gambar 3.1 Ruang Kamar yang diukur

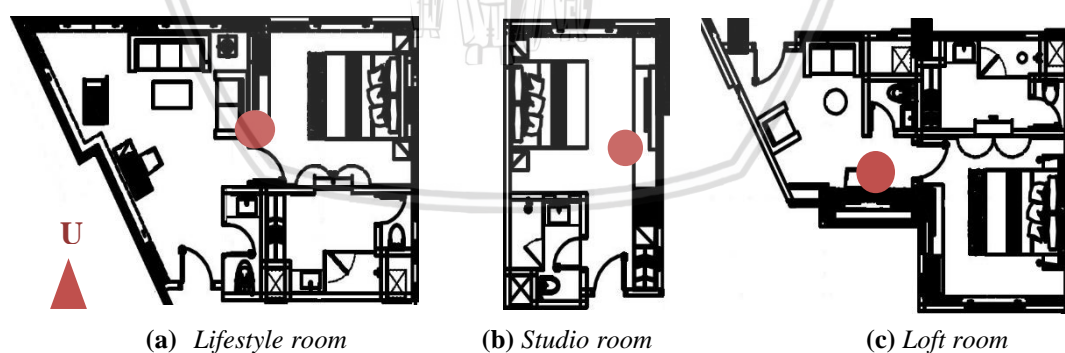
Sumber: Hasil Analisis

Keputusan yang diambil dalam pengukuran suhu lapangan yaitu pengukuran dilakukan pada tiga tipe ruang kamar yang berada pada tiga sisi yang berbeda pada bangunan. Kamar-kamar tersebut yaitu *lifestyle room* pada sisi barat hotel, *studio*

room pada bagian utara dan *loft room* sebagai kamar yang terletak pada sisi selatan bangunan hotel. Hal ini bertujuan untuk mengukur kondisi suhu ruangan yang didasari pada orientasi kamar tersebut terhadap sinar datangnya matahari.

Dikarenakan pada pembahasan dipertimbangkan seberapa besar pengaruh matahari terhadap suhu di dalam kamar, maka pengukuran suhu lapangan dilakukan saat matahari bersinar. Untuk mempermudah serta dengan tepat menyimpulkan kondisi suhu pada bangunan eksisting, maka pengukuran dibagi ke dalam empat waktu pengambilan. Waktu yang telah ditentukan diambil dengan pertimbangan pada titik waktu tersebut lah pancaran matahari mengalami perubahan. Adapun waktu yang terpilih menjadi empat yaitu: pukul 06:00, pukul 09:00, pukul 12:00 dan pukul 15:00 WIB.

Pengukuran suhu akan dilakukan pada saat matahari bersinar, terutama di siang hari disaat titik puncak panas dan pancaran matahari yang paling terang. Dengan begitu akan didapat kemungkinan suhu tertinggi yang terjadi dalam kamar tersebut. Pengukuran suhu dilakukan pada tengah ruangan yang menjadi pusat dari kamar tersebut sehingga hasil suhunya mendekati suhu rata-rata ruangan. Kondisi gordyn dibuka lebar untuk mengkondisikan ruangan pada keadaan paling banyak mendapatkan pancaran sinar matahari. Dari data hasil pengukuran dilapangan tersebut kemudian akan dilakukan analisis.



Gambar 3.2 Titik Peletakan Alat Pengukur Suhu

Sumber: Hasil Analisis

Titik merah pada denah kamar di atas menggambarkan posisi alat pengukur suhu pada tiap tipe unit kamar. Pemilihan posisi alat pengukur sesuai pada gambar di atas adalah karena titik tersebut berada di pertengahan ruangan dari tiap-tiap kamar yang terukur tersebut. Peletakan pada tengah ruangan dipilih karena pada titik tersebutlah suhu rata-rata ruangan dapat diperkirakan. Jika posisi alat pengukur suhu terlalu dekat dengan dinding kaca yang berhadapan ke luar bangunan, dikhawatirkan

suhu yang terdeteksi oleh alat akan kurang valid karena alat terpapar panas yang terlalu tinggi. Karena pada dasarnya penggunaan alat pengukur suhu tersebut bukan dengan cara memaparkannya pada sinar matahari langsung.

Sedangkan untuk data sekunder dilakukan dengan cara mencari referensi teori dan rumus perhitungan dari literatur-literatur yang telah ada. Kebanyakan sumber didapatkan dari buku-buku dengan tema yang mendukung penelitian, serta juga dari jurnal-jurnal dengan pokok bahasan serupa. Data sekunder ini berfungsi sebagai acuan atau landasan sebelum memulai pengolahan data-data primer. Untuk mempermudah dalam membaca, berikut dibawah ini ditampilkan tabel yang menjelaskan jenis dan metode pengumpulan data dari penelitian.

Tabel 3.1 Jenis dan Metode Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Macam Data	Cara Pengumpulan
1	Primer	Data gambar bangunan :	- Pengamatan dan pengukuran langsung di bangunan hotel
		- Denah	- Data gambar dari arsitek yang merancang hotel
		- Tampak	
		- Potongan	
2		Suhu bangunan	Pengukuran langsung menggunakan alat pengukur suhu ruangan
3		Foto bangunan	Dokumentasi langsung di lapangan
4	Sekunder	Teori yang mendukung proses penelitian	Literatur
5		Rumus untuk membantu perhitungan energi	Literatur

3.4 METODE ANALISIS DATA

Langkah pertama yang dilakukan dari data yang didapat dari lapangan adalah merangkumnya agar lebih mudah dalam mengolah. Data lapangan seperti denah, tampak dan potongan dipaparkan untuk menunjukkan kondisi dan bentukan dari hotel. Desain dari bangunan hotel serta kamar-kamar yang menjadi bahan penelitian di bahas dan di analisis satu persatu sesuai dengan keperluan. Kamar hotel sebagai fokus utama penelitian diberi nama julukan untuk mempermudah dalam pembahasan. Nama-nama tersebut yaitu: *suite room* mewakili kamar tipe *lifestyle room* yang terletak di barat bangunan; *north room* sebagai nama lain dari tipe *studio room* yang terletak pada utara bangunan; serta *south room* yang merupakan kamar dengan tipe *loft room* pada sisi selatan bangunan.

Analisa dilakukan dengan mengolah data-data eksisting hasil dari survei lapangan. Yang pertama yaitu menganalisis pada bangunan eksisting. Data suhu eksisting yang dihasilkan dari survei kemudian dibahas dan di analisis. Suhu-suhu dari tiap kamar di analisis satu-persatu mulai dari *suite room*, *north room* dan *south room*. Analisis ruangan kemudian dilanjutkan dengan pengukuran energi panas dengan menggunakan rumus energi kalor seperti penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Attar (2014).

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q	: Energi kalor (J)	c	: Kalor jenis (J/Kg°C)
m	: Massa benda (Kg)	ΔT	: selisih suhu ($T_1 - T$)

Perbandingan suhu yang digunakan pada perhitungan energi kalor yaitu suhu kamar eksisting yang telah diukur sebelumnya, dibandingkan dengan suhu ideal dalam ruang berdasarkan SNI yang berkisar pada suhu 22.8 °C – 25.8°C. Setelah di dapat perbandingan suhunya, akan di hitung berapa besar energi panas yang perlu di buang dari dalam bangunan. Dari pengukuran tersebut akan menunjukkan seberapa besar energi yang perlu dikerahkan oleh pendingin ruangan untuk menurunkan suhu ruangan menjadi suhu nyaman.

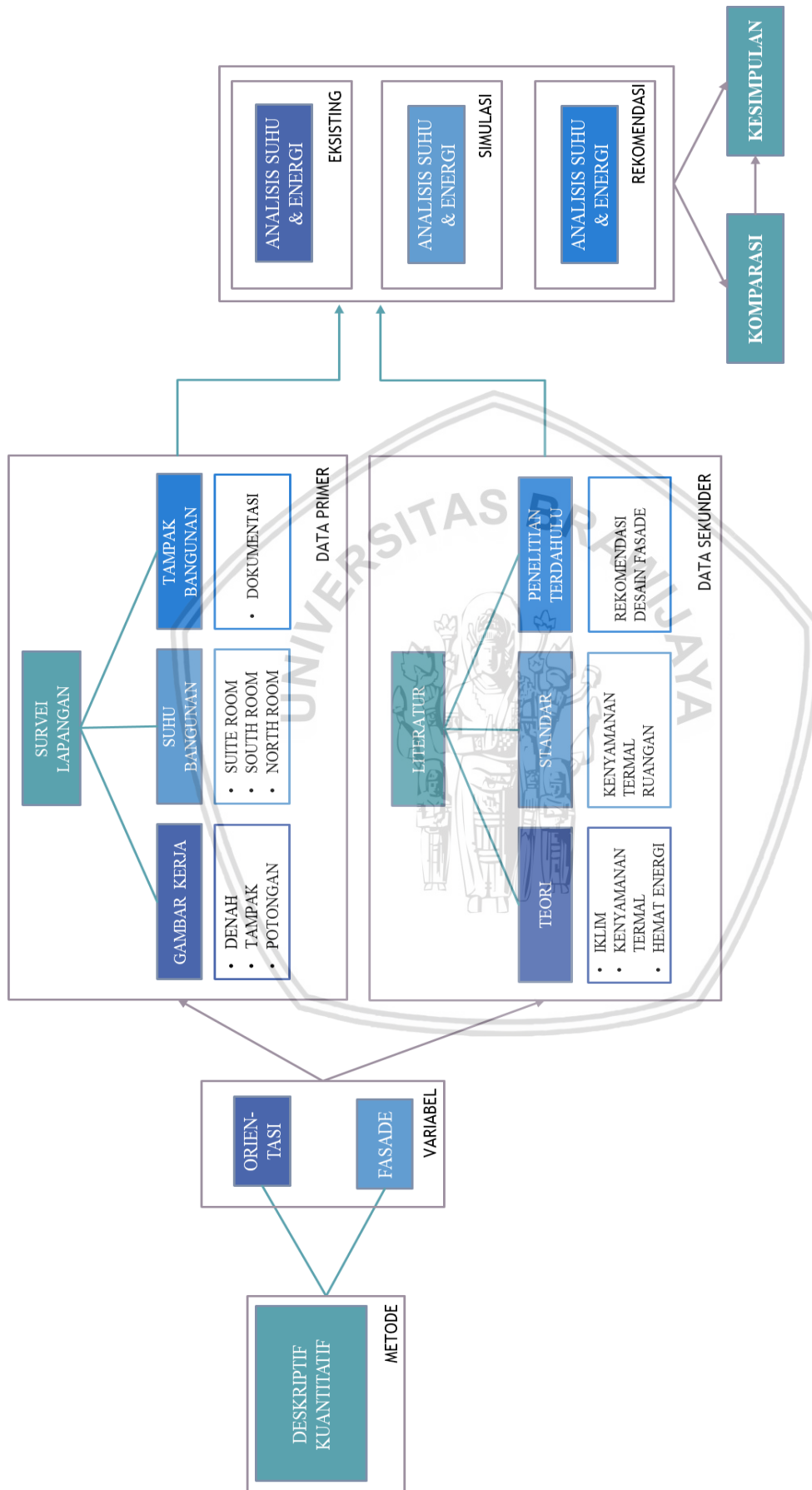
Hasil perhitungan suhu eksisting tidak dapat langsung disimpulkan begitu saja. Dari pengukuran suhu eksisting akan di dapan empat nilai suhu sesuai dengan waktu pengambilan data suhu yaitu pukul 6, 9, 12 dan 15 sore. Sedangkan perlu diketahui akumulasi energi dalam rentang waktu tersebut untuk mengetahui seberapa besar energi panas pada ruangan. Nilai tersebut bisa didapatkan dari menghitung luas area dari grafik energi hasil perhitungan kalor pada waktu-waktu tersebut.

Setelah didapat hasil perhitungan dari olahan data eksisting, akan dimasukkan ke dalam aplikasi simulasi yang menganalisis mengenai kondisi termal ruang Hotel Ininside. Sebagian besar analisis akan dilakukan dengan menggunakan program yaitu *Ecotect* untuk mengukur suhu dan kondisi termal dari eksisting serta dibantu dengan program *Revit* untuk membantu visualisasi dan perhitungan. Kemudian dari hasil simulasi bangunan eksisting, dilakukan pencarian rekomendasi yang tepat yang dalam hal ini yaitu rekomendasi fasade dengan tujuan untuk menurunkan suhu ruang dalam bangunan. Rekomendasi yang ditargetkan adalah desain yang dapat berhasil banyak menurunkan suhu ruangan. Setelah itu perhitungan energi kalor kembali di hitung untuk mendapatkan total pengeluaran kalor dari hasil simulasi bangunan.

3.5 SINTESA DATA

Setelah rekomendasi dari analisis dihasilkan, akan dilakukan simulasi terhadap hasil rekomendasi untuk menilai kesesuaiannya dengan hasil yang di harapkan. Simulasi ini ditujukan untuk mengukur ulang jumlah kalor seperti pada kondisi eksisting bangunan. Perhitungan energi panas pun kembali di hitung dengan cara yang sama seperti cara perhitungan data eksisting dengan letak perbedaan pada data suhu karena menyesuaikan dengan suhu yang didapatkan dari rekomendasi. Dari situ akan di dapat perbandingan antara data-data eksisting dan hasil rekomendasi. Perbandingan tersebut akan menjadi hasil kesimpulan dari penelitian untuk melihat sejauh mana nilai keberhasilan rekayasa fasade dalam menurunkan suhu bangunan demi tercapainya bangunan yang lebih hemat energi.

3.6 KERANGKA METODE



Gambar 3.3 Kerangka Metode



BAB IV

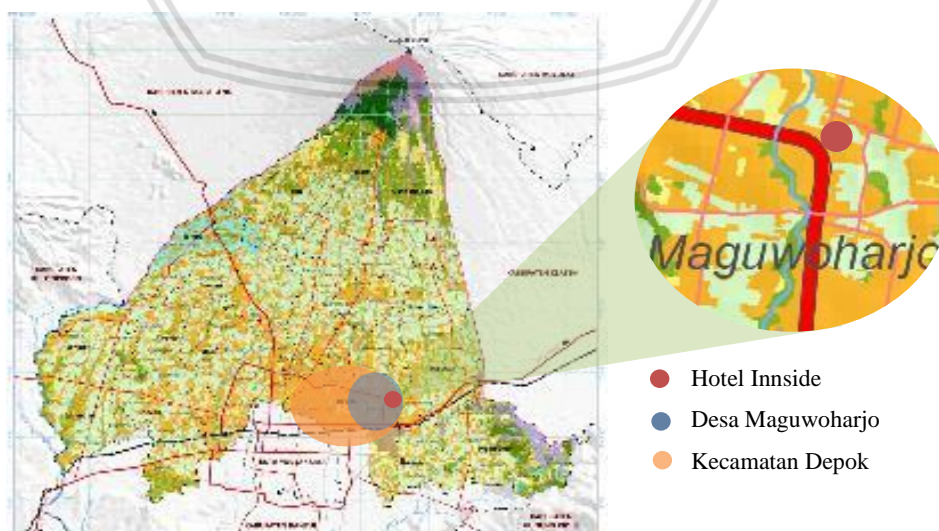
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 DESKRIPSI LOKASI

4.1.1 Lokasi Penelitian

Secara rinci, Hotel Inside berada pada Jalan Ring Road Utara, Desa Manguwoharjo, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman Yogyakarta. Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten ini terletak di sebelah utara Kota Yogyakarta. Jika dilihat secara geografis, Kabupaten Sleman berada di antara $110^{\circ}33'00''$ dan $110^{\circ}13'00''$ Bujur Timur serta $7^{\circ}34'51''$ dan $7^{\circ}47'30''$ Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Sleman adalah 57.482 Ha atau 574,82 Km², sekitar 18% dari luas Daerah Istimewa Yogyakarta secara keseluruhan. Memiliki jarak terjauh dari ujung utara sampai ke selatan yaitu 32 kilometer dan pada timur ke baratnya sejauh 35 kilometer. Dari segi administratif, Kabupaten Sleman terdiri dari 17 wilayah kecamatan, 86 desa dan 1.212 dusun. Adapun daerah-daerah yang membatasi kabupaten ini yaitu:

- Bagian utara : Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah
- Bagian timur : Kabupaten Klaten, Jawa Tengah
- Bagian selatan : Kota Yogyakarta dan Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta
- Bagian barat : Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta dan Kabupaten Magelang, Jawa Tengah

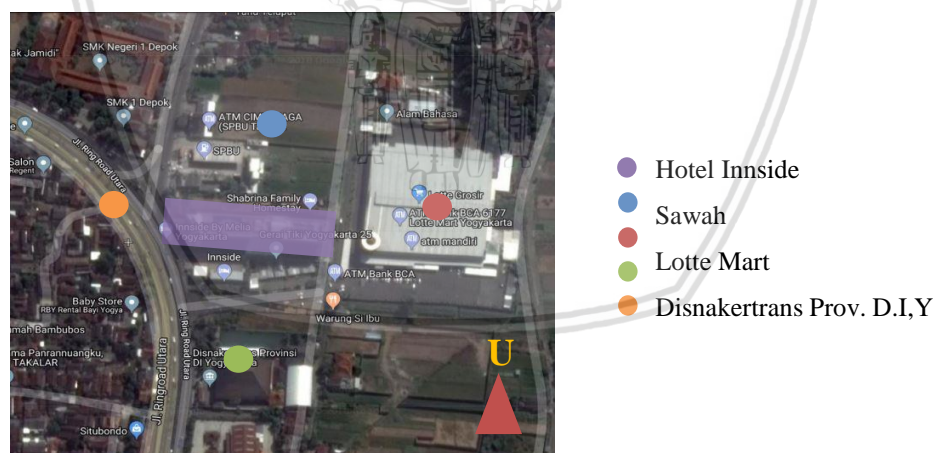


Gambar 4.1 Peta Lokasi Hotel Inside

Sumber: Peraturan Daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta Tentang Tata Ruang Wilayah

Kecamatan Depok tempat hotel berada termasuk ke dalam wilayah tengah Sleman. Karakteristik wilayah ini yaitu merupakan wilayah aglomerasi Kota Yogyakarta karena lokasinya yang bersebelahan langsung dengan Kota Yogyakarta. Wilayah aglomerasi adalah wilayah yang merupakan pusat dari pendidikan, perdagangan serta jasa. Wilayah Kabupaten Sleman dilewati oleh jalur jalan negara. Jalur ini merupakan jalur ekonomi, penghubung antara Sleman dengan kota pelabuhan seperti Semarang, Surabaya dan Jakarta. Kecamatan Depok sendiri dilewati oleh jalan lingkar atau *ring road* yang merupakan jalan arteri utama. Hal ini pula yang menjadikan wilayah ini cepat berkembang.

Hotel Inside memiliki kelebihan yaitu berjarak tidak jauh dari destinasi-destinasi penting dan terkenal. Jarak tempuh dari hotel Inside menuju bandara Adisucipto hanya diperlukan tujuh menit saja. Sedangkan untuk akses menuju beberapa destinasi penting pun seperti Malioboro, Universitas Gajah Mada serta Tugu Yogya yang menjadi ikon terkenal Yogyakarta hanya cukup ditempuh dalam waktu kurang lebih 20 Menit saja. Tidak hanya itu, di sekitar hotel terdapat beberapa tempat yang dapat dijadikan *meeting point* atau titik temu baik untuk urusan bisnis ataupun hiburan seperti Malioboro City, Hartono Mall atau sekedar restoran dan cafe.



Gambar 4.2 Batas-batas Tapak Hotel

Sumber: Hasil Analisis

Pada sisi utara hotel Inside berbatasan dengan tanah lapang yang digunakan warga sekitarnya sebagai lahan sawah. Pada sisi ini pemandangan dapat terlihat cukup luas dikarenakan tidak adanya gedung tinggi yang menghalangi. Pada sisi ini juga didapat pemandangan ke arah pegunungan. Sisi timur hotel bersebelahan dengan supermarket besar yaitu Lotte Mart Wholesale. Supermarket ini dapat dicapai dengan hanya berjalan 5 menit dari hotel sehingga dapat disebut sebagai fasilitas

lingkungan yang mendukung hotel. Di sisi selatan hotel masih merupakan tanah lapang namun terdapat pembangunan gedung yang sedang berjalan. Sedangkan pada sisi barat berbatasan dengan Ringroad Utara Yogyakarta sebagai jalan aryang juga merupakan akses masuk dari hotel.

4.1.2 Iklim di Yogyakarta

Yogyakarta adalah ibu kota dari Daerah Istimewa Yogyakarta di Indonesia. Wilayah di DIY ini memiliki lima kabupaten kota madya yang terdiri dari Kabupaten Kulonprogo (18.40% luas DIY), Kabupaten Banul (15.91% luas DIY), Kabupaten Gunungkidul (46,63% luas DIY), Kabupaten Sleman (18,04% luas DIY), dan Kota Yogyakarta (1,02% luas DIY).

Tabel 4.1 Ringkasan Kondisi Cuaca di Wilayah DIY, 2013-2016

INDIKATOR	SATUAN	2013	2014	2015	2016
Suhu Udara Terendah	°C	18	21	20	23
Suhu Udara Tertinggi	°C	36	33	33	33
Rata-Rata Suhu Udara	°C	26	26	26	27
Kelembaban Udara Minimum	%	44	48	48	43
Kelembaban Udara Maksimum	%	98	97	97	100
Rata-Rata Kelembaban Udara	%	86	83	83	87
Tekanan Udara Minimum	mb	1 010	992	992	1 012
Tekanan Udara Maksimum	mb	019	1 019	1 019	1 015
Rata-Rata Tekanan Udara	mb	1 015	998	998	1 014
Curah Hujan Maksimum	mm ³	442	503	503	508
Rata-Rata Curah Hujan/Bulan	mm ³	230	169	160	255
Rata-Rata Hari Hujan	hari	15	10	10	20

Sumber: BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Yogyakarta, diolah

Memiliki ketinggian sekitar 112 m dpl, kota ini terletak di dataran rendah yang permukaannya relatif datar. Hampir di sebagian besar bulan cuaca di Yogyakarta ditandai dengan curah hujan yang signifikan. Curah hujan rata-rata tahunannya mencapai 255 mm³ per bulan dengan rata-rata jumlah hari hujan sebanyak 20 hari per bulan. Temperatur rata-rata dari kota ini terbilang cukup tinggi yaitu sebesar 27°C. Kelembaban rata-rata yang tercatat mencapai 87% dengan interval mulai dari 43% – 100% yang cenderung meningkat dari tahun sebelumnya. Selain itu juga memiliki tekanan udara rata-rata 1.1014 milibar. Angin bertiup banyak dari arah selatan di bulan Maret-September, sedangkan dari arah barat daya untuk bulan Oktober-Februari. Selama tahun 2016 sebelumnya, kecepatan angin rata-rata berkisar di angka 6-17 knots (BMKG Yogyakarta, 2017).

4.2 DESKRIPSI HOTEL

Hotel Ininside merupakan hotel bintang empat yang memiliki konsep modern dengan masih membawa aspek lingkungan daerahnya. Jika diperhatikan, hotel Ininside memiliki lokasi yang strategis sebagai hotel yang mengutamakan fasilitas pendukung kerja bisnis atau biasa disebut *business hotel*. Hotel Ininside merupakan hotel pertama dibawah *brand* Meliá yang berada di Asia. Sebelumnya, merek ini banyak beroperasi di German dan Spanyol.

INNSIDE
BY MELIÁ



Gambar 4.3 Brand dan Tampilan Hotel Ininside Yogyakarta

Sumber: *Inside by Melia*

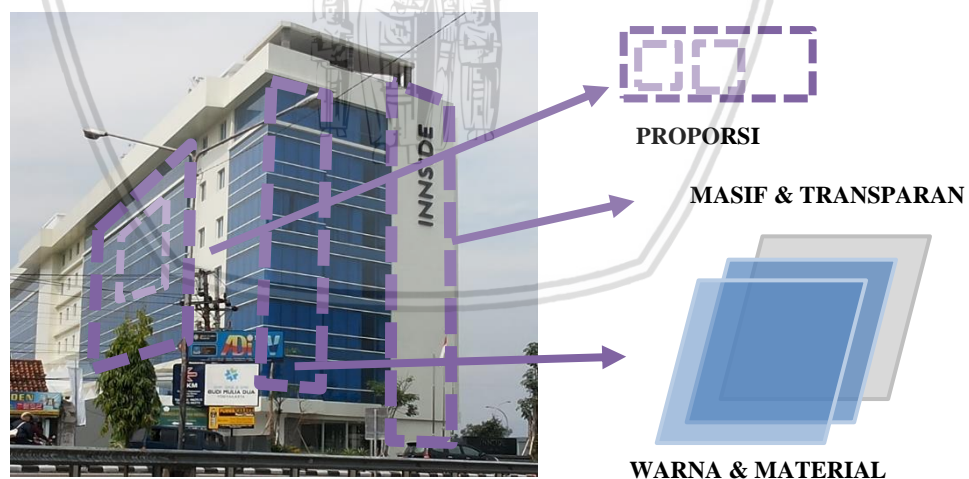
Tidak hanya berfungsi sebagai hotel, namun hotel ini juga merupakan kondominium. Dalam pengoperasiannya, 50% menjadi hotel dan separuhnya lagi akan difungsikan sebagai kondominium. Fasilitas-fasilitas pendukung yang ada di hotel ini yaitu salah satunya adalah ruang-ruang *hall* untuk rapat. Ruang-ruang rapat ini terletak pada lantai satu dan dua yang memudahkan akses para pengguna dari luar hotel. Terdapat pula restoran dengan nama *Syndeo Café* yang dapat digunakan baik untuk umum maupun para penghuni dan tamu hotel. Secara garis besar hotel terbagi menjadi bagian hunian dan fasilitas umum.

Orientasi bangunan hotel Ininside yang umumnya berbentuk persegi panjang ini memiliki sisi terpanjang yang terpampang menghadap utara – selatan sehingga sisi terpendeknya menghadap ke arah timur – barat. Hal ini menjadi keuntungan tersendiri bagi bangunan dikarenakan sisi bangunan yang terpapar matahari akan lebih banyak pada sisi timur dan barat. Dalam kasus bangunan ini, yaitu sisi terpendek yang artinya tidak banyak sisi bangunan yang terpapar sinar matahari langsung. Namun sayangnya kamar *suite room* sebagai ruangan dengan kelas paling tinggi pada bangunan ini menghadap ke arah barat dengan dinding kaca seluruhnya yang dapat menaikkan suhu ruangan. Adapun gambaran lebih detail untuk denah, tampak dan potongan bangunan dapat dilihat pada lampiran 1.

4.2.1 Konsep Desain Hotel

Fasade bagi sebuah bangunan bukan hanya sebagai penampilan semata. Melainkan dapat menjadi identitas dari bangunan itu sendiri. Dengan adanya fasade, sebuah bangunan dapat menunjukkan fungsi dari bangunan itu sendiri tanpa perlu secara literal menyebutkan apa fungsi bangunannya. Selain itu juga dapat menunjukkan kadar kualitas yang menentukan status dari sebuah bangunan. Seperti pada Hotel Inside yang memiliki desain fasade sesuai dengan prinsip-prinsip yang dipegangnya.

Hotel Inside yang memegang rating hotel berbintang empat ini menunjukkan kualitas bintang empatnya pada fasade bangunan. Desain fasade dibuat dengan menggambarkan kesan elite dan berkelas salah satunya terlihat dari ornamen bangunan serta tampilan kualitas bahan yang digunakan. Desain bangunan menjawab kebutuhan dari masyarakat era ini yaitu: elegan dan fungsional. Sebagai hotel bisnis, desain dikombinasikan dengan gaya bisnis yang simpel, *stylish* serta efisien. Perancangan desain hotel dikatakan memadukan konsep dinamis yang tidak melupakan kearifan lokal. Sebagai kota Yogyakarta yang kaya akan budayanya, menambahkan ornamen lokal menjadi hal yang patut untuk dilakukan.



Gambar 4.4 Analisis Desain Fasade Eksisting

Sumber: Hasil Analisis

Terdapat banyak aspek yang dapat di bahas dalam menganalisis sebuah fasade bangunan. Beberapa poin yang dapat diamati yaitu proporsi, bentuk serta material. Ornamen serta warna bangunan juga dapat di analisis sebagai bagian dari fasade bangunan. Selain itu juga tekstur dari fasade serta pola yang digunakan juga dapat menunjukkan identitas dari sebuah bangunan.

Hotel Inside hanya memiliki satu buah massa yang berbentuk persegi panjang dengan orientasi terpanjangnya menghadap ke arah utara dan selatan. Sehingga untuk membandingkan proporsi dapat dilihat proporsi dari bentuk bangunan dibandingkan dengan panel-panel dinding kaca yang berpola persegi. Dapat dikatakan bahwa bentuk bangunan merupakan hasil dari gabungan pola-pola persegi tersebut menjadi persegi panjang. Bangunan tidak terasa masif dikarenakan sebagian besar fasadnya diselubungi oleh dinding kaca yang merupakan aspek penting dalam bangunan hotel tersebut. Adapun bentuk masif terlihat pada bagian yang berwarna putih pada fasade sebagai ornamen yang melengkapi visual bangunan.



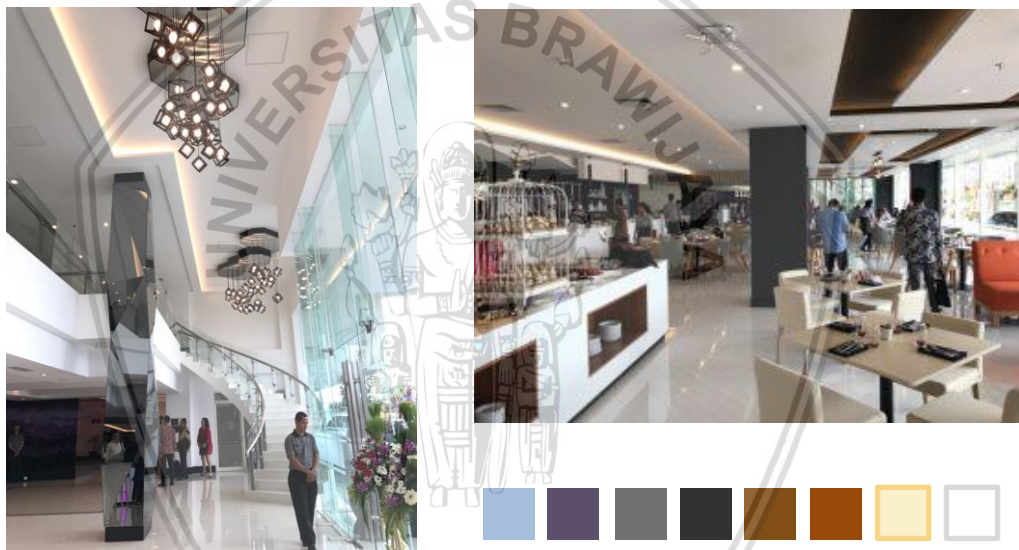
Gambar 4.5 Warna dan Material Fasade Hotel

Sumber: Hasil Analisis

Pengambilan warna pada desain fasade adalah dominan warna biru dan putih. Dimana warna putih memberikan kesan bersih dan sederhana, sesuai dengan konsep bangunan yang simpel dan efisien. Warna biru sendiri juga menggambarkan kesan yang jernih dan ringan serta fokus sehingga cocok untuk menunjukkan karakteristik sebuah hotel bisnis. Sedangkan dari segi material digunakan *tempered glass* berwarna biru gelap dengan ketebalan 12 mm yang selain berfungsi sebagai ornamen arsitektural juga berfungsi untuk memperkuat konstruksi bangunan. Dengan menggunakan *tempered glass* dapat mengurangi resiko yang biasa didapatkan dari penggunaan kaca karena fiturnya yang bisa sampai empat kali lipat lebih kuat dari kaca biasa. Namun tidak seluruh bagian kaca merupakan *tempered glass*. Pada beberapa bagian material yang digunakan adalah kaca biasa yang dilapisi dengan warna biru. Selain itu juga dinding-dinding lainnya dilapisi oleh cat dinding putih yang juga sama digunakan oleh material ACP. Material ACP merupakan kependekan dari *aluminium composite panel* yaitu penggabungan antara bahan aluminium

dengan material non-aluminium. Material ini bersifat tahan cuaca, efisien, ringan serta dapat awet bertahan lama. Pengaplikasiannya dapat digunakan baik pada interior maupun pada eksterior bangunan. Pemberian material ini pada fasade hotel Inside menambahkan kesan mewah dalam kesederhanaan.

Pada fasade bangunan memang lebih cenderung kepada konsep modern bergaya simpel, bersih dan rapih. Hal ini terlihat dari penggunaan pola persegi sebagai *frame* dari bangunan. Pemilihan material serta warna juga menunjukkan bagaimana desain ini dapat dikatakan modern. Sedangkan konsep dinamis hasil kolaborasi antara modern dan kearifan lokal dapat terlihat pada bagian dalam bangunan yang memadukan antara polesan modern dengan motif dan pemilihan warna yang bersifat lokal.

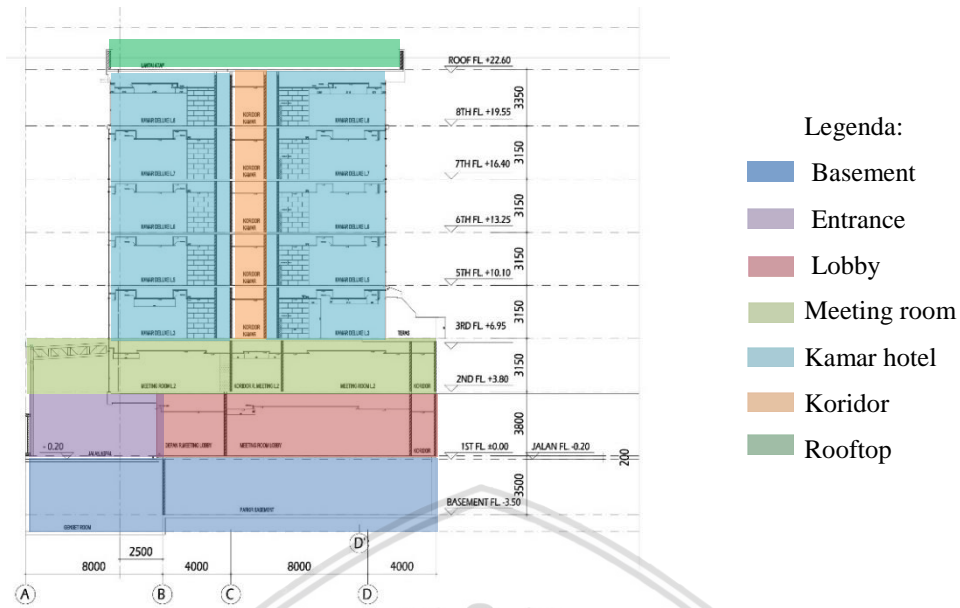


Gambar 4.6 Desain Interior Hotel

Sumber: Saraswanti Group

Desain yang memikirkan aspek-aspek lokal yang telah dimodernisasikan oleh hotel Inside terlihat dalam interior bangunan. Pada bagian lobby dan lift terdapat aksesoris berupa siluet gambar Borobudur yang diberi warna ungu menunjukkan kedinamisan dari kedua aspek. Tekstur pada pilar dan lampu gantung serta adanya tangga berbentuk setengah lingkaran juga menghaluskan bentukan garis lurus yang banyak terlihat pada fasade bangunan. Selain itu pada restoran juga terdapat lukisan wayang dengan gaya modern. Terlihat pula pada pemilihan warna restoran yang putih modern digabungkan dengan aksesoris coklat serta pilar hitam. Semakin menunjukkan perpaduan antara modern dengan lokal.

4.2.2 Tata Ruang Hotel

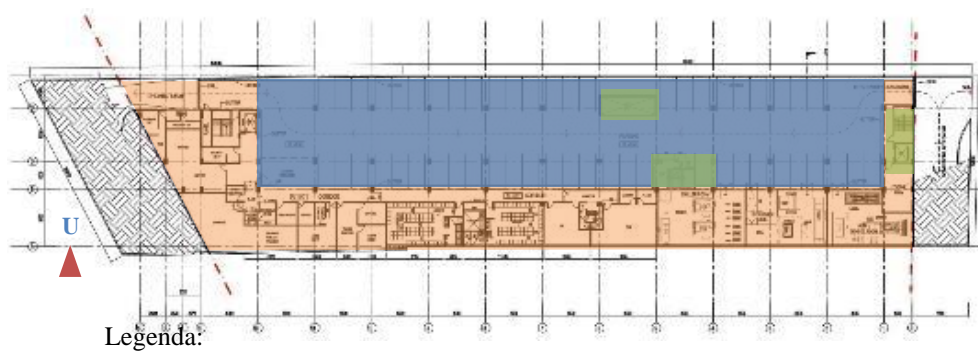


Gambar 4.7 Pembagian Area Melalui Potongan

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, lantai paling bawah merupakan basement untuk area parkir. Kemudian satu lantai di atasnya merupakan lantai dasar atau lantai satu yang merupakan area *lobby* utama untuk penerimaan pengunjung hotel. Dilanjutkan pada lantai dua yang difasilitasi dengan ruang-ruang meeting. Mulai dari lantai tiga keatas, tiap lantainya digunakan sebagai area inap atau kamar hotel. Untuk tipe koridor yang digunakan pada area kamar hotel adalah *double-loaded*. Maksud dari tipe ini yaitu sirkulasi terletak pada bagian tengah di antara dua ruang yang menghimpitnya. Kemudian berakhir pada *rooftop* yang memiliki kolam renang, *gym* dan *café*. Pembagian fungsi area pada tiap lantai hotel terbagi menjadi seperti berikut:

1. Basement

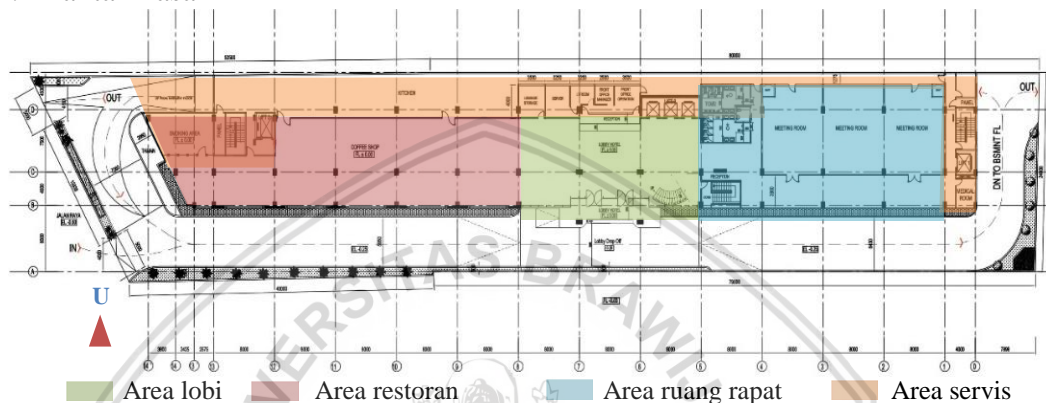


Gambar 4.8 Denah Lantai Basement

Sumber: Hasil Analisis

Lantai basement ini merupakan lantai paling dasar dari bangunan hotel. Secara umum, fungsi dari lantai ini dapat di bagi menjadi tiga bagian yaitu area parkir, area utilitas serta area sirkulasi. Area sirkulasi yang dimaksud secara spesifik dikategorikan sebagai area sirkulasi vertikal dimana pada basement ini terdapat *lift* dan tangga untuk akses langsung menuju lobi utama yang berada satu lantai di atas. Sirkulasi ini memudahkan pengunjung untuk mengakses hotel tanpa perlu keluar basement terlebih dahulu.

2. Lantai Dasar

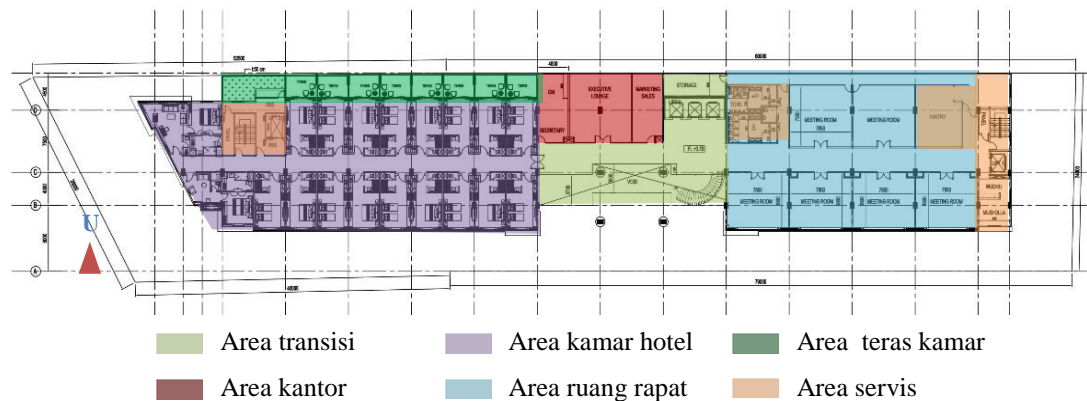


Gambar 4.9 Denah Lantai Dasar

Sumber: Hasil Analisis

Lantai dasar ini memiliki fungsi utama sebagai ruang penyambutan tamu. Akses masuk dimulai dari pintu masuk tapak ke area *drop off* di depan pintu utama, lalu ke area lobi yang terdapat front desk sebagai tempat pemesanan kamar hotel dan pusat informasi hotel. Mengambil hampir setengah luas lantai dasar, restoran sekaligus dapurnya terletak pada sisi barat bangunan dari arah pintu masuk utama. Kemudian terdapat tiga ruang rapat atau *meeting room* pada sisi timur bangunan. Lantai ini juga dilengkapi dengan area servis seperti toilet untuk pengunjung.

3. Lantai 2

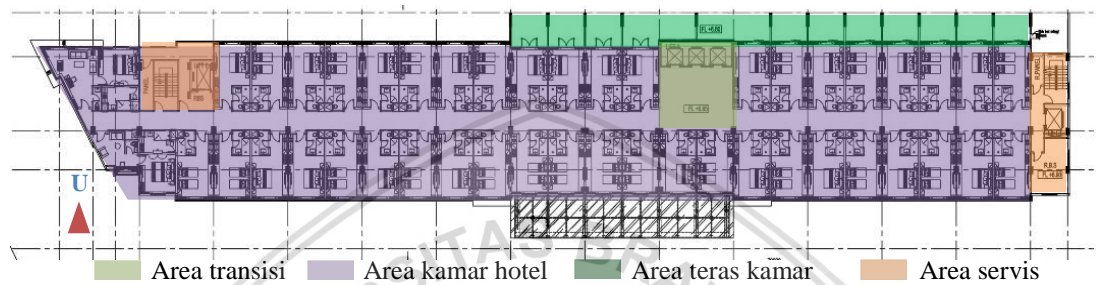


Gambar 4.10 Denah Lantai 2

Sumber: Hasil Analisis

Fungsi-fungsi yang ada di area ini yaitu: kamar hotel, kantor dan ruang rapat. Terdapat empat tipe kamar yaitu: *studio room*, *premium room*, *loft room* dan *lifestyle room*. Terletak di sebelah timur, area kamar hotel memiliki akses yang lebih privat karena diperlukan kartu akses penghuni untuk memasuki area. Selain kamar, terdapat area kantor pengelola hotel. Pada lantai ini dilengkapi pula dengan ruang rapat seperti pada lantai dasar. Sebagai pendukung area rapat dan umum, pada lantai ini terdapat toilet untuk pengunjung, *pantry* dan musholla.

4. Lantai 3

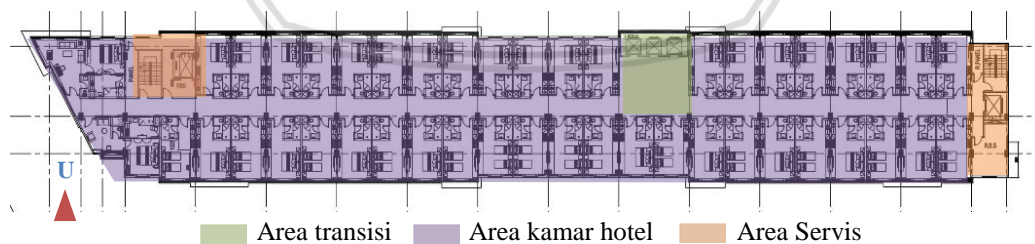


Gambar 4.11 Denah Lantai 3

Sumber: Hasil Analisis

Dimulai dari lantai tiga, secara keseluruhan area didominasi oleh area kamar hotel. Kamar pada lantai ini sama seperti lantai dua yaitu: *studio room*, *premium room*, *loft room* dan *lifestyle room*. Lantai ini bersifat privat sehingga hanya pemegang kartu kunci kamar pada lantai tiga saja yang dapat masuk ke lantai ini. Untuk melengkapi kebutuhan pengguna hotel, terdapat pula area servis yang berisi sirkulasi untuk pegawai, *lift* barang serta tangga darurat.

5. Lantai Tipikal 5, 6, 7



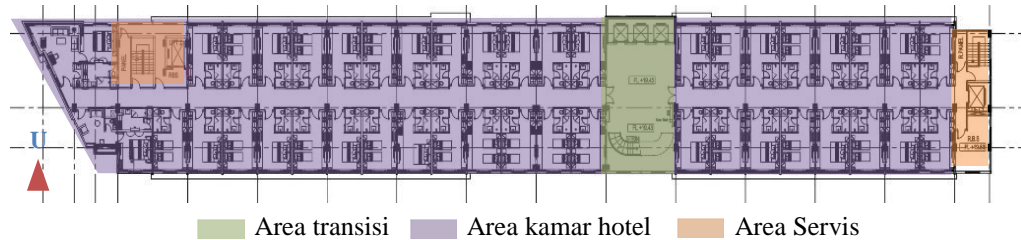
Gambar 4.12 Denah Lantai Tipikal 5,6,7

Sumber: Hasil Analisis

Pada hotel ini tidak terdapat lantai empat, sehingga nomor lantai langsung disambung ke lantai lima. Lantai lima sampai tujuh pada hotel ini merupakan lantai dengan desain yang tipikal. Tidak berbeda jauh dengan lantai tiga di bawahnya, pada lantai ini area yang mendominasi yaitu area kamar hotel. Berbeda dengan lantai tiga, pada lantai ini terdapat tiga tipe kamar yaitu: *studio room*, *loft room* dan *lifestyle*

room. Lantai-lantai ini juga merupakan ruang privat sama seperti sebelumnya, sehingga untuk mengaksesnya juga diperlukan kartu tanda kepemilikan kamar. Terdapat pula area servis untuk mendukung fungsi kamar hotel sebagai fungsi utama.

6. Lantai 8

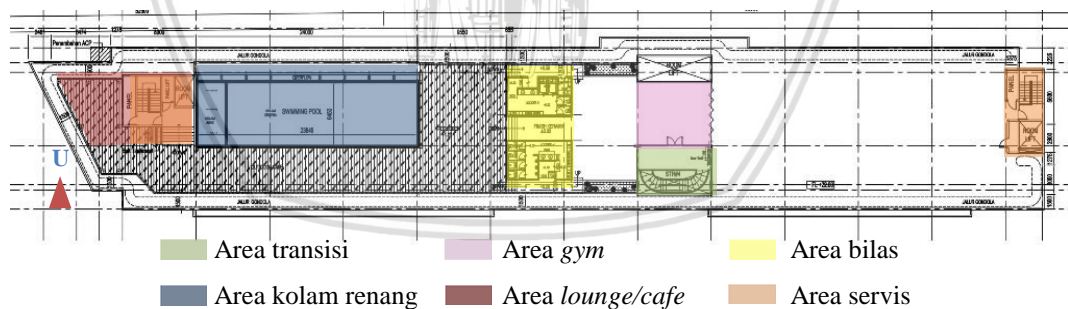


Gambar 4.13 Denah Lantai 8

Sumber: Hasil Analisis

Pada lantai delapan ini fungsi keseluruhannya untuk area kamar hotel dengan tiga tipe kamar seperti lantai 5-7. Perbedaan lantai ini dengan lainnya berada di area transisinya dimana terdapat tangga untuk akses menuju lantai *rooftop*. Adanya sirkulasi menuju *rooftop* membuat area kamar hotel terbagi menjadi dua. Untuk mengakses kedua sisi area kamar ini dibutuhkan kartu yang berfungsi sebagai kunci kamar. Hal ini diperlukan agar tidak semua orang dapat mengakses area kamar yang bersifat privat. Karena pada lantai delapan ini area transisi dapat diakses oleh siapapun dikarenakan adanya sirkulasi menuju *rooftop* yang merupakan ruang publik.

7. Rooftop

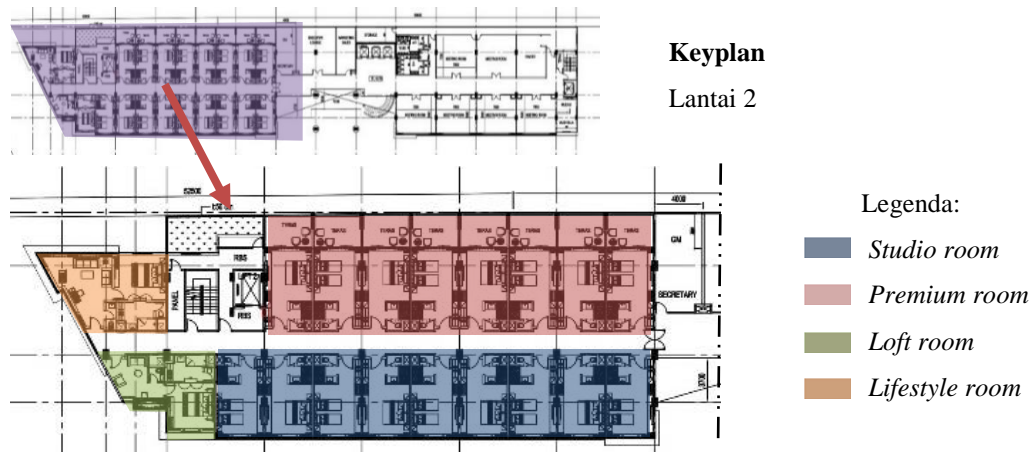


Gambar 4.14 Denah Lantai Rooftop

Sumber: Hasil Analisis

Lantai *rooftop* merupakan area publik yang terletak paling tinggi pada bangunan hotel ini. Fungsi-fungsi yang berada di lantai ini merupakan fasilitas pendukung bagi tamu hotel. Dekat dengan area transisi terdapat area *gym*. Sedangkan untuk daya tarik utama dari lantai ini sendiri yaitu adanya kolam renang yang dikelilingi oleh *rooftop deck* untuk tempat bersantai-santai. Selain itu *rooftop* ini juga dilengkapi dengan café dan tempat *barberque* yang dapat juga digunakan untuk menyelenggarakan acara.

4.2.3 Tipe Unit Kamar Hotel



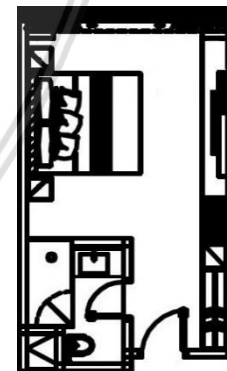
Gambar 4.15 Pembagian Tipe-Tipe Kamar

Sumber: Hasil Analisis

Hotel memiliki fungsi utama yang berada pada kamar hotel sebagai tempat hunian bagi para tamu. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, pada bangunan Hotel Inside ini terdapat empat tipe kamar. Kamar-kamar tersebut memiliki kelebihan masing-masing sesuai dengan standar yang sudah ditentukan oleh hotel.

a. *Studio room*

Studio room merupakan unit kamar hotel yang memiliki ukuran kamar paling kecil. Memiliki panjang ruang yaitu 7 m dengan lebar ruangan sebesar 4 m maka luas dari unit kamar ini yaitu sekitar 28 m². Desain dari kamar ini ramping namun efektif dalam penggunaannya.



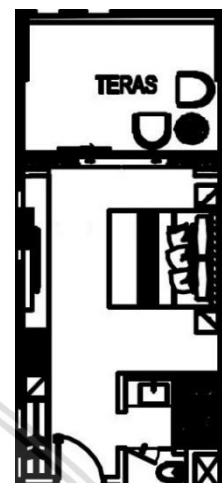
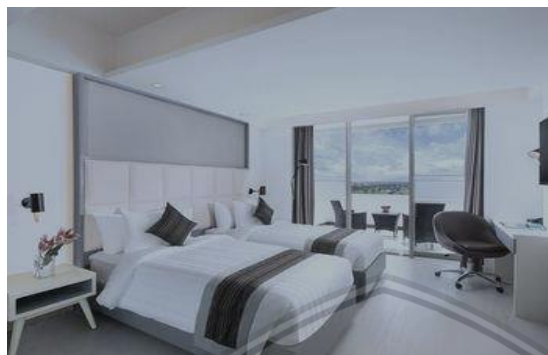
Gambar 4.16 Kamar Tipe Studio Room

Sumber: Hasil Dokumentasi

Unit kamar studio merupakan tipe kamar terbanyak pada hotel ini. Fasilitas yang dimiliki unit ini diantaranya yaitu *master bed* atau tersedia juga tipe *twin bed*, televisi, meja kerja, lemari pakaian beserta *safety box*, serta kamar mandi yang dilengkapi dengan *shower*. Kamar ini berada pada setiap lantai yang memiliki area kamar. Orientasi jendela dari kamar ini ada dua macam yaitu menghadap utara atau selatan memberi keuntungan karena terhindar dari paparan sinar matahari langsung.

b. *Premium room*

Tidak terlalu berbeda dari unit studio, *premium room* memiliki fasilitas yang kurang lebih sama dengan unit studio. Memiliki luasan kamar yang sama dengan unit studio, perbedaan diantara keduanya terdapat pada fasilitas tambahan yang dimiliki oleh unit ini yaitu teras.



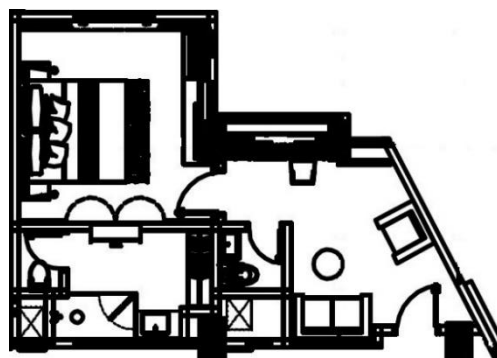
Gambar 4.17 Kamar Tipe Premium Room

Sumber: Hasil Dokumentasi

Pada teras dalam kamar tipe premium ini dilengkapi dengan kursi duduk santai untuk menikmati pemandangan dan udara luar. Dengan adanya fasilitas teras, luasan total dari kamar ini yaitu sebesar 35 m². Selain itu perbedaan pada kamar ini juga terdapat pada desain kamar mandinya lebih memiliki kesan terbuka jika dibandingkan dengan tipe studio.

c. *Loft room*

Kamar tipe *loft* merupakan unit kamar yang memiliki luas terbesar kedua pada Hotel Inside. Unit kamar yang satu ini memiliki luasan kurang lebih sebesar 46 m². Fasilitas yang ada pada kamar ini yaitu terdapat ruang tamu. Ruang santai tersebut memiliki tiga sofa dengan satu sofa berupa sofa malas yang menghadap jendela besar sehingga dapat bersantai sambil menatap pemandangan luar.



Gambar 4.18 Kamar Tipe Loft Room

Sumber: Hasil Dokumentasi

Fasilitas lainnya yaitu terdapat sebuah toilet untuk tamu terpisah dari kamar mandi. Kamar mandi ini dilengkapi dengan *shower* dan juga *bathub*. Unit kamar *loft* memiliki sekat pemisah antara ruang santai dengan ruang tidur. Ruang tidur kamar ini dilengkapi dengan *master bed* yang berhadapan dengan meja kerja dan televisi.

d. *Lifestyle room*

Lifestyle room adalah unit kamar yang paling eksklusif dibandingkan dengan tipe kamar yang lainnya atau biasa disebut sebagai *suite room*. Selain paling eksklusif, kamar ini juga memiliki luasan paling besar yaitu sekitar 50 m². Kamar ini menyajikan ruang tamu atau ruang santai yang luas dan nyaman yang menyambut ketika masuk.



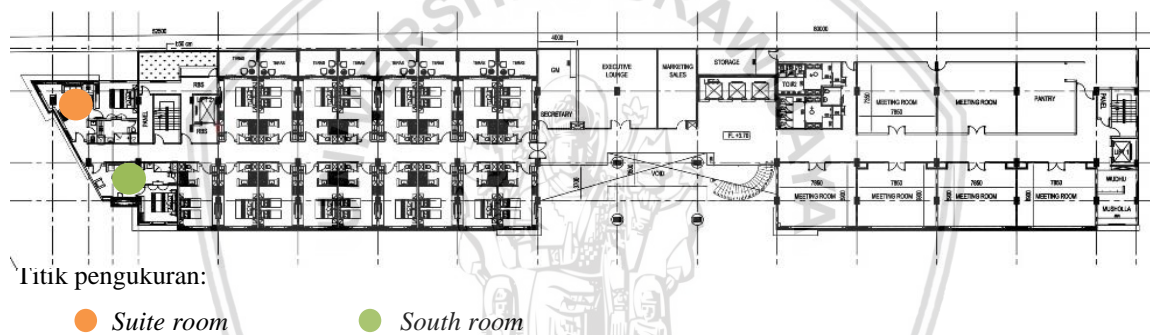
Gambar 4.19 Kamar Tipe Lifestyle Room

Sumber: Hasil Dokumentasi

Ruangan ini keseluruhannya terselubung oleh kaca yang menghadap langsung ke pemandangan lingkungan luar. Poin utama dari pemandangan yang dapat di akses dari kamar ini adalah pemandangan menuju pegunungan. Ruang santai pada unit ini juga dilengkapi dengan sofa-sofa nyaman dan kursi malas serta terdapat televisi yang tergantung di dinding kolom. Ruang kamar tidur terpisah oleh pintu dari ruang santai. Pada area tempat tidur terdapat *master bed* yang menghadap ke layar televisi. Serta terdapat meja kerja dan juga lemari tempat menyimpan pakaian pada kamar tidur ini. Sedangkan untuk kamar mandi dilengkapi dengan *shower* dan juga *bathub* untuk berendam. Unit kamar dengan model *suite room* ini merupakan fokus utama dari penelitian.

4.3 ANALISIS EKSISTING

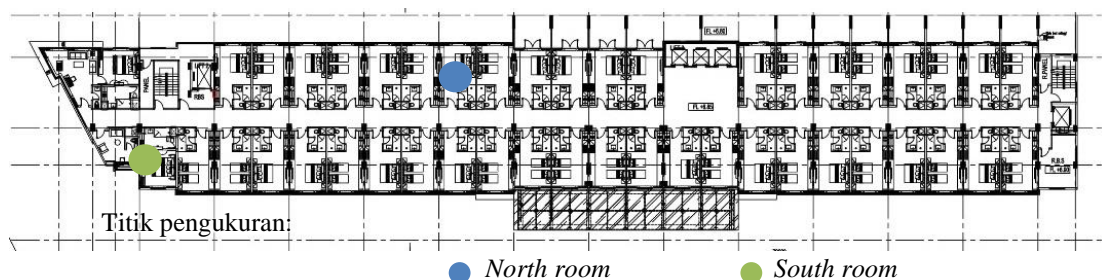
Berdasarkan hasil survei lapangan pada Hotel Ininside di Kabupaten Sleman, Yogyakarta, akan dianalisis kemudian dilanjutkan dengan pembuatan simulasi hotel. Adapun data-data utama yang diperlukan adalah bagaimana kondisi dari eksisting bangunan itu sendiri. Terdapat tiga aspek yang akan dianalisis yaitu gambaran sinar matahari yang memasuki ruang kamar, kondisi suhu dalam ruangan serta energi yang dikeluarkan kamar tersebut. Dari hasil survei lapangan didapatkan data mengenai pencahayaan pada ruang kamar serta data suhu ruangan pada sebuah bangunan bertingkat jika tidak dibantu dengan mesin pendingin udara. Kondisi suhu sebuah ruangan dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan disekitarnya serta adanya bagian sisi bangunan yang terpapar oleh sinar matahari di siang hari yang diteruskan ke dalam bangunan. Lama pengambilan data yaitu selama tiga hari untuk dapat dibandingkan hasilnya. Adapun berikut adalah titik pengukuran kamar hotel.



Gambar 4.20 Titik Pengukuran Lantai 2

Sumber: Hasil Analisis

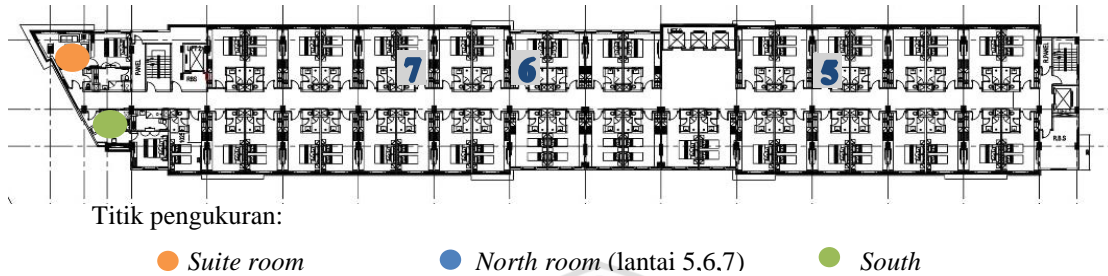
Pada lantai dua titik pengukuran yang di ambil ada dua buah, yaitu ruang *suite room* yang memiliki nomor kamar 201. Sedangkan untuk ruang *south room* merupakan kamar dengan nomor 202. *North room* tidak dapat diukur pada lantai ini dikarenakan pada sisi utara tidak ada ruang kamar bertipe *studio room*. Angka pertama dari tiap nomor kamar menunjukkan posisi lantai dari kamar tersebut.



Gambar 4.21 Titik Pengukuran lantai 3

Sumber: Hasil Analisis

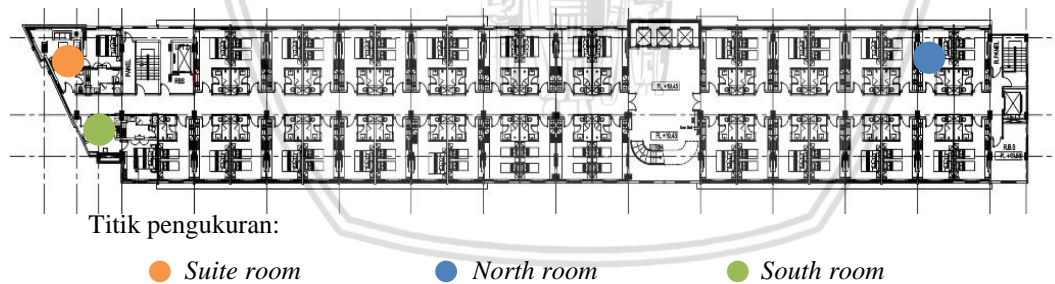
Pada lantai tiga terdapat dua titik pengukuran untuk dua tipe kamar yang akan diukur. Ruang *north room* pada sisi utara bangunan dengan nomor kamar yaitu 315, serta *south room* di selatan yang memiliki nomor kamar 302. Sedangkan ruang *suite room* pada sisi barat tidak memungkinkan untuk diukur dikarenakan kamar tersebut sudah mempunyai pemilik yang tinggal di dalamnya.



Gambar 4.22 Titik Pengukuran Lantai Tipikal 5-7

Sumber: Hasil Analisis

Pada lantai lima sampai tujuh masih terdapat tiga titik yang diukur di setiap lantainya. Ruang *suite room* di tiap lantainya dapat diukur yaitu pada nomor kamar 501, 601 dan 701. Sedangkan untuk ruang *north room* memiliki posisi yang berbeda-beda di tiap lantainya seperti yang tertera pada gambar diatas yaitu dengan nomor kamar 541, 619 dan 711 berurutan di setiap lantainya. Kemudian untuk ruang *south room* hanya terdapat dua pengukuran pada 602 dan 702, dimana pada lantai lima tidak dapat diukur dikarenakan terdapat penghuni hotel di dalamnya.



Gambar 4.23 Titik Pengukuran Lantai 8

Sumber: Hasil Analisis

Lantai delapan sebagai lantai terakhir dari hotel memiliki tiga titik pengukuran sesuai dengan tiga tipe kamar. Pada ruang *suite room* sama seperti pada lantai sebelumnya, terletak di barat dengan nomor kamar 801. Kemudian ruang *north room* berada pada titik kamar 845 yang letaknya terpisah akses masuknya dari ruang *suite* dan *south room*. Sedangkan ruang *south room* sendiri ditandai dengan nomor 802 pada ruangannya.

Pengukuran suhu kamar dilakukan pada saat matahari bersinar yang artinya dilakukan pada pagi hingga sore hari saat matahari berada di langit. Dengan desain bangunan

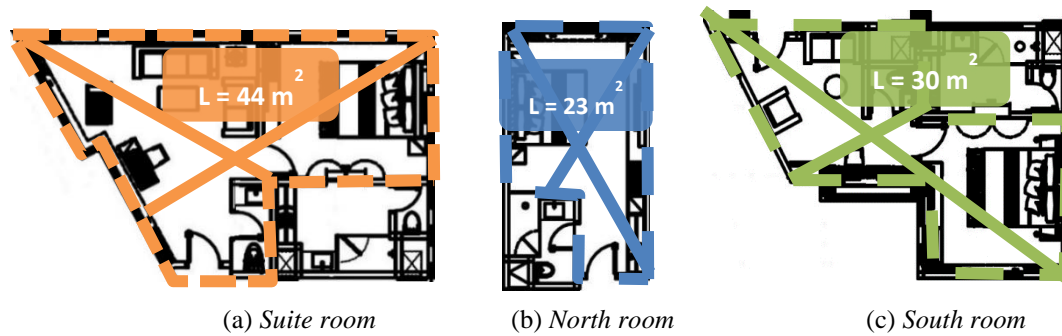
yang cenderung bersifat tipikal memudahkan dalam pembagian area pengukuran. Menyesuaikan dengan hasil yang di inginkan, area-area yang diukur dibagi sesuai dengan orientasi bangunan. Berdasarkan orientasinya terhadap matahari, kamar-kamar pada bangunan ini dapat terbagi menjadi tiga yaitu kamar yang menghadap barat (*suite room*), utara (*north room*) dan selatan (*south room*). Khusus pada sisi barat hanya terdapat unit *lifestyle room* yang merupakan bahasan utama dari penelitian ini yang ditandai dengan nama *suite room*. Sedangkan kamar-kamar pada sisi utara dan selatan menjadi data pembandingan untuk penelitian. Pengukuran suhu dilakukan di tiap kamar dengan pengondisian kamar tanpa menggunakan pendingin ruangan dengan seluruh tirai dalam kondisi terbuka.

Selanjutnya perhitungan energi dilakukan untuk melihat seberapa besar energi dari luar ruangan yang mempengaruhi panas di dalam. Total energi panas yang masuk kedalam adalah sama dengan total energi yang perlu dikeluarkan AC untuk menurunkan suhu ruangan. Sehingga hasil jumlah energi sesuai dengan perhitungan merupakan total energi yang perlu dikeluarkan AC untuk menurunkan suhu ruang kamar tersebut. Rumus kalor digunakan untuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan panas dari sebuah ruangan. Dalam perhitungan untuk mengukur suhu sebuah ruangan, material yang digunakan dalam pembahasan ini menggunakan udara.

Adapun hal-hal yang dibutuhkan untuk mengukur kalor adalah massa dari benda (m), kalor jenis benda (c) dan perubahan suhu (ΔT). Massa yang dibutuhkan dalam pengukuran ruangan ini adalah massa dari udara. Untuk mengetahui besar massa udara dalam sebuah ruangan cukup dilakukan dengan cara mengalikan antara volume ruangan tersebut dengan massa jenis udara. Sesuai dengan standar, maka massa jenis dari udara yaitu sebesar $1,2 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan kalor jenis sebuah benda merupakan satuan untuk mengetahui besar energi yang dikerahkan sebuah benda untuk menaikkan atau menurunkan suhunya sebesar 1 derajat celcius. Udara sendiri memiliki nilai kalor jenis sebesar $1005 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$. Selain itu, perubahan suhu didapatkan dari menghitung selisih dari suhu awal dengan suhu akhir, baik untuk dinaikan maupun diturunkan suhunya. Rumus kalor $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.

Suhu yang digunakan dalam pengukuran ini merupakan suhu dalam ruangan serta suhu termal nyaman. Meskipun terdapat data suhu luar dari bangunan, namun alasan mengapa suhu tersebut tidak digunakan dalam perhitungan yaitu karena fokus utama dari penelitian ini. Sesuai dengan tujuan pembahasan, energi yang dicari adalah jumlah energi yang digunakan pada ruangan untuk menurunkan suhu menjadi suhu ruang ideal. Peran suhu pada luar bangunan yaitu mempengaruhi tingkat suhu yang terdapat di dalam ruangan.

Dipengaruhi oleh iklim Indonesia, suhu di dalam ruangan bertambah tinggi dan menjadi semakin panas hasil dari pengaruh panasnya suhu yang merambat dari luar ruangan.



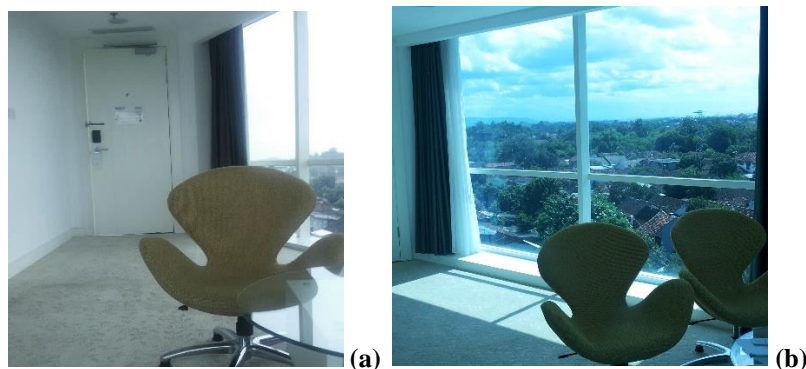
Gambar 4.24 Luas Area Kamar yang Diukur

Sumber: Hasil Analisis

Hasil perhitungan energi panas yang masuk ke dalam kamar hotel ini dibagi sesuai dengan tiga tipe kamar yang telah dijelaskan yaitu *suite room*, *north room* dan *south room*. Namun pengukuran kamar tidak disertai dengan luas kamar mandi karena dalam kamar mandi tidak digunakan AC. Pada masing-masing kamar ini terhitung total energi dalam ruangan di beberapa titik jam sesuai kesepakatan.

4.3.1 Eksisting *Suite Room*

Pada tipe kamar *suite room* kamar berada pada sisi barat bangunan. Pengukuran dilakukan pada lantai 2, 5, 6, 7 dan lantai 8. Kekosongan pada lantai tiga dikerenakan kamar tersebut memiliki penghuni tetap sehingga tidak memungkinkan untuk diukur. Namun hal ini tidak akan berpengaruh banyak karena pada dasarnya bangunan berbentuk tipikal sehingga nilai hasil pengukuran akan di rata-ratakan. Data yang akan disajikan pertama yaitu berupa foto hasil dokumentasi pada tiap jam pengukuran yaitu pukul 6, 9, 12 dan 15 untuk mengetahui seberapa banyak sinar matahari yang masuk ke dalam ruang *suite room*.



Gambar 4.25 Kondisi Sinar Matahari pada *Suite Room* (1)

Sumber: Hasil Dokumentasi

Foto di atas menunjukkan kondisi ruang *suite room* pada pukul (a) enam pagi dan (b) sembilan pagi. Kondisi pada pukul enam pagi menunjukkan bahwa matahari sudah terbit sepenuhnya, terlihat dari bagaimana ruangan tersebut sudah cukup terang tanpa perlu menyalakan lampu. Pada waktu ini belum ada sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan, terlihat pada lantai tidak terdapat adanya hasil pembayangan matahari yang berhasil masuk. Hal ini menyebabkan kondisi ruangan baik dalam segi pencahayaan alaminya. Kemudian ketika pukul sembilan pagi sinar matahari mulai masuk ke dalam ruangan meski belum terlalu banyak tetapi sudah dapat terlihat jelas pembayangannya pada lantai ruangan.



Gambar 4.26 Kondisi Sinar Matahari pada *Suite Room* (2)

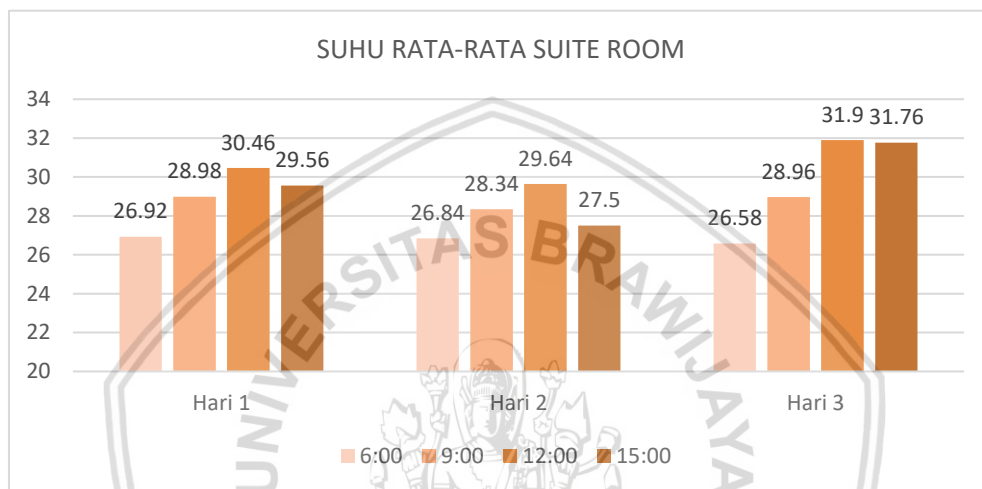
Sumber: Hasil Dokumentasi

Ketika pukul dua belas siang sinar matahari yang masuk ke dalam hampir mirip dengan saat pukul sembilan, terdapat sedikit perbedaan dari segi sudut masuknya cahaya serta intensitas silau yang di dapat. Ditambah juga dari segi suhu ruangan, pada jam tersebut suhu panas mulai mencapai puncaknya. Setelahnya pada pukul tiga sore merupakan waktu dengan intensitas cahaya matahari yang masuk paling banyak. Luasan daerah yang terkena sinar matahari langsung hampir setara dengan luasan dinding kaca kamar. Hal ini tentu disebabkan oleh orientasi kamar yang memiliki sisi yang berhadapan dengan luar bangunan pada arah barat. Dengan kondisi ruangan yang seperti ini pengguna akan cenderung memilih untuk menutup kaca dengan gordin kemudian menyalakan lampu karena ruangan menjadi terlalu gelap. Hal ini membuat biaya operasional untuk listrik menjadi melonjak.

Dari nilai suhu hasil perhitungan di tiap lantainya akan rata-ratakan untuk menjadi satu nilai suhu ruang pada tiap jam pengukuran. Artinya, tiap jam nya akan memiliki nilai suhu rata-rata dari keseluruhan lantai *suite room* pada jam tersebut. Berikut adalah tabel hasil pengukuran lapangan:

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Suhu Pada Suite Room

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2	27,30	28,50	29,50	29,00	26,30	28,00	28,40	27,00	26,20	28,30	31,40	32,60
3												
5	27,50	29,20	30,70	29,90	28,00	28,20	29,40		26,50	28,20	31,80	32,50
6	26,40	29,50	30,70	29,50	27,30	28,20	30,20	28,00	26,60	28,90	31,90	31,70
7	25,50	28,60	31,00	30,10	26,70	28,50	30,20		26,60	29,50	32,20	31,30
8	27,90	29,10	30,40	29,30	25,90	28,80	30,00		27,00	29,90	32,20	30,70
RATA-RATA	26,92	28,98	30,46	29,56	26,84	28,34	29,64	27,50	26,58	28,96	31,90	31,76
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00

**Gambar 4.27 Grafik Suhu Rata-rata Suite Room**

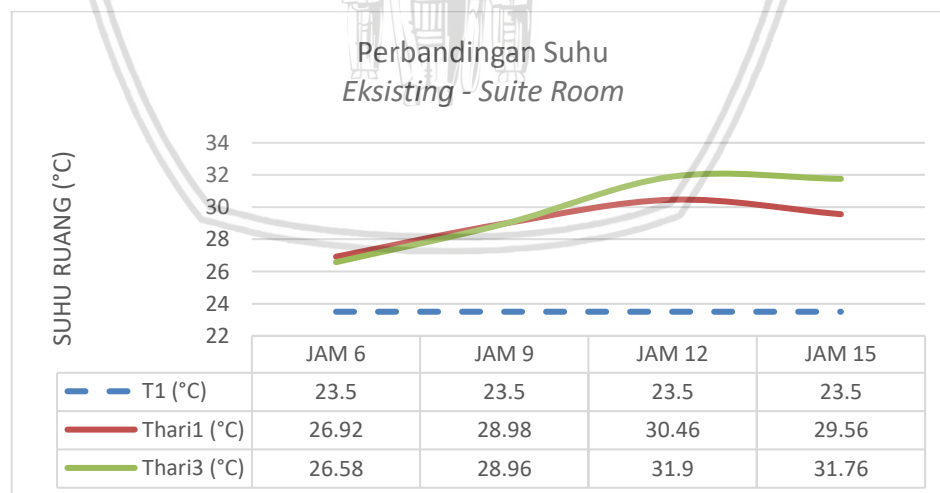
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari pertama, suhu kamar yang terletak menghadap arah barat ini memiliki suhu ruang tertinggi pada saat pukul dua belas siang yaitu sebesar 30,46°C yang terjadi ketika suhu luar bangunan berada pada angka 31,8°C. sedangkan suhu ruang kamar terendah terjadi pada pagi hari pukul enam dengan angka sebesar 26,92°C. Terdapat kenaikan suhu yang cukup tinggi dari pagi hingga pukul dua belas, sedangkan saat menuju jam tiga sore penurunan suhu lebih kecil.

Di hari kedua pengukuran lapangan, suhu ruangan tertinggi berada pada pukul dua belas sebesar 28,34°C ketika suhu pada luar ruangan sebesar 29,5°C. Sedangkan untuk suhu terendah jatuh pada angka 26,84°C di pagi hari pukul enam pagi ketika suhu luar berada pada 28,5°C. Pada pukul tiga sore tidak dapat dihitung dikarenakan langit gelap dengan turunnya hujan deras disertai angin kencang. Karena dalam penelitian ini dibutuhkan keadaan suhu ruangan yang dipengaruhi oleh paparan sinar matahari. Sehingga pengukuran pada hari kedua tidak dapat dimasukkan ke dalam perhitungan.

Pada hari ketiga, hasil pengukuran lapangan menghasilkan data suhu yang paling tinggi diantara hari lainnya. Hal ini karena matahari bersinar lebih terik dari hari. Adapun suhu tertingginya juga terjadi saat pukul dua belas yaitu sebesar 31,9°C yang juga merupakan suhu tertinggi yang di dapat sepanjang pengukuran lapangan. Sedangkan untuk suhu terendah dari kamar ini adalah 26,58°C terjadi saat pukul enam pagi dengan suhu luar yakni 28,1°C. Selisih kenaikan suhu mulai dari pukul enam menuju sembilan mencapai kurang lebih 2,5 derajat. Kemudian perbandingan sebesar tiga derajat terjadi pada pukul sembilan menuju dua belas. Namun ketika menuju jam tiga sore suhu hampir tidak turun yang menunjukkan adanya akumulasi panas yang cukup besar sehingga butuh waktu lebih lama untuk menurunkan suhu.

Kamar ini merupakan kamar yang menghadap ke arah barat dengan sebutan tipe kamar yaitu *lifestyle room*. Kamar ini merupakan kamar dengan luasan paling besar diantara semua tipe kamar dalam hotel. Ruang kamar ini memiliki luas kamar sebesar 44 m² jika dikurangi dengan kamar mandi yang tidak dimasukkan ke dalam area perhitungan. Kamar ini juga memiliki jumlah jendela kaca yang paling banyak jika dibandingkan yang lainnya. Sebelum masuk ke dalam hitungan, perlu diketahui selisih suhu (ΔT) antara suhu dalam ruangan dengan suhu nyaman ideal. Jika disimpulkan ke dalam satu grafik, maka perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu nyaman optimal dapat terlihat:



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang tertera pada grafik diatas, dapat terlihat perbandingan antara suhu eksisting dalam kamar *suite room* dengan suhu nyaman yang diperlukan oleh ruangan tersebut. Ditampilkan bahwa berdasarkan hasil survei, suhu di dalam

ruangan (T) pada hari pertama dan ketiga selalu berada di atas titik suhu nyaman ruangan (T_1). Perbandingan antara keduanya tidak selalu sama karena tergantung oleh suhu serta pancaran sinar matahari dari luar bangunan. Pada pagi hari terlihat selisih suhu yang lebih kecil dikarenakan suhu ruang luar masih belum setinggi pada siang hari. Namun kemudian jarak selisih suhu tersebut melebar hingga ke pukul dua belas siang ketika suhu luar bangunan berada pada puncaknya. Pada pengukuran di hari ketiga terlihat suhu pada pagi hari sempat lebih rendah dari hari pertama namun pada siang harinya suhu ruangan lebih tinggi dibandingkan dengan hari pertama.

Pada hari pertama dan ketiga perbedaan suhu ruangan dengan suhu ideal yang paling kecil ada pada saat pukul enam pagi dengan selisih suhu sebesar $3,14^{\circ}\text{C}$ pada hari pertama dan $3,08^{\circ}\text{C}$ pada hari ketiga pengukuran. Hal ini menunjukkan energi panas yang perlu dikeluarkan dari ruangan tidak akan sebanyak pada waktu lainnya. Sedangkan untuk rentang perbedaan suhu paling besar, baik untuk hari pertama dan ketiga, jatuh pada pukul dua belas siang yaitu secara berurutan bernilai $6,96^{\circ}\text{C}$ dan $8,40^{\circ}\text{C}$. Untuk melihat lebih rinci mengenai perbandingan suhu ruangan dapat dilihat pada lampiran 3.

Untuk melanjutkan ke hitungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelumnya. Sesuai dengan rumus kalor perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara dapat diketahui dengan mengalikan volume ruangan dengan berat jenis material udara. Kamar *suite room* ini memiliki luas ruangan sebesar 44 m^2 dengan tinggi ruang $3,15\text{ m}$ termasuk lantai dan plafon. Dengan begitu maka akan didapatkan volume yaitu sebesar $138,6\text{ m}^3$. Hasil tersebut kemudian dikalikan dengan berat jenis udara yaitu $1,2\text{ kg/m}^3$ yang menghasilkan nilai massa $166,32\text{ kg}$. Untuk nilai c yang mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar $1005\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Adapun sesuai dengan pengukuran lapangan, terdapat data suhu untuk pukul 6, 9, 12 dan 15 yang diambil dari hari pertama dan ketiga pengukuran. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Q hari ke 1&3 – eksisting suite room

HARI 1	Joule	Wh	HARI 3	Joule	Wh
Jam 6	571.658,47	158,79	Jam 6	514.826,93	143,01
Jam 9	915.990,77	254,44	Jam 9	912.647,74	253,51
Jam 12	1.163.375,14	323,16	Jam 12	1.404.073,44	390,02
Jam 15	1.012.938,70	281,37	Jam 15	1.380.672,22	383,52

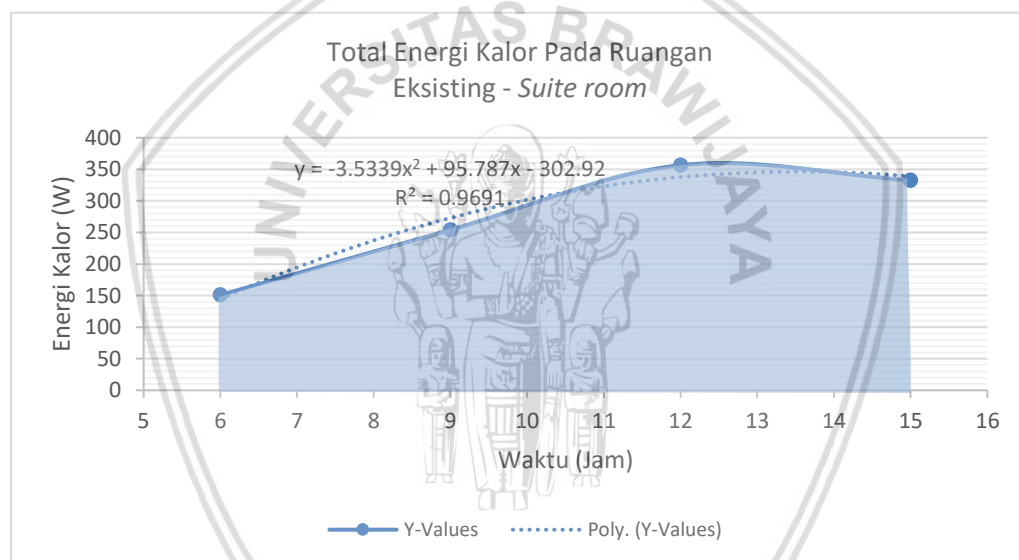
Pada hasil perhitungan di atas dihasilkan jumlah kalor pada sebuah unit ruang kamar *suite room* sesuai dengan waktu dan suhu yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pada hari pertama pengukuran waktu ketika kalor yang berada pada ruangan memiliki nilai tertinggi sebesar 1.163.375,14 J pada pukul dua belas. Sedangkan pada hari ketiga energi kalor tertinggi juga jatuh pada pukul dua belas yaitu sebesar 1.404.073,44 J. Hal ini dikarenakan selisih suhu pada waktu tersebut memiliki nilai yang paling besar dibandingkan waktu lainnya. Sehingga energi kalor yang perlu dikeluarkan menjadi lebih banyak pula.

Seperti yang dapat dilihat pada perhitungan di atas jumlah energi kalor yang dihasilkan ruangan *suite room* berbeda di tiap jamnya. Hal ini dikarenakan jumlah kalor tersebut dipengaruhi oleh besarnya perbedaan suhu yang dalam pembahasan ini adalah perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu nyaman ideal yang diinginkan. Kemudian dari hasil perhitungan yang bernilai satuan Joule akan dirubah kedalam Watt.hour (Wh) sebagai hasil akhirnya. Adapun besar dari 1 Joule adalah sama dengan $2,778 \times 10^{-4}$ Wh. Dikarenakan pada saat pengukuran dilakukan dari pukul enam pagi hingga tiga sore maka dapat ditemukan besaran energi dalam rentang waktu sembilan jam tersebut. Artinya, dapat dicari total energi kalor merupakan hasil kumulatif diantara waktu tersebut. Untuk mengetahui hasil akhirnya diperlukan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk menjumlahkan luas grafik.

Tabel 4.4 Q Rata-rata – eksisting suite room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	543.242,70	150,90	0,151	514,89
Jam 9	914.319,98	253,98	0,254	866,61
Jam 12	1.283.724,29	356,59	0,357	1.216,74
Jam 15	1.196.805,46	332,45	0,332	1.134,35

Dari hasil perhitungan energi (Joule) pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi yaitu pada saat pukul dua belas siang sebesar 356,59 Wh atau sama dengan 1.216,74 BTU. Hal ini disebabkan karena perbedaan suhu awal dengan akhirnya memiliki perbandingan yang paling besar yang artinya semakin banyak energi panas yang perlu dibuang agar bisa menurunkan suhu ruangan tersebut menjadi suhu akhir yang diinginkan. Perhitungan energi ini hanya berlaku jika diasumsikan perubahan suhu ruang tetap stabil tanpa adanya faktor-faktor yang dapat menambah atau mengurangi suhu dalam ruangan. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi menggunakan rumus integral batas tertentu.



Gambar 4.29 Grafik Q Rata-rata—Eksisting *Suite Room*

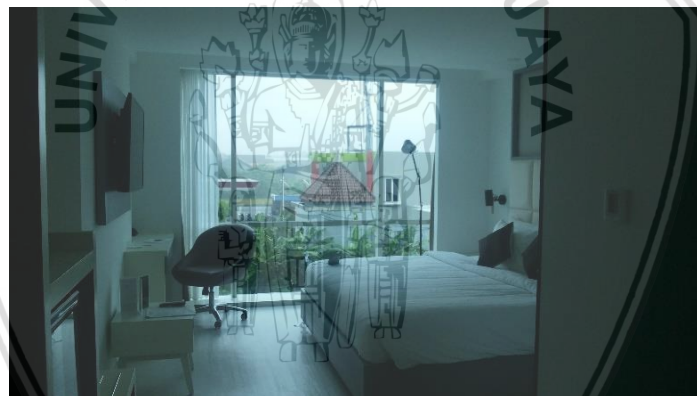
Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik di atas menggambarkan seberapa besar energi kalor yang berada di dalam ruangan dan perlu untuk di buang. Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *suite room* selama rentang waktu pengukuran yaitu mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai dengan yang diukur pada saat survei lapangan. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 2.604,395 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 2.604,395 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu optimal nyaman yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan.

4.3.2 Eksisting *North Room*

Pengukuran pada *north room* atau kamar yang berada pada sisi utara bangunan dilakukan dari lantai tiga sampai lantai delapan. Pada lantai dua tidak dilakukan pengukuran karena pada lantai ini memiliki tipe kamar yang berbeda yaitu *premium room* yang tidak ikut termasuk pada pengukuran dikarenakan kamar tersebut hanya terdapat di dua lantai saja, tidak ada di keseluruhan lantai. Posisi kamar yang diukur tidak selalu sama di tiap lantainya. Hal ini dikarenakan kamar pada hotel sebagian sudah terisi pengunjung yang letak kamarnya berbeda-beda.

Ruang kamar *north room* terletak di dua sisi terpanjang pada bangunan hotel Inside ini, yaitu pada sisi utara serta selatan. Untuk penelitian ini, kamar yang diukur diambil pada sisi utara bangunan. Dengan ruang kamar yang menghadap utara, menunjukkan bahwa kamar tersebut tidak tersinari langsung oleh matahari. Teori tersebut terbukti dari hasil pengamatan lapangan yang menunjukkan bagaimana kondisi ruang ketika siang hari disaat matahari bersinar.



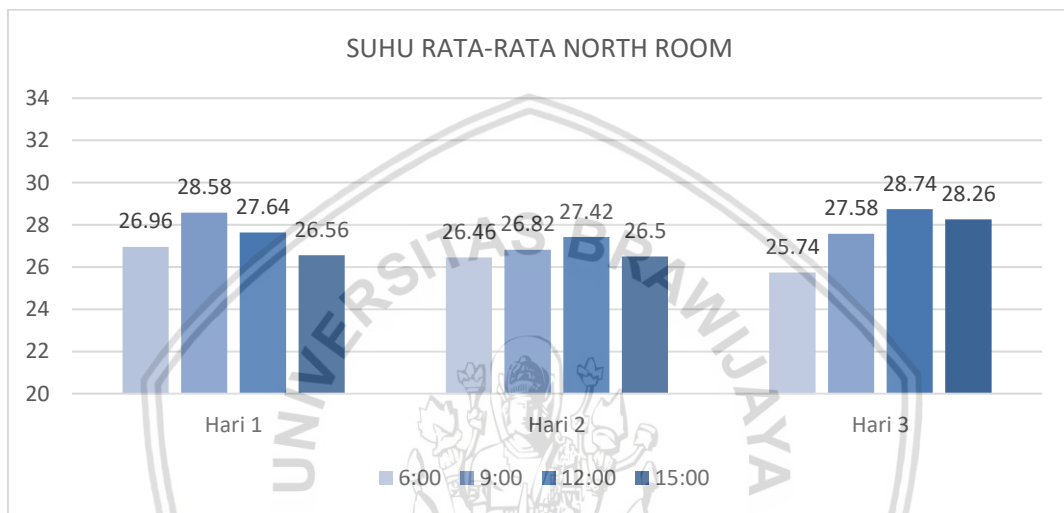
Gambar 4.30 Kondisi Sinar Matahari pada *North Room*

Sumber: Hasil Dokumentasi

Hasil dokumentasi ruang *north room* menunjukkan bagaimana kondisi sinar matahari pada ruang kamar. Meskipun hanya diwakili oleh satu foto saja, namun kurang lebih kondisi kamar pada tiap jamnya hampir sama. Perbedaan dari waktu ke waktunya lebih jatuh kepada terang-gelapnya ruangan akibat pengaruh cahaya matahari tidak langsung. Tidak terdapat paparan cahaya matahari langsung yang masuk ke dalam ruangan menjadikan ruangan tersebut tidak silau, namun dengan begitu sering kali diperlukannya lampu pada siang hari dikarenakan kondisi ruangan yang cenderung remang.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Suhu Pada North Room

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2												
3	26,70	28,00	26,50	27,30	27,50	27,20	26,00	26,50	25,90	26,00	28,30	27,90
5	27,00	28,00	28,20	26,10	26,10	26,00	28,10		25,20	28,10	29,40	28,00
6	26,60	29,20	27,30	26,20	26,40	26,70	27,90		25,60	28,30	29,80	27,90
7	27,10	29,10	28,20	26,00	26,20	27,00	27,20		26,00	27,50	28,00	28,50
8	27,40	28,60	28,00	27,20	26,10	27,20	27,90		26,00	28,00	28,20	29,00
RATA-RATA	26,96	28,58	27,64	26,56	26,46	26,82	27,42	26,50	25,74	27,58	28,74	28,26
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00



Gambar 4.31 Grafik Suhu Rata-rata North

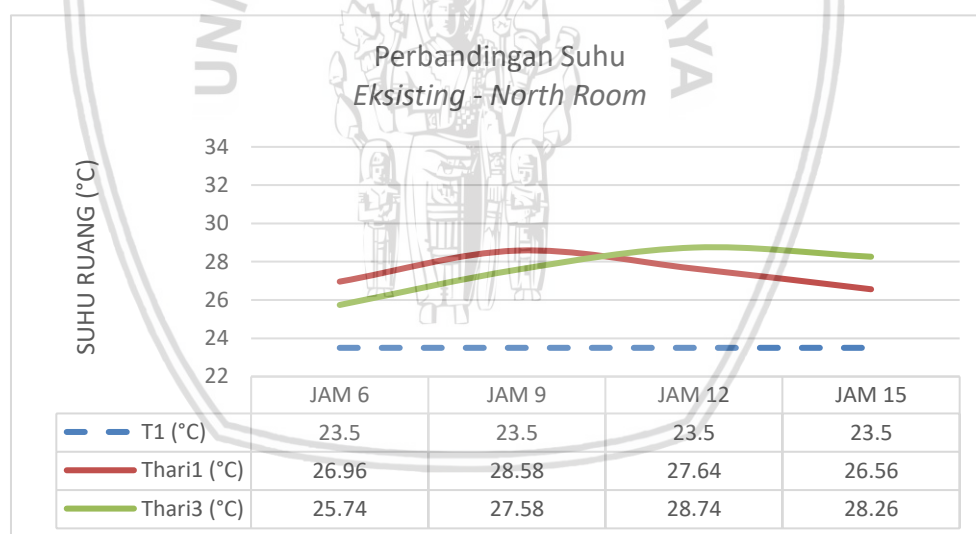
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari pertama, suhu kamar yang terletak menghadap arah utara ini memiliki suhu ruang tertinggi pada saat pukul sembilan pagi yaitu $28,58^{\circ}\text{C}$ ketika suhu luar sedang berada pada titik $29,2^{\circ}\text{C}$. Berbeda dengan suhu tertinggi luar bangunan yang justru terjadi pada pukul dua belas. Berbeda pula dengan ruang *suite room* yang memiliki suhu terpanas saat pukul dua belas. Sedangkan suhu terendah yang didapat pada hari itu adalah $26,56^{\circ}\text{C}$ terjadi pada pukul tiga sore ketika suhu di luar berada pada titik $27,9^{\circ}\text{C}$.

Di hari kedua pengukuran lapangan, suhu ruangan tertinggi berada pada pukul dua belas siang dengan angka $27,42^{\circ}\text{C}$ ketika suhu luar sebesar $29,5^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu terendah pada hari itu jatuh pada titik $26,46^{\circ}\text{C}$. Naik dan turunnya suhu pada hari ini tidak terlalu banyak terasa. Rata-rata selisih tidak ada yang mencapai satu derajat celsius. Namun sayangnya pengukuran pada hari ini tidak valid seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Seperti yang dikatakan sebelumnya, pengukuran pada hari ketiga merupakan pengukuran dengan tingkat paling efektif. Di hari ketiga, suhu ruangan tertinggi mencapai angka 28,74°C pada pukul dua belas siang dengan suhu luar yang tingginya mencapai angka 36°C. Adapun suhu terendah yang terjadi jatuh pada titik 25,74°C ketika pukul enam pagi. Secara keseluruhan jika dibandingkan suhu *suite room*, kamar ini memiliki suhu yang lebih rendah.

Kamar ini merupakan kamar yang menghadap ke arah utara dengan sebutan tipe kamar yaitu *studio room*. Kamar model ini memiliki ukuran ruangan yang paling kecil diantara yang lainnya. Memiliki luas kamar sebesar 23 m² jika dikurangi dengan luasan kamar mandi yang tidak termasuk dalam perhitungan. Dinding kaca penuh selebar ruangan terletak menghadap ke arah luar yaitu di sisi utara merupakan akses pemandangan menuju luar bangunan. Sebelum masuk ke dalam hitungan, perlu diketahui selisih suhu (ΔT) antara suhu dalam ruangan dengan suhu nyaman ideal. Jika disimpulkan ke dalam satu grafik, maka perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu nyaman optimal dapat terlihat sebagai berikut:



Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; North Room

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang tertera pada grafik diatas, dapat terlihat perbandingan antara suhu eksisting dalam kamar *north room* dengan suhu nyaman yang diperlukan oleh ruangan tersebut. Perbandingan antara keduanya tidak selalu sama karena tergantung oleh suhu serta pancaran sinar matahari dari luar bangunan. Pada ruang kamar *north room* ini terjadi perbedaan titik suhu terendah dan tertinggi ruang pada hari pertama dan ketiga seperti yang telah dibahas sebelumnya. Seperti yang terlihat pada grafik hari pertama suhu tertinggi jatuh pada pukul sembilan sedangkan pada hari ketiga

jatuh pada pukul dua belas siang. Saling bersilangan, pada hari pertama suhu terendah terletak saat pukul tiga sore berbeda dengan hari ke tiga yang memiliki suhu ruang terendah pada saat pukul enam pagi.

Pada hari pertama perbedaan suhu ruangan dengan suhu ideal yang paling kecil ada pada saat pukul tiga sore dengan selisih suhu sebesar $3,06^{\circ}\text{C}$. Berbeda dengan hari ketiga yang h jatuh pada pukul enam pagi dengan nilai sebesar $2,24^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk rentang perbedaan suhu paling besar pada hari pertama terjadi ketika pukul sembilan yaitu sebesar $5,08^{\circ}\text{C}$. Pada hari ketiga selisih suhu tertinggi sebesar $5,24^{\circ}\text{C}$ justru terjadi pada saat pukul dua belas siang.

Untuk melanjutkan ke hitungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelumnya. Sesuai dengan rumus kalor perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Kamar *north room* ini memiliki luas ruangan sebesar 23 m^2 dengan tinggi ruang sebesar $3,15\text{ m}$ termasuk lantai dan plafon. Dengan begitu maka akan didapatkan volume yaitu sebesar $v = 23\text{ m}^2 \times 3,15\text{ m} = 72,45\text{ m}^3$. Hasil tersebut kemudian dikalikan dengan berat jenis udara dengan angka $1,2\text{ kg/m}^3$ yang menghasilkan nilai sebesar $m = 72,45\text{ m}^3 \times 1,2\text{ kg/m}^3 = 86,94\text{ kg}$. Untuk nilai c yang mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar $1005\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Adapun sesuai dengan pengukuran lapangan, terdapat data suhu untuk pukul 6, 9, 12 dan 15 yang diambil dari hari pertama dan ketiga pengukuran. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.6 Q Hari Ke 1&3 – Eksisting *North Room*

HARI 1	Joule	Wh	HARI 3	Joule	Wh
Jam 6	302316,46	83,98	Jam 6	195719,33	54,37
Jam 9	443863,48	123,30	Jam 9	356488,78	99,02
Jam 12	361731,26	100,48	Jam 12	457843,43	127,18
Jam 15	267366,58	74,27	Jam 15	415903,57	115,53

Pada perhitungan di atas dihasilkan jumlah kalor pada sebuah unit ruang kamar *north room* sesuai dengan waktu dan suhu yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pada hari pertama jumlah tertinggi kalor yang berada pada ruangan memiliki nilai sebesar $361.731,26\text{ J}$ pada pukul dua belas. Sedangkan pada hari ketiga energi

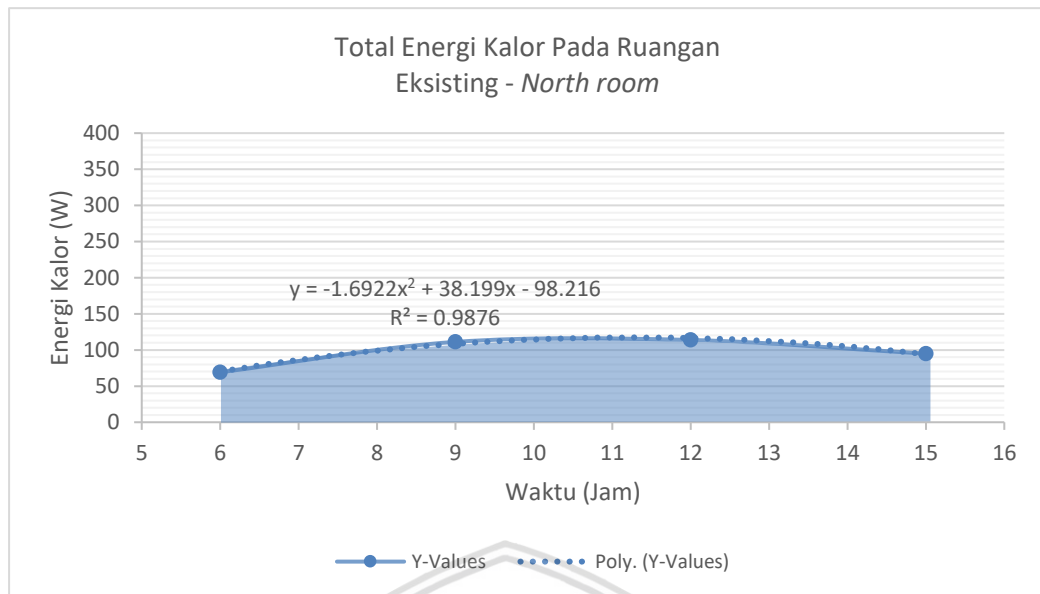
kalor tertinggi adalah sebesar 457.843,43 J yang juga terjadi pada pukul dua belas. Hal ini dikarenakan selisih suhu pada waktu tersebut memiliki nilai yang paling besar dibandingkan waktu lainnya. Sehingga energi kalor yang perlu dikeluarkan menjadi lebih banyak pula.

Seperti yang dapat dilihat pada perhitungan di atas jumlah kalor yang dihasilkan ruangan *north room* berbeda di tiap jamnya. Kemudian dari hasil perhitungan yang bernilai satuan Joule akan dirubah kedalam Watt.hour (Wh) sebagai hasil akhirnya. Adapun besar dari 1 Joule adalah $2,778 \times 10^{-4}$ Wh. Dikarenakan pada saat pengukuran dilakukan dari pukul enam pagi hingga tiga sore maka dapat ditemukan besaran energi dalam rentang waktu sembilan jam tersebut. Supaya mempermudah dalam menghitung, berikut adalah tabel untuk membantu hasil perhitungan yang akan dilakukan:

Tabel 4.7 Q Rata-Rata – Eksisting North Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	249017,90	69,17	0,069	236,02
Jam 9	400176,13	111,16	0,111	379,29
Jam 12	409787,34	113,83	0,114	388,40
Jam 15	341635,08	94,90	0,095	323,81

Dari hasil perhitungan rata-rata energi (Joule) pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi yaitu pada saat pukul dua belas siang sebesar 113,83 Wh atau sama dengan 388,40 BTU. Hasil tersebut merupakan akumulasi dari kedua hari yang diujikan dalam pembahasan ini. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan energi ini hanya berlaku jika diasumsikan perubahan suhu ruang tetap stabil tanpa adanya faktor-faktor yang dapat menambah atau mengurangi suhu dalam ruangan. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu.



Gambar 4.33 Grafik Q Rata-rata—Eksisting North Room

Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik di atas menggambarkan seberapa besar energi kalor yang berada di dalam ruangan dan perlu untuk di buang. Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* selama rentang waktu pengukuran yaitu mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai dengan yang diukur pada saat survei lapangan. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 943,975 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 943,975 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu optimal nyaman yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan.

4.3.3 Eksisting South Room

Kamar *south room* ini sesuai namanya, merupakan kamar yang memiliki sisi selatan yang menghadap ke luar. Namun pengukuran tidak dapat dilakukan pada lantai lima dikarenakan kamar dengan tipe *loft room* ini sedang ditinggali tamu hotel sehingga pengukuran hanya bisa dilakukan pada lantai 2, 3, 6, 7, 8 saja.



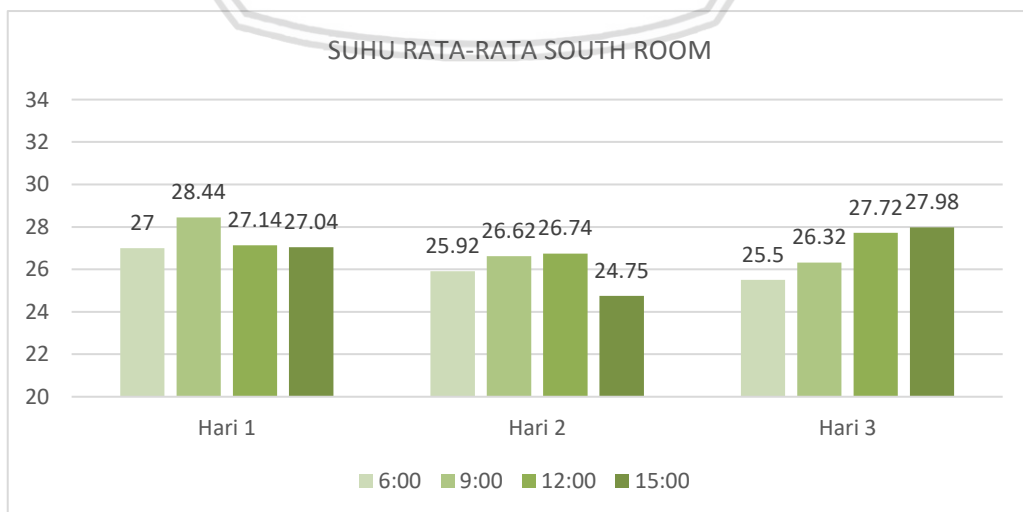
Gambar 4.34 Kondisi Sinar Matahari pada South Room

Sumber: Hasil Dokumentasi

Pada kamar yang menghadap ke arah selatan ini, luas dinding kaca yang dimiliki merupakan yang paling sedikit diantara kamar lainnya. Dengan orientasinya pula menyebabkan tidak banyak sinar matahari yang memancar langsung masuk ke dalam ruangan. Secara umum dari pagi hingga sore hari sangat minim terjadi pembayangan karena sinar matahari. Sama seperti pada *north room* perbedaan pada tiap jam nya terlihat dari terang atau gelapnya ruangan yang disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang masuk.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Suhu Pada South Room

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2	26,10	28,10	26,90	27,10	26,00	26,30	25,90	24,00	24,90	25,60	27,20	27,40
3	27,20	28,10	27,10	27,00	26,00	26,30	26,00		25,40	25,70	27,60	27,20
5												
6	27,40	28,70	27,10	26,70	26,10	26,40	26,50	25,50	25,10	26,90	28,00	28,00
7	27,00	28,60	27,50	27,50	26,00	27,00	27,40		25,90	26,40	27,80	28,30
8	27,30	28,70	27,10	26,90	25,50	27,10	27,90		26,20	27,00	28,00	29,00
RATA-RATA	27,00	28,44	27,14	27,04	25,92	26,62	26,74	24,75	25,50	26,32	27,72	27,98
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00



Gambar 4.35 Grafik Suhu Rata-rata South Room

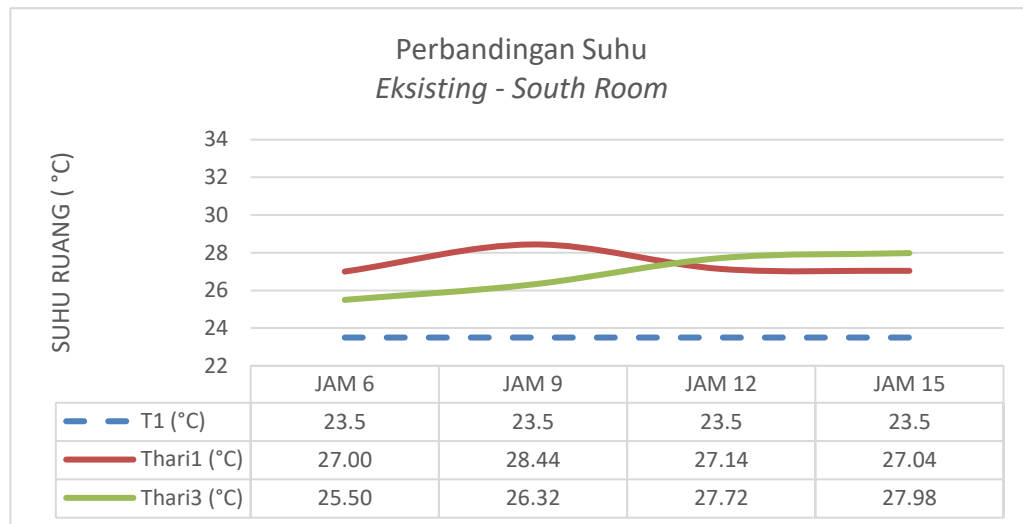
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari pertama, suhu kamar yang terletak menghadap arah barat ini memiliki suhu ruang tertinggi pada saat pukul sembilan pagi yaitu sebesar 28,44°C. Suhu tertinggi tersebut terjadi disaat suhu luar bangunan berada pada angka 29,2°C. Untuk suhu terendahnya jatuh pada 27,00°C ketika pukul enam pagi dimana pada hari pertama ini suhu pukul tiga sore kembali sama seperti pada pagi hari.

Di hari kedua pengukuran lapangan, suhu ruangan tertinggi berada pada pukul dua belas siang yaitu sebesar 26,74°C ketika suhu luar bangunan berada pada angka 29,5°C. Sedangkan untuk suhu terendahnya jatuh pada angka 24,75°C di sore hari pukul tiga dengan suhu luarnya 27,90°C. Ini menunjukkan bahwa ruang *south room* paling banyak terpengaruh oleh perubahan suhu yang disebabkan oleh hujan karena suhu tersebut merupakan suhu terendah pada hari kedua dibanding ruang lain.

Seperti yang dikatakan sebelumnya, pengukuran pada hari ketiga merupakan pengukuran dengan tingkat paling efektif. Suhu tertinggi yang di dapatkan pada hari ketiga yaitu 27,98°C terjadi pada pukul tiga sore. Suhu tertinggi ruangan terjadi ketika suhu luar berada pada angka 33°C yang merupakan suhu tertinggi kedua dari keseluruhan waktu pengukuran. Sedangkan untuk suhu terendah dari kamar di sisi selatan ini adalah 25,5°C terjadi saat pukul enam pagi dengan suhu luar yakni 28,1°C.

Kamar ini merupakan kamar yang menghadap ke arah selatan dengan sebutan tipe kamar yaitu *loft room*. Kamar model ini memiliki ukuran yang besarnya di antara *suite room* dan *north room*. Kamar ini memiliki luas sebesar 30 m² jika luasan kamar mandi yang tidak termasuk dalam perhitungan tidak dihitung. Dinding yang menghadap ke arah luar bangunan tidak semuanya terselubungi oleh kaca. Hanya sebagian yang memiliki dinding kaca sepenuhnya, ditambah dengan jendela kecil di dinding lainnya. Sebelum masuk ke dalam hitungan, perlu diketahui selisih suhu (ΔT) antara suhu dalam ruangan dengan suhu nyaman ideal. Jika disimpulkan ke dalam satu grafik, maka perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu nyaman optimal dapat terlihat sebagai berikut:



Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Suhu Nyaman & Ruang; south Room

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang tertera pada grafik diatas, dapat terlihat perbandingan antara suhu eksisting dalam kamar *south room* dengan suhu nyaman yang diperlukan oleh ruangan tersebut. Perbandingan antara keduanya tidak selalu sama karena tergantung oleh suhu serta pancaran sinar matahari dari luar bangunan. Pada ruang kamar *south room* ini terjadi perbedaan titik suhu terendah dan tertinggi ruang pada hari pertama dan ketiga seperti yang telah dibahas sebelumnya. Pada hari pertama suhu di pagi hari lebih tinggi dibandingkan suhu pada sore hari. Sedangkan di hari ketiga suhu pada pagi hari lebih rendah dan perlahan naik ketika menuju siang sampai sore.

Pada hari pertama perbedaan suhu ruangan dengan suhu ideal yang paling rendah terjadi pada saat pukul enam pagi sama dengan hari ketiga dengan selisih suhu secara berurutan sebesar sebesar 3,50°C dan 2,00°C. semakin kecil selisih perbedaan suhu ruang dengan suhu ideal dapat diartikan bahwa semakin kecil pula energi panas yang perlu dibuang dari dalam ruangan. Sedangkan untuk rentang perbedaan suhu paling besar pada hari pertama terjadi ketika pukul sembilan yaitu sebesar 4,94°C. Pada hari ketiga selisih suhu tertinggi tercatat sebesar 4,28°C justru terjadi pada saat pukul tiga sore.

Kamar *south room* ini memiliki luas ruangan sebesar 30 m² dengan tinggi ruang sebesar 3,15 m termasuk lantai dan plafon. Dengan begitu maka akan didapatkan volume yaitu sebesar $v = 30 \text{ m}^2 \times 3,15 \text{ m} = 94,50 \text{ m}^3$. Hasil tersebut kemudian dikalikan dengan berat jenis udara dengan angka 1,2 kg/m³ yang menghasilkan nilai sebesar $m = 94,50 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 113,40 \text{ kg}$. Untuk nilai c yang

mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Adapun sesuai dengan pengukuran lapangan, terdapat data suhu untuk pukul 6, 9, 12 dan 15 yang diambil dari hari pertama dan ketiga pengukuran. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.9 Q Hari Ke 1&3 – Eksisting South Room

HARI 1	Joule	Wh	HARI 3	Joule	Wh
Jam 6	398884,50	110,80	Jam 6	227934,00	63,32
Jam 9	562996,98	156,39	Jam 9	321386,94	89,27
Jam 12	414839,88	115,23	Jam 12	480940,74	133,59
Jam 15	403443,18	112,07	Jam 15	510572,16	141,83

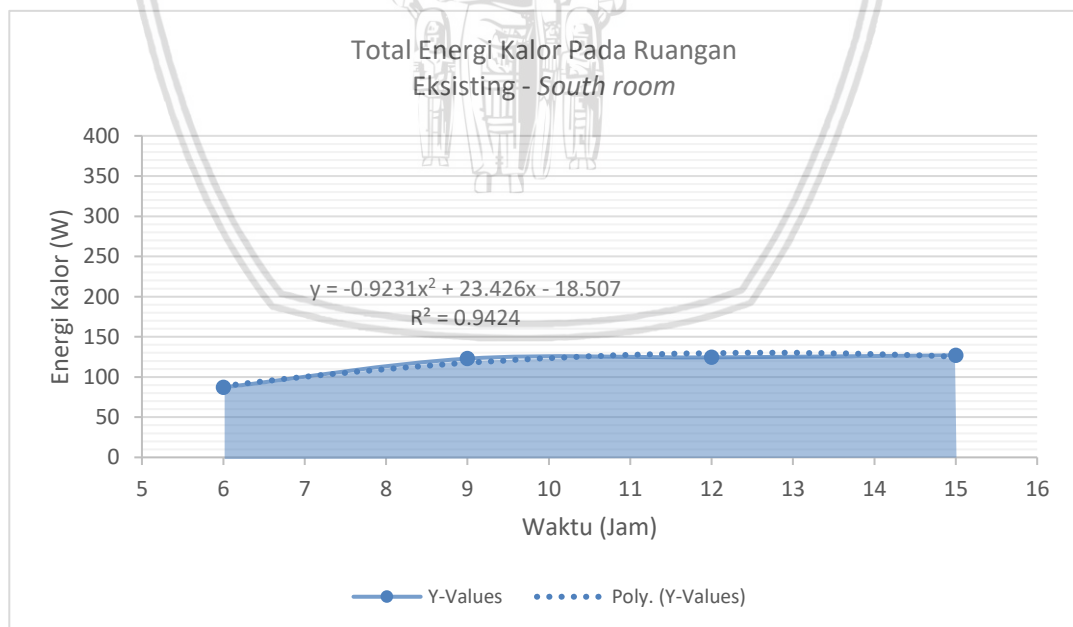
Pada perhitungan di atas dihasilkan jumlah kalor pada sebuah unit ruang kamar *south room* sesuai dengan waktu dan suhu yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pada hari pertama jumlah tertinggi kalor yang berada pada ruangan memiliki nilai sebesar $562.996,98 \text{ J}$ terhitung pada pukul sembilan pagi, berbeda dari kedua ruang lainnya. Sedangkan pada pukul tiga sore di hari ketiga, energi kalor tertinggi terhitung sebesar $510.572,16 \text{ J}$ yang juga terjadi pada pukul dua belas. Hal ini dikarenakan selisih suhu pada waktu tersebut memiliki nilai yang paling besar dibandingkan waktu lainnya. Sehingga energi kalor yang perlu dikeluarkan menjadi lebih banyak pula.

Seperti yang dapat dilihat pada perhitungan di atas jumlah kalor yang dihasilkan ruangan *south room* berbeda di tiap jamnya. Kemudian dari hasil perhitungan yang bernilai satuan Joule akan dirubah kedalam Watt.hour (Wh) sebagai hasil akhirnya. Adapun besar dari 1 Joule adalah $2,778 \times 10^{-4} \text{ Wh}$. Dikarenakan pada saat pengukuran dilakukan dari pukul enam pagi hingga tiga sore maka dapat ditemukan besaran energi dalam rentang waktu sembilan jam tersebut. Supaya mempermudah dalam menghitung, berikut adalah tabel untuk membantu hasil perhitungan yang akan dilakukan:

Tabel 4.10 Q Rata-Rata – Eksisting South Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	313409,25	87,06	0,0871	297,05
Jam 9	442191,96	122,83	0,1228	419,12
Jam 12	447890,31	124,41	0,1244	424,52
Jam 15	457007,67	126,95	0,1269	433,16

Dari hasil perhitungan rata-rata energi (Joule) pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore dengan nilai sebesar 126,95 Wh atau sama dengan 433,16 BTU. Hasil tersebut merupakan akumulasi dari kedua hari yang diujikan dalam pembahasan ini. Meskipun pada hari pertama suhu pagi hari cukup tinggi, namun jika dirata-ratakan dengan hari ketiga yang memiliki suhu rendah pada pagi harinya, menjadikan suhu rata-ratanya tidak setinggi suhu rata-rata pada pukul tiga sore. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan energi ini hanya berlaku jika diasumsikan perubahan suhu ruang tetap stabil. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi.

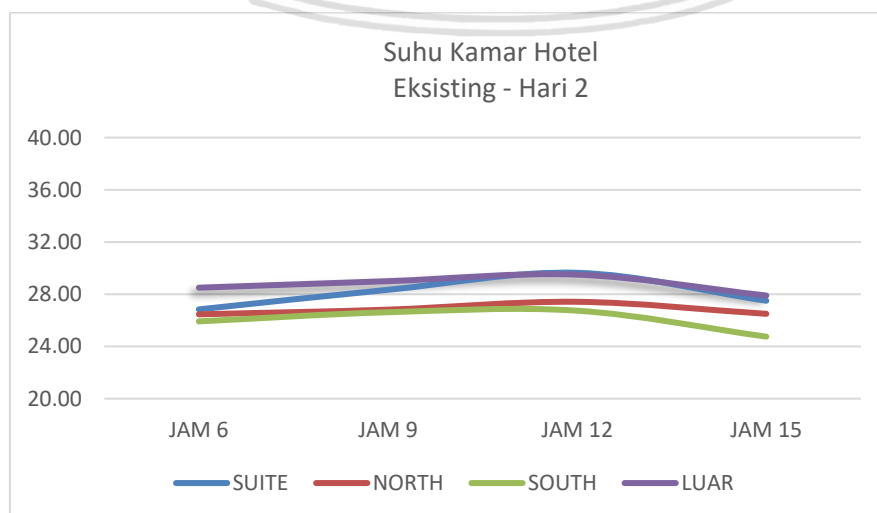
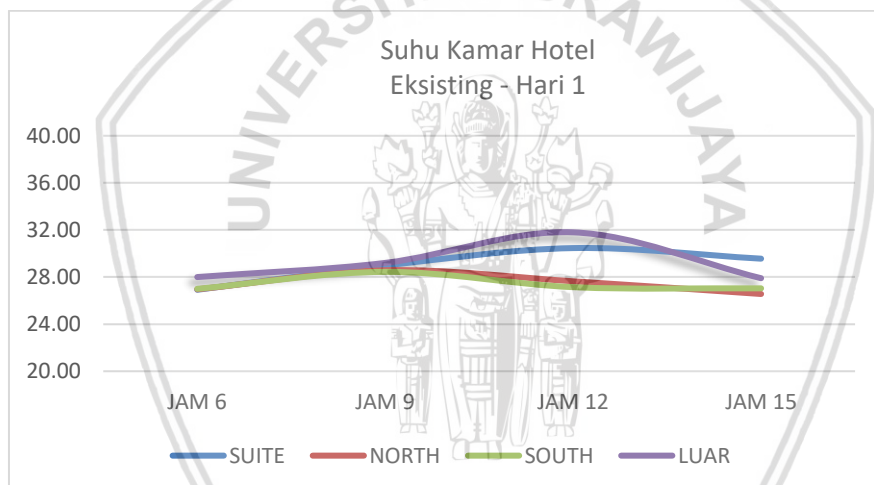
**Gambar 4.37 Grafik Q Rata-Rata—Eksisting North Room**

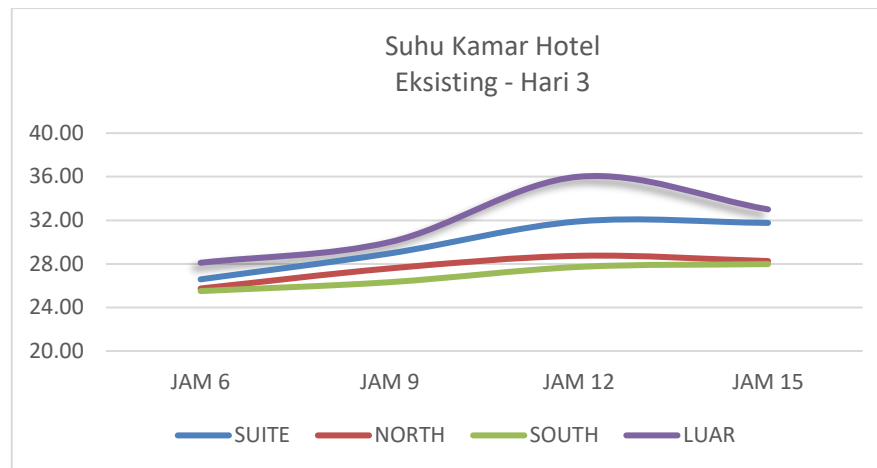
Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik di atas menggambarkan seberapa besar energi kalor yang berada di dalam ruangan dan perlu untuk di buang. Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *south room* selama rentang

waktu pengukuran yaitu mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai dengan yang diukur pada saat survei lapangan. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.075,17 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.075,17 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu optimal nyaman yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

Berikut ini akan ditunjukkan data tabel pengukuran yang diubah menjadi bentuk grafik. Pada grafik tersebut dapat terlihat secara keseluruhan suhu rata-rata yang didapatkan dari ruang kamar *suite room*, *north room* dan juga *south room*. Pengelompokan grafik dibagi menjadi tiga sesuai dengan hari pengukuran pertama, kedua dan ketiga.





Gambar 4.38 Grafik Suhu Eksisting Hari 1, 2 & 3

Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik juga terlihat bagaimana pergerakan perubahan suhu mulai dari pagi hari sampai ke sore hari. Dimulai dari pukul enam pagi rata-rata tiap tipe kamar memiliki suhu yang tidak terlalu berbeda jauh antara satu sama lain, bahkan dengan suhu di luar. Kemudian mulai pukul sembilan kenaikan suhu mulai terasa. Kenaikan suhu yang terjadi berkisar dibawah satu hingga dua atau lebih derajat celcius dari pukul enam pagi. Hingga pada akhirnya puncak suhu tertinggi rata-rata terjadi pada pukul dua belas siang. Selisih suhu jika dibandingkan dengan pukul enam pagi ada yang dapat mencapai tiga sampai empat derajat celcius meskipun tidak semuanya. Sehingga bisa diperkirakan kenaikan suhu yang terjadi setiap interval tiga jam dapat berkisar dari nol sampai dua derajat. Setelah itu suhu kembali turun sampai sampai pukul tiga sore. Namun pada hari kedua pergerakan grafik suhu tidak naik drastis dan lebih rendah dibandingkan kedua hari lainnya. Seperti yang dijelaskan sebelumnya ini dikarenakan kondisi cuaca pada hari itu mendung dan hujan deras dari siang hingga sore harinya. Menyebabkan data pada hari kedua tidak sesuai untuk dimasukkan dalam pembahasan.

Dapat dilihat dari hasil grafik secara umum dari hasil pengukuran lapangan, suhu pada luar bangunan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di dalam ruang kamar. Sedangkan dari kondisi ruangan kamar dalam bangunan yang tertutup rapat, seharusnya suhu dalam kamar lebih tinggi dibandingkan suhu di luar. Ini dikarenakan perpindahan panas ke dalam ruangan tidak dapat di alirkan keluar lagi. Namun seperti yang terlihat pada grafik, suhu luar justru lebih tinggi dibandingkan suhu di dalamnya.

Terdapat beberapa kemungkinan yang dapat menyebabkan hal ini. Salah satunya yaitu bangunan hotel Ininside tersebut merupakan hotel yang telah beroperasi, sehingga AC

dalam bangunan tersebut tentu dinyalakan dan beroperasi sepanjang hari, terutama pada koridor serta pada area publik seperti pada lantai satu. Selain itu, pengguna kamar hotel juga akan menyalakan pendingin ruangnya. Sehingga secara keseluruhan bangunan, suhu dinding-dindingnya juga ikut menurun yang turut mempengaruhi suhu pada kamar yang di ukur. Alasan lain adalah penggunaan AC sentral pada kamar hotel. Meskipun ruang kamar yang diukur sudah dikondisikan dengan dimatikannya pendingin ruangan dari sebelum hari pengukuran, namun sistem AC sentral memungkinkan adanya pertukaran udara yang terus berputar meskipun AC tersebut dimatikan. Sehingga udara pada kamar tetap mengalami pertukaran yang dapat memungkinkan menurunnya suhu ruang.

Dari ketiga hari pengukuran, terlihat bahwa rata-rata suhu ruang yang paling tinggi berada pada ruang *suite room*. Luas ruang ini memang merupakan yang paling besar sehingga volume udara di dalamnya pun akan lebih besar, namun faktor utama penyebabnya yaitu banyaknya dinding kaca yang menghadap ke luar bangunan sehingga lebih mempermudah panas untuk masuk. Lebih tepatnya lagi dinding kaca tersebut menghadap ke arah barat dimana pada sore harinya sinar matahari langsung banyak masuk menembus ruangan.

Supaya hasil perhitungan untuk penelitian ini dapat lebih baik, maka dengan beberapa pertimbangan data yang akan digunakan menjadi patokan adalah data pengukuran suhu pada hari pertama dan ketiga survei lapangan. Pemilihan ini bertujuan agar perhitungan yang dilakukan dapat lebih sesuai dengan aspek-aspek yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Alasan terpilihnya hari ke satu dan ke tiga sebagai data utama adalah karena pada hari pengukuran tersebut, kondisi lapangan sesuai dengan yang dibutuhkan yaitu matahari bersinar terang, bahkan cenderung terik dan panas, serta langit cerah tanpa awan mendung.

Tabel 4.11 Suhu Keseluruhan Pada Hari ke-1

HARI KE 1	SUITE	NORTH	SOUTH	SUHU LUAR
JAM 6	26,92	26,96	27,00	28,00
JAM 9	28,98	28,58	28,44	29,20
JAM 12	30,46	27,64	27,14	31,80
JAM 15	29,56	26,56	27,04	27,90
RATA-RATA	28,98	27,44	27,41	29,23

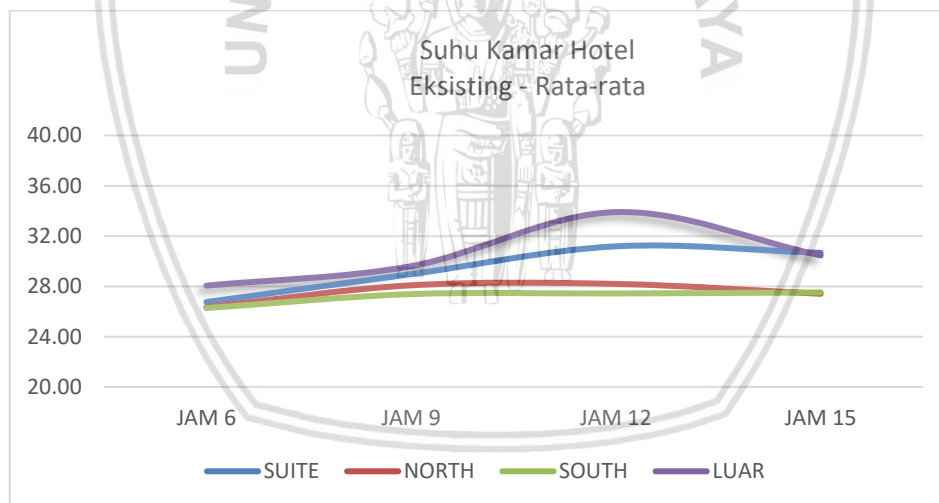
Tabel 4.12 Suhu Keseluruhan Pada Hari ke-3

HARI KE 3	SUITE	NORTH	SOUTH	SUHU LUAR
JAM 6	26,58	25,50	25,50	28,10
JAM 9	28,96	26,32	26,32	30,00
JAM 12	31,90	27,72	27,72	36,00
JAM 15	31,76	27,98	27,98	33,00
RATA-RATA	29,80	26,88	26,88	31,78

Tabel 4.13 Suhu Rata-rata Pada Hari ke 1&3

HARI 1 & 3	SUITE	NORTH	SOUTH	SUHU LUAR
JAM 6	26,75	26,35	26,25	28,05
JAM 9	28,97	28,08	27,38	29,60
JAM 12	31,18	28,19	27,43	33,90
JAM 15	30,66	27,41	27,51	30,45
RATA-RATA	29,39	27,51	27,14	30,50

Seperti yang terlihat pada tabel rata-rata di atas, label merah menandakan nilai suhu tertinggi di setiap harinya, sedangkan sebaliknya label biru merupakan titik suhu terendah. Dapat dilihat dari tabel, kamar *suite room* sebagai kamar yang menghadap ke arah barat ini memiliki nilai suhu ruangan yang paling tinggi dibandingkan dengan dua kamar lainnya. Suhu tertinggi yang dicapai ruang kamar *suite room* adalah 31,18°C yang terjadi di siang hari pukul dua belas di hari ketiga pengukuran. Suhu luar bangunan pada saat itu yang sebesar 33,90°C juga merupakan suhu luar tertinggi pada hari tersebut. Berbeda dengan kamar *north* dan *south* yang dapat memiliki perbedaan suhu sampai satu atau dua derajat lebih rendah jika dibandingkan dengan *suite room*. Salah satu penyebabnya yaitu karena orientasi kamar-kamar tersebut tidak sepenuhnya kontak langsung dengan sinar matahari.



Gambar 4.39 Grafik Suhu Eksisting Kamar Rata-rata Hari 1&3

Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik di atas digambarkan suhu-suhu ruangan dan luar ruangan sesuai dengan hasil survei. Garis berwarna ungu mewakili suhu untuk ruang luar atau lingkungan yang juga memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu ruangnya terutama di siang hari sekitar pukul dua belas. Di pagi hari rata-rata suhu di dalam dan di luar ruangan tidak nampak terlalu jauh. Pada grafik juga terlihat garis berwarna biru yang mewakili suhu pada ruang *suite room*. dibandingkan dengan dua garis lainnya yaitu pada *north* dan *south*, garis *suite room* memiliki besaran suhu yang paling tinggi mendekati suhu pada luar bangunan.

Setelah dilakukan pengukuran energi kalor pada tiap ruangan dapat terlihat bagaimana pengaruh tingginya suhu ruangan terhadap energi panas yang perlu dibuang dari dalam kamar. Untuk membuang energi panas ini perlu adanya pendingin ruangan yaitu *air conditioner* (AC) agar pengguna ruangan merasa nyaman. Karena menurut hukum azas black yaitu $Q_{lepas} = Q_{terima}$ yang artinya perhitungan kalor yang sudah dilakukan dapat juga diartikan sebagai total energi yang perlu dikerahkan untuk menurunkan suhu ruangan menjadi suhu ideal yang nyaman dalam rentang waktu yang telah dibahas, dengan nilai suhu optimal sesuai kesepakatan sebesar $23,5^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.14 Rangkuman Q Rata-Rata – Eksisting

Waktu	<i>Suite Room</i>		<i>North Room</i>		<i>South Room</i>	
	Wh	BTU	Wh	BTU	Wh	BTU
Jam 6	150,90	514,89	69,17	236,02	87,06	297,05
Jam 9	253,98	866,61	111,16	379,29	122,83	419,12
Jam 12	356,59	1.216,74	113,83	388,40	124,41	424,52
Jam 15	332,45	1.134,35	94,90	323,81	126,95	433,16
Total (9 jam)	2.604,395	8.886,56	943,974	3.220,97	1.075,170	3.668,63

Dari tabel tersebut dapat diketahui energi yang perlu dikerahkan oleh AC selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu ideal. Sedangkan untuk mengetahui kapasitas AC, maka hasil energi dengan satuan BTU dapat digunakan untuk mengetahui besar PK AC yang diperlukan. Namun perlu adanya penyesuaian dikarenakan satuan BTU merupakan akumulasi energi dari hasil beberapa jam, yang artinya satuan tersebut perlu di bagi dengan jumlah waktu (jam) lama penggunaannya. Sehingga dihasilkan tabel berikut:

Tabel 4.15 Total Energi AC - Eksisting

Kamar	kWh	BTU	BTU/h (9)
Suite	2,604	8.886,56	987,40
North	0,944	3.220,98	357,89
South	1,075	3.668,63	407,63

Tabel di atas menunjukkan total penggunaan energi AC pada siang hari di tiap kamar hotel yang telah di konversikan pada satuan yang digunakan untuk menghitung biaya dan kapasitas AC yang diperlukan. Hasil nilai BTU/h pada tiap kamar terhitung kecil, sehingga tiap kamar hanya memerlukan AC dengan $\frac{1}{2}$ PK yang mampu menampung daya sampai 5000 BTU/h. Kemudian berdasarkan nilai biaya listrik PLN untuk bangunan hotel, didapatkan biaya sebesar 1.467,28 Rupiah per kWhnya. Sehingga total biaya listrik khusus untuk AC pada tiap kamarnya dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Tabel 4.16 Biaya Listrik AC Tiap Kamar - Eksisting

Kamar	kWh	Biaya (9 jam)	Per bulan
Suite	2,604	3.821,38	114.641,30
North	0,944	1.385,08	41.552,27
South	1,075	1.577,58	47.327,26

Tabel diatas menunjukkan bahwa seiring dengan tingginya energi panas yang perlu dibuang, maka semakin tinggi juga akumulasi biaya yang perlu dikeluarkan untuk menutupinya. Dapat dilihat bahwa *suite room* menghabiskan biaya paling banyak pada sebuah unit kamarnya yaitu sebesar Rp 114.641,30 /bulan untuk per kamarnya. Perlu ditekankan bahwa perhitungan biaya ini merupakan perhitungan prediksi dikarenakan energi yang dihitung hanya mencakup pada 9 jam waktu pengukuran pada siang hari, bukan untuk satu hari penuh. Total biaya tersebut adalah biaya penggunaan listrik khusus untuk AC tiap tipe ruang kamar dengan ruangan yang dikondisikan kosong. Biaya perbulan yang dimaksud merupakan biaya yang digunakan pada sembilan jam hasil pengukuran di setiap harinya selama satu bulan. Adapun jika dihitung total biaya AC untuk keseluruhan kamar yang ada di hotel maka akan menghasilkan biaya sebesar:

Tabel 4.17 Total Biaya Listrik AC Seluruh Kamar - Eksisting

Kamar	Jumlah Kamar	Biaya 1 kamar (Rp/9jam)	Per hari (Rupiah)	Per bulan (Rupiah)
Suite	6	3.821,38	22.928,26	687.847,81
North	229	1.385,08	317.182,32	9.515.469,63
South	6	1.577,58	9.465,45	283.963,58

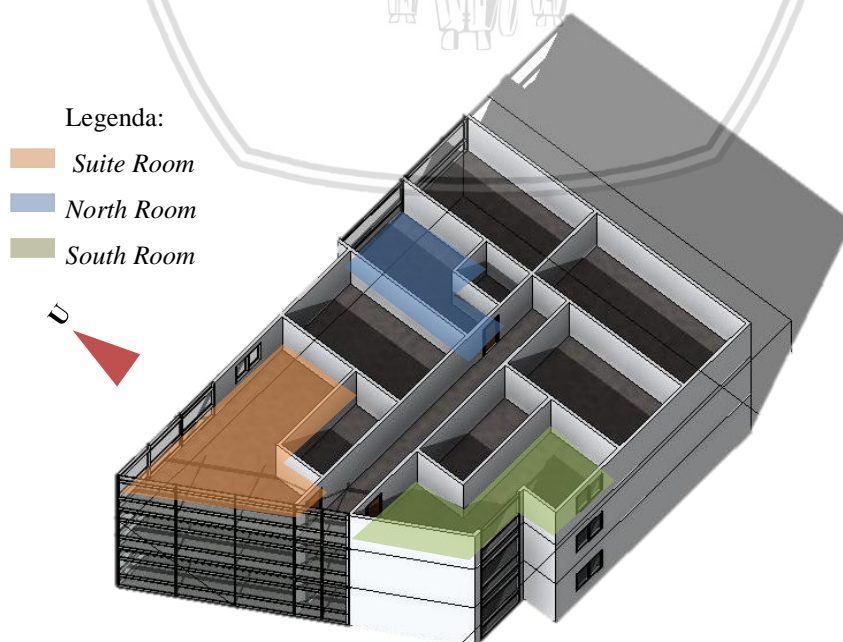
Ruang *suite room* memiliki jumlah kamar enam buah, sehingga dalam satu bulannya pada siang hari menghabiskan biaya untuk pengoperasian AC sebesar 687.847,81 Rupiah. Sedangkan pada ruang *north room* yang memiliki jumlah kamar paling banyak pada hotel yaitu sebanyak 229 kamar, didapati total biaya per bulan mencapai sebesar 9.515.469,63 Rupiah. Untuk Ruang *south room* sama seperti ruang *suite room* memiliki jumlah kamar sebanyak enam menghasilkan total biaya perbulan nya yaitu sebesar 283.963,58 Rupiah. Jika ketiganya digabungkan maka didapat nilai biaya sebesar 10.487.281,02 Rupiah yang merupakan harga total untuk seluruh kamar pada bangunan. Perlu ditekankan lagi bahwa biaya total yang dihasilkan merupakan akumulasi dari sembilan jam waktu perhitungan. Sehingga yang dikatakan dengan biaya perbulan artinya adalah total biaya yang dikeluarkan tiap siang hari selama sembilan jam yang dikalikan selama satu bulan.

4.4 SIMULASI KAMAR EKSISTING

Pengukuran mengenai bangunan gedung bertingkat yang meneliti mengenai penggunaan energi kini semakin banyak dilakukan. Hal ini dilakukan karena kesadaran akan perlunya mengoptimalkan kinerja dari sebuah bangunan semakin meningkat. Penghematan biaya operasional merupakan salah satu alasan untuk melakukannya. Tidak lupa juga, penelitian dilakukan demi nyamannya pengguna gedung tersebut pula. Salah satu dari penyebab terbesar konsumsi energi dalam sebuah bangunan yaitu untuk pendinginan udara. Terutama untuk gedung hotel yang memiliki jam operasional 24 jam per hari, suasana dan standar kualitas dalam bangunan harus selalu sama.

Penelitian dilakukan dengan dua macam perhitungan, yaitu perhitungan manual atau hasil dari lapangan, dengan perhitungan dari simulasi program *ecotect*. Sebelumnya telah dibahas suhu dan energi ruang kamar sesuai dengan perhitungan lapangan. Oleh karena itu di dalam sub bab ini akan dipaparkan hasil analisis yang didapatkan dari *ecotect*.

Perlu diketahui sebelumnya bahwa hasil dari pengukuran simulasi ini bila dibandingkan dengan perhitungan manual sebelumnya tidak akan memiliki hasil yang sama. Hal ini dikarenakan banyak faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pengukuran. Kondisi pada saat pengukuran lapangan tidak akan stabil seperti sebuah perhitungan dari aplikasi pengukur termal. Data suhu yang akan diambil dari simulasi pada *ecotect* yaitu pada tanggal 11 dan 13 November sesuai dengan waktu pengukuran di lapangan (hari pertama dan ketiga).



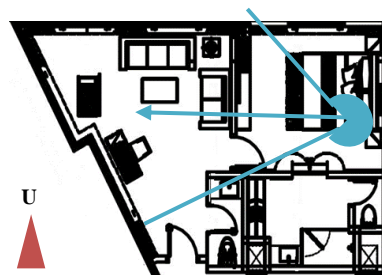
Gambar 4.40 Simulasi Kamar Hotel

Sumber: Hasil Analisis

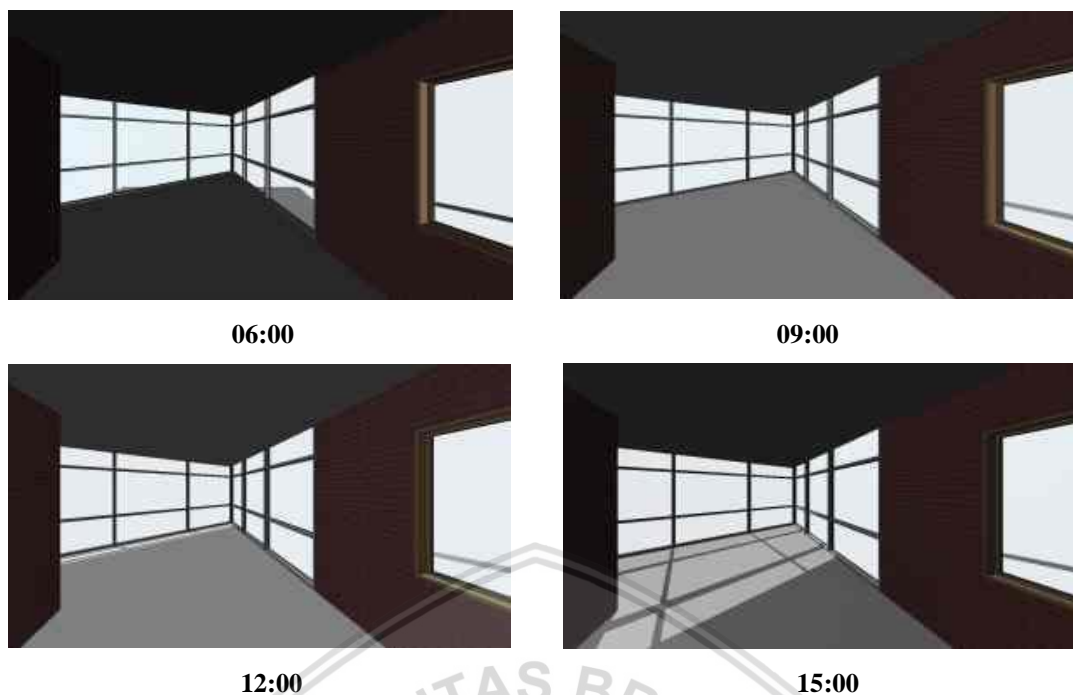
Pembuatan simulasi bangunan Hotel Ininside tidak dihitung keseluruhannya dalam satu gedung. Namun dalam simulasi tetap dibentuk seluruh bangunan meskipun hanya beberapa ruangan yang di ukur. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini, bahasan berfokus pada ruang kamar hotel. Sehingga pada simulasi hanya dibuat satu buah kamar *suite room*, *north room* dan *south room*. pada simulasi juga tidak disertakan pengukuran terhadap kamar mandi, sehingga luas dari kamar merupakan luas kamar keseluruhan dikurangi dengan luas kamar mandi. Sedangkan ruang-ruang lainnya dianggap kosong, dibentuk pada simulasi berguna untuk mempengaruhi kondisi pada ruangan yang terukur. Pembuatan ruang-ruang kosong ini dilakukan karena dinding kamar yang terekspos dengan yang menjadi interior akan menghasilkan nilai perhitungan yang berbeda. Simulasi hanya dilakukan pada bagian lantai yang berada di tengah bangunan. Hal ini dapat dilakukan karena bentuk bangunan yang tipikal serta tipe-tipe kamar tersebut juga berada pada tiap lantai hunian.

4.4.1 Sinar Matahari

Pencahayaan alami matahari yang masuk ke dalam bangunan merupakan salah satu aspek yang turut mempengaruhi kondisi dari bangunan tersebut. Keberadaan matahari juga dapat mempengaruhi besarnya energi panas yang masuk ke dalam ruangan. Cahaya yang masuk pada tiap ruang bangunan akan terlihat berbeda. Hal ini dikarenakan oleh posisi kamar tersebut terhadap arah datangnya cahaya matahari, atau orientasi kamar tersebut terhadap matahari. Berikut ini adalah hasil simulasi untuk menunjukkan jumlah sinar matahari yang masuk dalam ruang kamar yang telah disesuaikan dengan tanggal waktu survei. Adapun tanggal yang digunakan adalah tanggal 13 November dikarenakan sinar matahari lebih terik. Pemilihan hari dengan sinar yang lebih terik ini dikarenakan untuk menunjukkan sejauh apa ruang kamar tersebut terkena pancaran matahari.



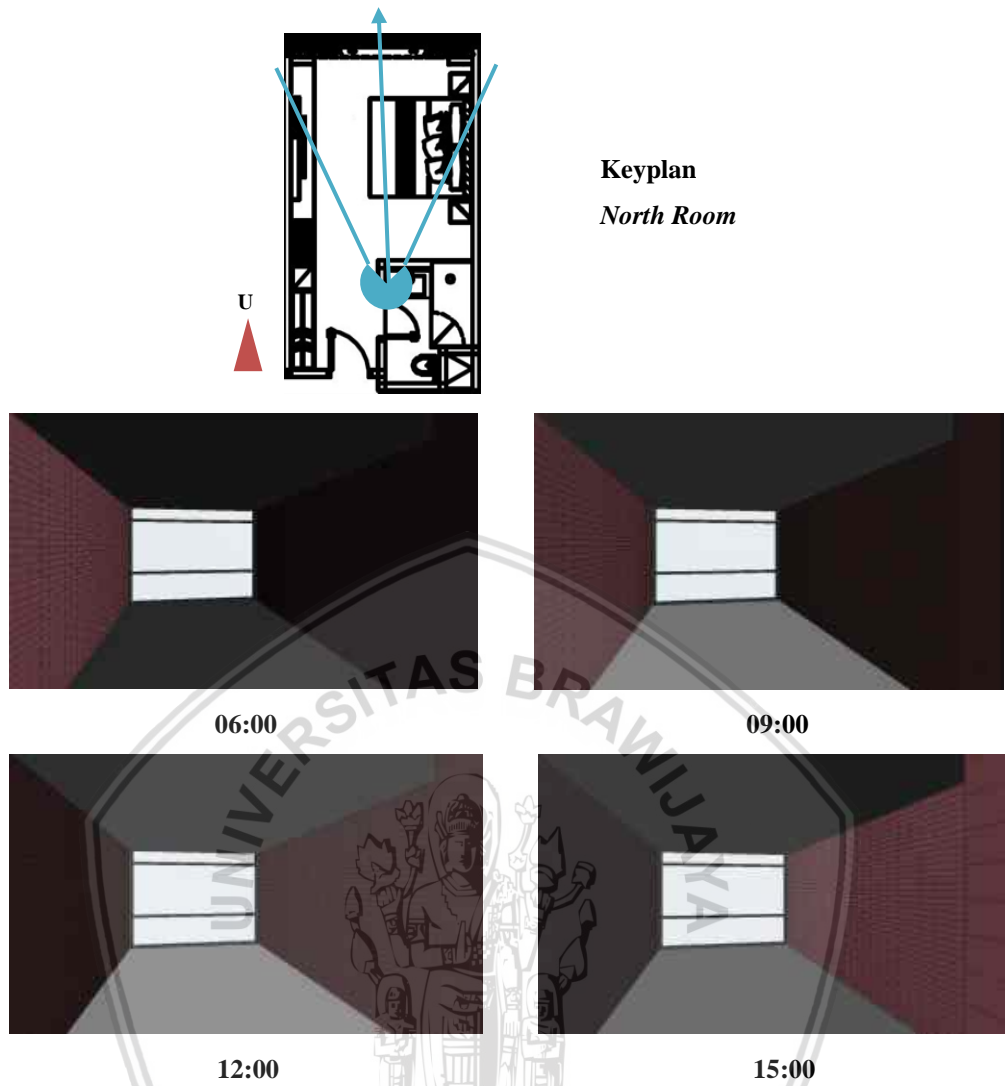
Keyplan
Suite Room



Gambar 4.41 Simulasi Pencahayaan Eksisting Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Pukul enam pagi pada kamar *suite room* merupakan saat terjadinya suhu paling rendah diantara hasil survei lapangan. Matahari masih terletak di arah timur yang membelakangi orientasi kamar ini. Justru nampak bayangan dari bangunan hasil pembayangan matahari dari arah timur. Kemudian pada pukul sembilan pagi ruang kamar mulai terasa terang tersinari oleh matahari, namun belum cukup terik dan tidak menghasilkan pembayangan. Mulai dari pukul dia belas terjadi pembayangan dari arah barat tempat dinding kaca *suite room* terekspos pada matahari. Namun bayangan yang masuk pada saat ini masih terhitung sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa suhu terpanas di luar pada saat pukul dua belas belum tentu terjadi ketika pembayangan matahari yang paling besar. Justru pada pukul tiga sore ketika posisi matahari mulai turun ke arah barat tepat berhadapan dengan orientasi kamar *suite room* ini, terjadilah pembayangan matahari yang paling besar. Cahaya matahari masuk dengan cukup banyak pada dinding kaca yang terkespos langsung ke arah barat. Pembayangan ini hampir memenuhi seluruh bagian ruang tamu pada kamar ini.

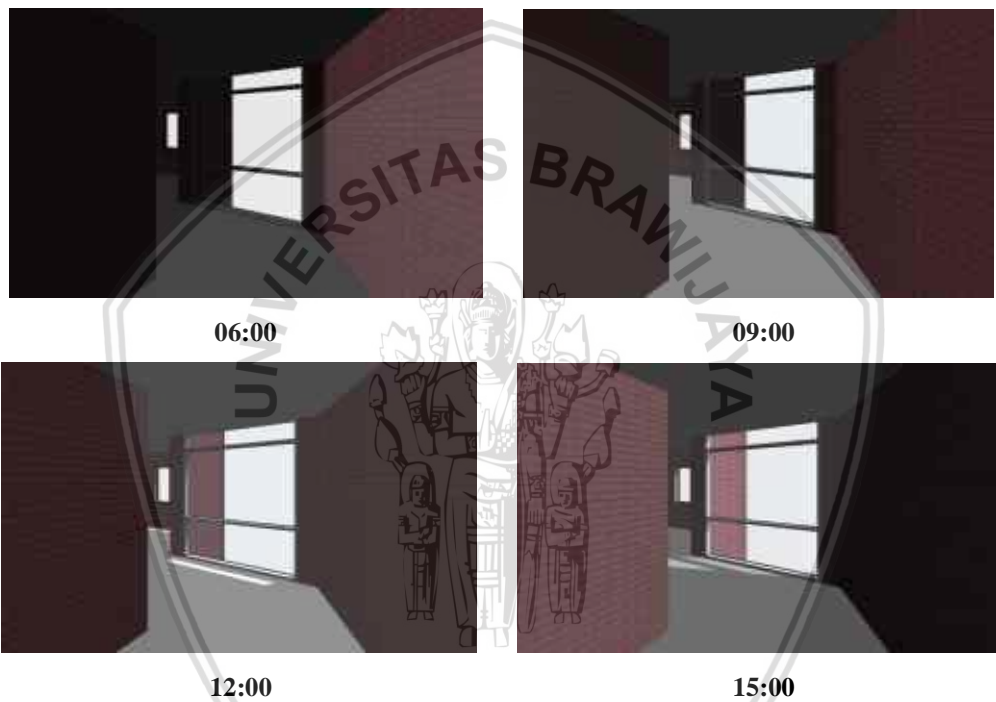
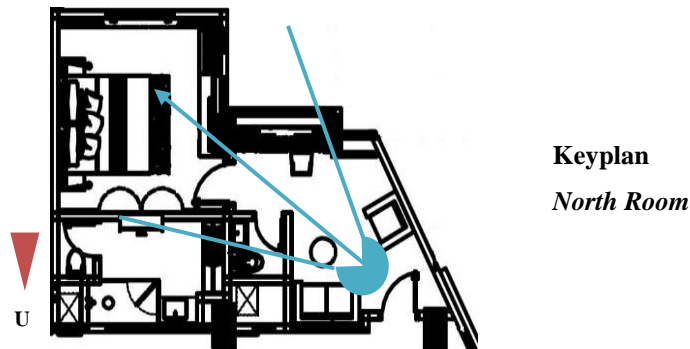


Gambar 4.42 Simulasi Pencahayaan Eksisting *North Room*

Sumber: Hasil Analisis

Pada kamar *north room* yang memang menghadap utara ini jumlah sinar matahari yang masuk di setiap jam nya tidaklah jauh berbeda. Pada pukul enam pagi ruangan terasa paling gelap dikarenakan matahari yang baru saja terbit. Sedangkan sisi dinding di bagian timur lebih gelap dikarenakan arah datang sinar matahari dari timur menyinari sisi dinding bagian barat di seberangnya. Sedangkan pada pukul sembilan serta dua belas, pembayangan di dalam kamar tidak terlalu berbeda jauh. Cahaya yang masuk ke dalam ruangan cukup merata sehingga tidak terlihat adanya pembayangan dari grid kaca ataupun bangunan. Hal yang membedakan diantara kedua jam tersebut adalah pada pukul dua belas siang ruangan kamar terlihat lebih terang dikarenakan sinar matahari yang semakin terik pada siang harinya. Hal ini didukung pula dengan naiknya suhu ruangan serta panasnya dinding kaca ketika disentuh. Kemudian ketika pukul tiga sore, posisi matahari berada di barat

menyebabkan dinding sisi timur kamar tersinari dan mengakibatkan dinding baratnya menjadi lebih gelap karena terbayangi matahari.

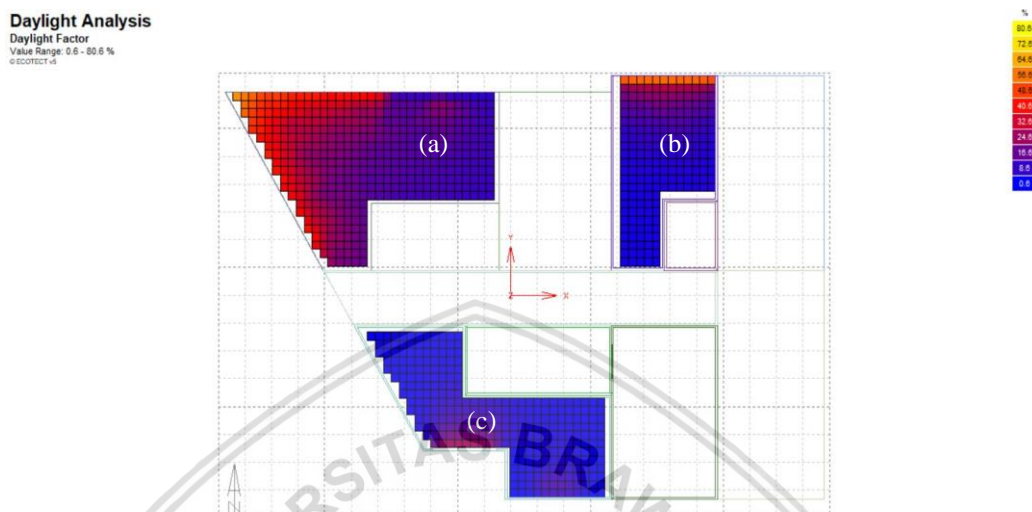


Gambar 4.43 Simulasi Pencahayaan Eksisting *South Room*

Sumber: Hasil Analisis

Kamar dengan tipe *south room* ini memiliki sisi dinding luar yang menghadap ke arah selatan. Pada pagi hari pukul enam, ruang kamar masih terasa gelap karena minimnya pencahayaan matahari yang masuk. Namun dapat dilihat sisi sebelah kiri dari gambar, yang dalam kamar ini merupakan sisi timur kamar, lebih gelap dibandingkan sisi baratnya. Seperti yang disebutkan sebelumnya, hal ini dikarenakan matahari datang dari arah timur sehingga pada sisi timurnya menjadi terbayangi dan menyinari bagian barat. Pukul sembilan pagi tidak berbeda jauh dari yang sebelumnya tetapi kondisi kamar sudah lebih terang. Untuk kamar pada pukul dua belas mulai terlihat adanya cahaya yang masuk dari dinding kaca meskipun masih terhitung sedikit. Sedangkan saat pukul tiga sore cahaya yang masuk melewati

dinding kaca lebih besar namun memiliki sudut yang lancip dari arah masuknya. Dikarenakan posisi dinding kaca yang berada di ruang tamu, sinar cahaya tidak terlalu mengganggu area kamar. Jendela pada area kamar pun tidak dilewati sinar matahari secara berlebihan.



Gambar 4.44 Analisis Sinar Matahari (a) Suite Room (b) North Room (c) South Room

Sumber: Hasil Analisis

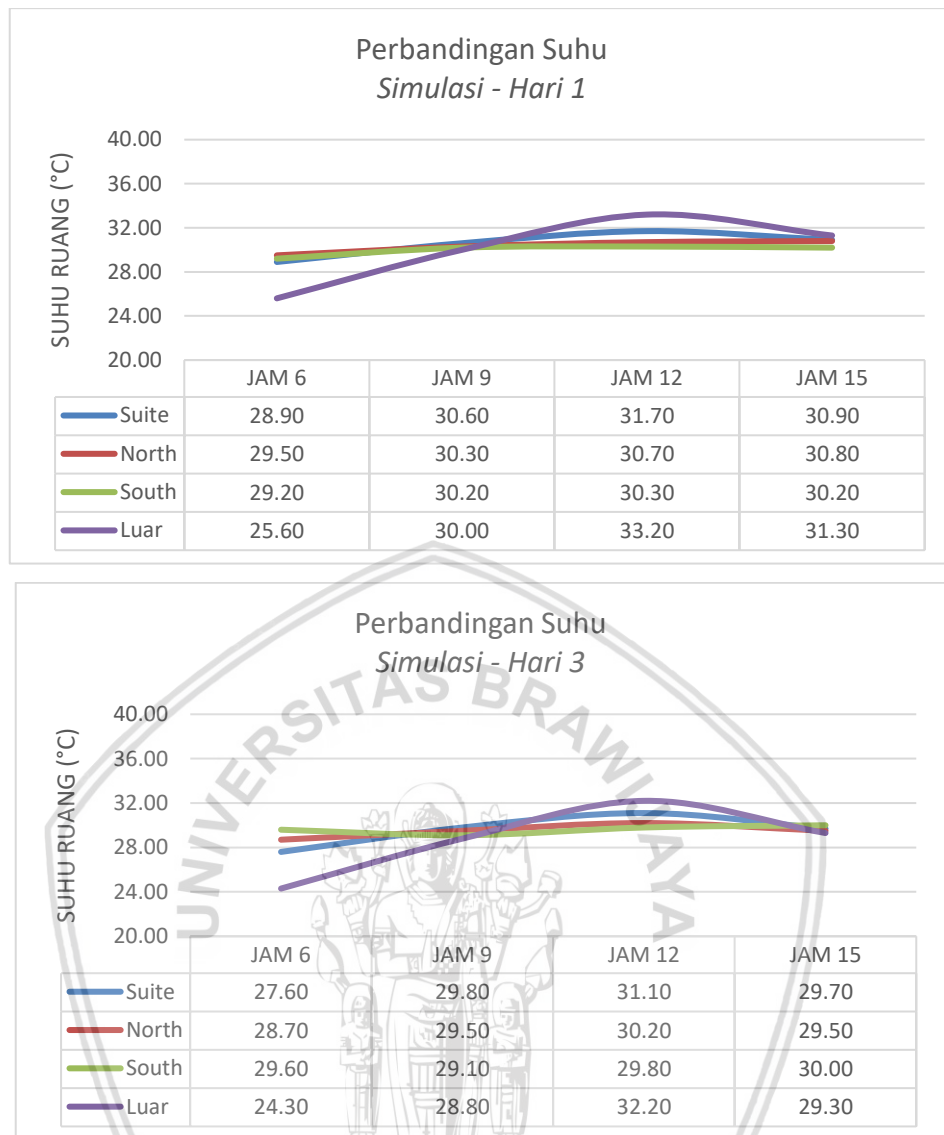
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui ruangan yang paling banyak tersinari oleh matahari adalah pada bagian *suite room*. Terlihat jelas dari waktu ke waktu ruang kamar tersebut terasa lebih terang bila dibandingkan dua kamar lainnya. Meskipun suhu luar ruangan yang paling panas dirasa adalah ketika pukul dua belas siang, namun berdasarkan hasil simulasi, sinar matahari yang paling banyak masuk ke ruangan jatuh pada saat pukul tiga sore hari. Dikarenakan menghadap arah barat, pada sore hari pukul tiga sinar matahari terlihat paling banyak memasuki ruang kamar *suite room* ini. Hal ini dapat juga berkontribusi menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan pada kamar tersebut.

4.4.2 Suhu

Keadaan eksisting suhu pada kamar-kamar dalam bangunan seperti yang telah disebutkan pada bahasan sebelumnya yaitu pada jam 6, 9, 12 dan 15, terukur dengan interval tiap tiga jam sekali. Untuk menyesuaikan dengan perhitungan eksisting maka pada pembahasan simulasi ini akan dihitung kondisi suhu tiap jam dalam rentang waktu pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai seperti pengukuran lapangan.

Secara umum dari yang didapatkan dari pengukuran lapangan, dapat dikatakan bahwa pada bangunan hotel ini, meskipun memiliki suhu ruangan yang kurang nyaman, namun tidak melebihi dari suhu luar bangunan di saat waktu pengukuran. Hal ini menunjukkan jika bangunan sendiri telah berhasil mereduksi jumlah energi panas yang masuk ke dalam bangunan melalui kaca maupun dinding eksteriornya. Sedangkan jika dilihat dari pengukuran oleh program *ecotect* terjadi beberapa perbedaan bila dibandingkan oleh survei lapangan. Suhu ruang dalam bangunan cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu luar yang diukur oleh program.

Alasan mengapa terjadi perbedaan yaitu pada *ecotect* tidak ada faktor-faktor luar lingkungan maupun didalam bangunan yang dapat mempengaruhi keadaan suhu. Salah satu alasan paling utama adalah pada simulasi bangunan menggunakan aplikasi, kamar dan banguann dikondisikan untuk tidak menggunakan pendingin ruangan. Sedangkan pada kenyataannya, meskipun ruang kamar telah dikondisikan tanpa menggunakan pendingin ruangan, namun pada bagian koridor serta kamar-kamar yang berada di sebelah ruang yang di ukur tidak memungkinkan untuk dimatikan pendinginnya. Sehingga menyebabkan adanya penurunan suhu karena dinding bangunan yang terkena pendingin. Selain itu karena ketidakadaan *weather climate data* yang spesifik untuk daerah Yogyakarta sehingga mengharuskan untuk menggunakan data umum yang tersedia yaitu untuk Indonesia. Hal ini memungkinkan data menjadi kurang akurat karena bergesernya posisi lokasi. Meskipun begitu jika dibandingkan, secara garis besar siklus pergerakan suhu cukup menyerupai antara pengukuran lapangan dengan *ecotect*. Dibawah ini adalah grafik pengukuran suhu berdasarkan dari simulasi *ecotect*.



Gambar 4.45 Grafik Suhu Simulasi Ecotect Tiap Kamar

Sumber: Hasil Analisis

Jika dibandingkan antara grafik hari pertama dan ketiga, garis yang membentuk suhu-suhu tersebut terlihat mirip. Namun terjadi perbedaan pada kamar *suite room* di hari ke satu pada simulasi. Kemudian pada hari dimana waktu pengambilan data lapangan dilaksanakan, *ecotect* memperkirakan bahwa suhu tertinggi yang terjadi saat pukul dua belas tersebut jatuh pada angka 33,2°C, namun menurut perkiraan cuaca, suhu tertinggi pada hari itu adalah 33°C. Sedangkan pada saat pengukuran lapangan, matahari bersinar lebih terik dari hari-hari sebelumnya yang membuat suhu tertinggi pada saat itu jatuh pada suhu 36°C.

Dari hasil simulasi eksisting terlihat pada pagi harinya suhu luar lebih rendah dibandingkan dengan suhu dalam bangunan. Hal ini kemungkinan terjadi karena pada pagi hari terjadi akumulasi panas yang dihasilkan dari penyimpanan panas oleh

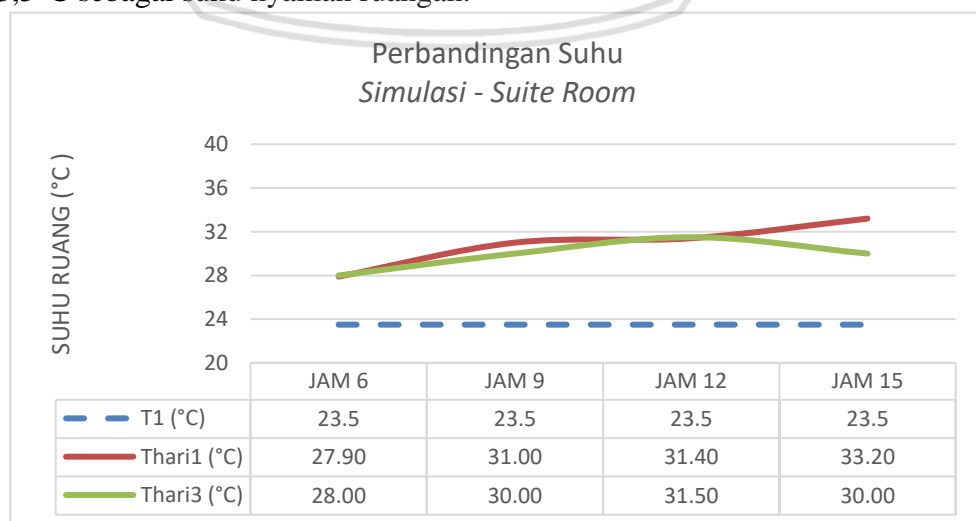
dinding-dinding bangunan sepanjang sehari sebelumnya. Sedangkan ketika udara luar berada pada saat paling panas, suhu dalam ruangan justru berada di bawahnya. Kemungkinan terjadinya perbedaan suhu tersebut adalah karena panas dari luar masih merambat pada dinding bangunan dan belum masuk ke dalam bangunan, yang dapat ditunjukkan dengan tingginya suhu pada pagi hari seperti dijelaskan sebelumnya.

4.4.3 Energi

Sama dengan pengukuran pada data eksisting hasil survei lapangan, kondisi suhu hasil dari simulasi pada *ecotect* turut dihitung energi kalornya. Menggunakan rumus yang sama dengan sebelumnya yaitu dengan cara mencari luasan daerah pada kurva yang dihasilkan dari pemasukan data ke dalam grafik. Berikut dibawah ini akan dipaparkan hasil perhitungan energi pada simulasi bangunan eksisting.

a. Suite Room

Ruang kamar ini jika dilihat dari segi posisi dan luas kamarnya mempunyai kemungkinan paling besar untuk memiliki suhu ruang yang paling panas diantara kamar lainnya. Hal ini disebabkan karna posisi kamar yang menghadap langsung ke arah barat dengan dinding kaca yang dapat mempermudah masuknya sinar matahari berlebih serta transfer panas yang lebih besar. Teori tersebut terbukti pula pada hasil simulasi dalam *ecotect* seperti yang tertera pada tabel suhu yang akan ditampilkan dibawah ini. Dengan tingginya suhu ruangan dapat menyebabkan besarnya pula energi untuk menurunkan suhu pada ruang. Untuk menghitung besar energi tersebut diperlukan data perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu yang ingin dicapai yaitu $23,5^{\circ}\text{C}$ sebagai suhu nyaman ruangan.



Gambar 4.46 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Suhu ruangan pada pukul enam pagi memiliki suhu yang paling mendekati kondisi suhu ruangan optimal yaitu 23,5°C dengan terlihat selisih suhu terkecilnya yang sebesar 4,10°C saja. Kondisi tersebut terjadi di hari pertama yang disesuaikan dengan tanggal pengukuran lapangan. Namun setelah itu terjadi akumulasi panas yang cukup tinggi terjadi pada hari pertama pukul dua belas siang dimana suhu ruang kamar menjadi sebesar 31,70°C menghasilkan selisih sebesar 8,20°C.

Sama seperti yang terjadi pada pengukuran lapangan ditampilkan grafik untuk menunjukkan sejauh apa perbedaan suhu ruangan *suite room* dengan suhu nyaman yang diperlukan oleh ruangan tersebut. Berdasarkan hasil simulasi pada *ecotect*, suhu di dalam ruangan (T) pada hari pertama dan ketiga selalu berada di atas titik suhu nyaman ruangan (T₁). Pada hari pertama suhu lebih tinggi dibandingkan hari ketiga. Hal ini dikarenakan pada data *weather climate* yang digunakan kondisi pada pertama memiliki rata-rata panas yang lebih tinggi dibandingkan hari ketiga.

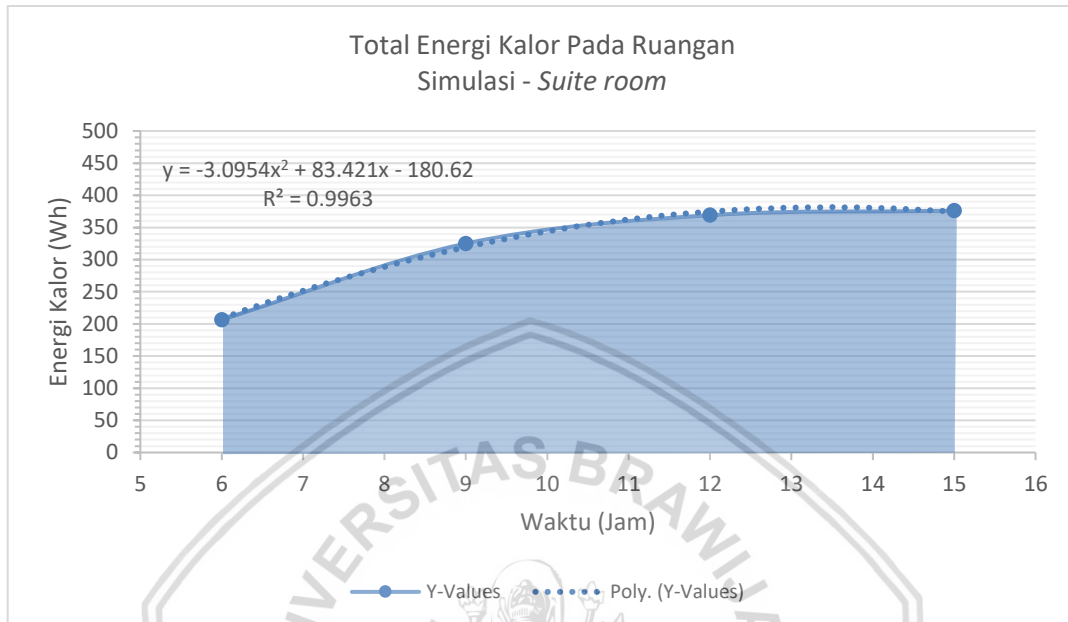
Untuk melanjutkan ke hitungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelumnya. Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* dengan luas ruangan sebesar 44 m² ini yaitu $m = (44 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 166,32 \text{ kg}$. Untuk nilai c yang mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar 1005 J/kg°C sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.18 Q Rata-Rata – Simulasi Suite Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	743.824,62	206,62	0,207	705,01
Jam 9	1.170.061,20	325,02	0,325	1.109,00
Jam 12	1.328.855,22	369,13	0,369	1.259,51
Jam 15	1.353.927,96	376,09	0,376	1.283,28

Dari hasil perhitungan pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas disatukan menjadi rata-rata untuk mempermudah dalam penghitungan. Untuk perhitungan lebih detailnya dapat dilihat pada lampiran 6. Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua tiga sore dengan nilai sebesar 376,09 Wh atau sama dengan 1.831,28 BTU.

Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.47 Grafik Q Rata-Rata – Simulasi Suite Room

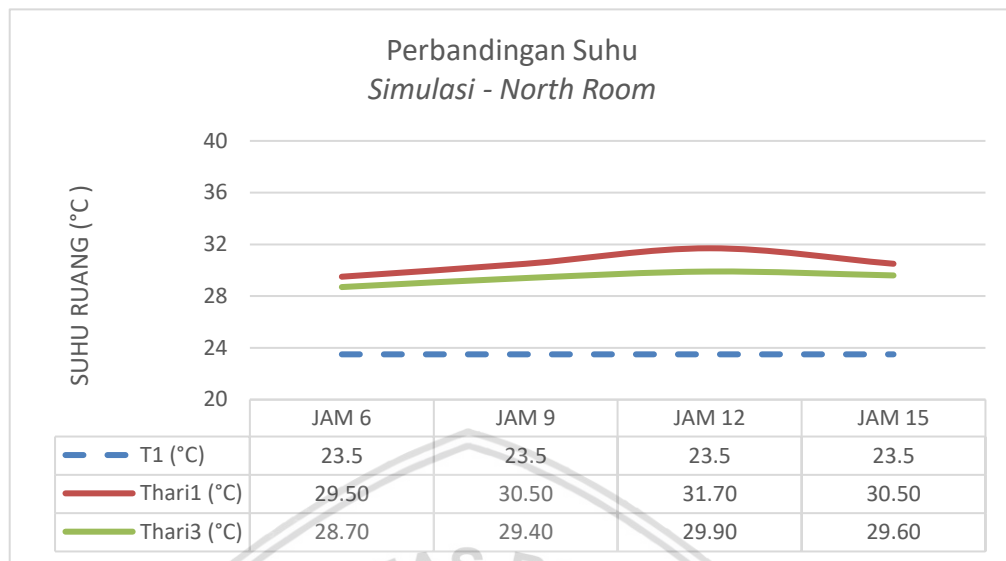
Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *suite room* selama rentang waktu pengukuran yaitu mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai dengan yang terhitung pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 2.998,248 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 2.998,248 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu optimal nyaman yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

b. North Room

Ruang kamar ini jika dilihat dari segi posisi dan luas aspek yang paling strategis. Hal ini disebabkan karena posisi kamar yang menghadap langsung ke arah utara yang tidak terpapar sinar matahari langsung meskipun pada sisi ini teselubungi oleh dinding kaca. Teori tersebut terbukti pula pada hasil simulasi dalam *ecotect* seperti yang tertera pada tabel suhu yang akan ditampilkan dibawah ini. Untuk menghitung

besar energi tersebut diperlukan data perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu yang ingin dicapai yaitu $23,5^{\circ}\text{C}$ sebagai suhu nyaman ruangan.



Gambar 4.48 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi North Room

Sumber: Hasil Analisis

Suhu ruangan pada pukul enam pagi merupakan suhu yang paling mendekati kondisi suhu ruangan optimal yaitu $23,5^{\circ}\text{C}$ dengan terlihat selisih suhu terkecilnya sebesar $5,20^{\circ}\text{C}$. Kondisi tersebut terjadi di hari ketiga yang disesuaikan dengan tanggal pengukuran lapangan. Kemudian suhu mulai memanas hingga ke pukul dua belas siang hingga turun kembali saat sore hari pukul tiga. Suhu tertinggi itu sendiri jatuh pada hari pertama dengan selisih dari suhu optimal sebesar $8,20^{\circ}\text{C}$ pukul dua belas. Dari grafik dapat dilihat pada hari pertama suhu umum ruangan lebih tinggi dibanding hari ke tiga.

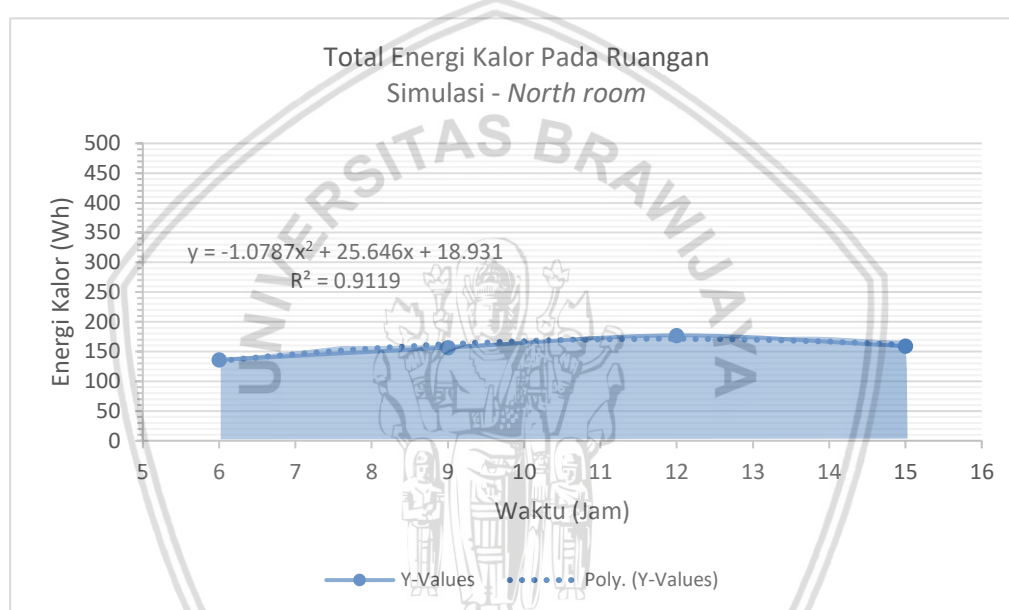
Pada simulasi kamar *north room* ini terlihat suhu hari pertama dan ke tiga memiliki pergerakan yang mirip. Perbedaannya adalah pada hari pertama suhu ruangan selalu sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hari ketiga. Pada hari pertama suhu terus naik hingga pukul tiga sore. Sedangkan di hari ketiga suhu ruangan mulai menurun ketika memasuki sore hari.

Untuk melanjutkan ke hitungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelumnya. Sesuai dengan rumus energi kalor perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* dengan luas ruangan sebesar 23 m^2 ini yaitu $m = (23\text{ m}^2 \cdot 3,15\text{ m}) \times 1,2\text{ kg/m}^3 = 86,94\text{ kg}$. Untuk nilai c yang mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar $1005\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki

angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.19 Q Rata-Rata – Simulasi North Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	489.298,32	135,92	0,136	463,77
Jam 9	563.566,82	156,55	0,157	534,16
Jam 12	637.835,31	177,18	0,177	604,55
Jam 15	572.304,29	158,97	0,159	542,44



Gambar 4.49 Grafik Q Rata-rata – Simulasi North Room

Sumber: Hasil Analisis

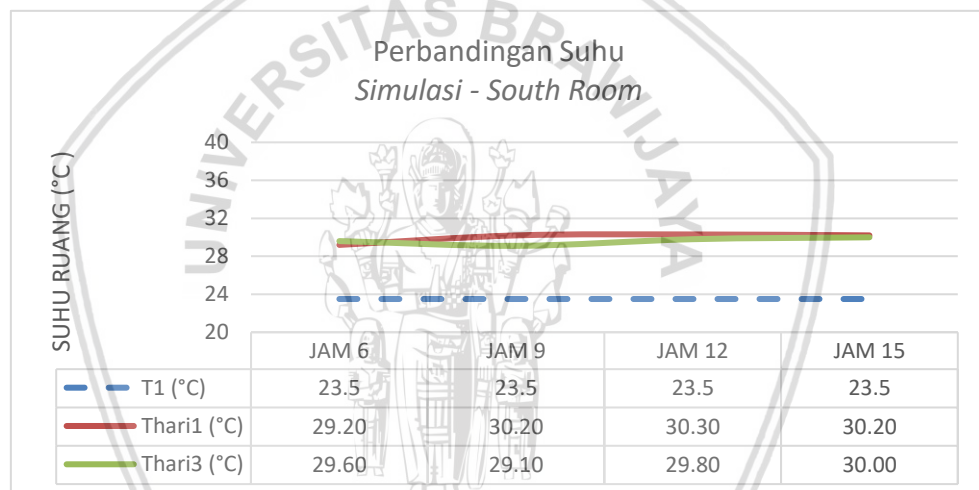
Dari hasil perhitungan pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas disatukan menjadi rata-rata untuk mempermudah dalam penghitungan. Waktu dengan total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua belas siang sebesar 637.835,31 Wh atau sama dengan 604,55 dalam satuan BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area grafik energi.

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* selama rentang waktu pengukuran sesuai dengan yang terhitung pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.458,055 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu

satuan Watt.hour (Wh). Total 1.458,055 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam untuk menurunkan suhu menjadi suhu optimal nyaman yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

c. South Room

Ruang kamar ini terletak di selatan bangunan yang tidak terpapar langsung oleh sinar matahari. Memiliki tipe yang berbeda pula dengan kamar lainnya kamar ini memiliki luas dinding kaca yang paling sedikit jika dibandingkan dengan kamar lainnya. Kamar ini memiliki luas kamar yang ukurannya berada di antara *suite room* dan juga *north room* yaitu sebesar 30 m². Untuk menghitung besar energi tersebut diperlukan data perbandingan antara suhu ruangan dengan suhu yang ingin dicapai yaitu 23,5°C sebagai suhu nyaman ruangan.



Gambar 4.50 Grafik Suhu Nyaman & Ruang; Simulasi South Room

Sumber: Hasil Analisis

Pada hari pertama suhu ruangan pukul enam pagi paling mendekati kondisi suhu ruangan optimal yaitu 23,5°C dengan terlihat selisih suhu sebesar 5,70°C. sedangkan selisih suhu terkecil pada hari ketiga jatuh pukul sembilan pagi dengan nilai 5,60°C sedikit lebih tinggi dari hari pertama. Suhu tertinggi diantara kedua hari tersebut jatuh pada hari pertama dengan selisih dari suhu optimal sebesar 6,80°C.

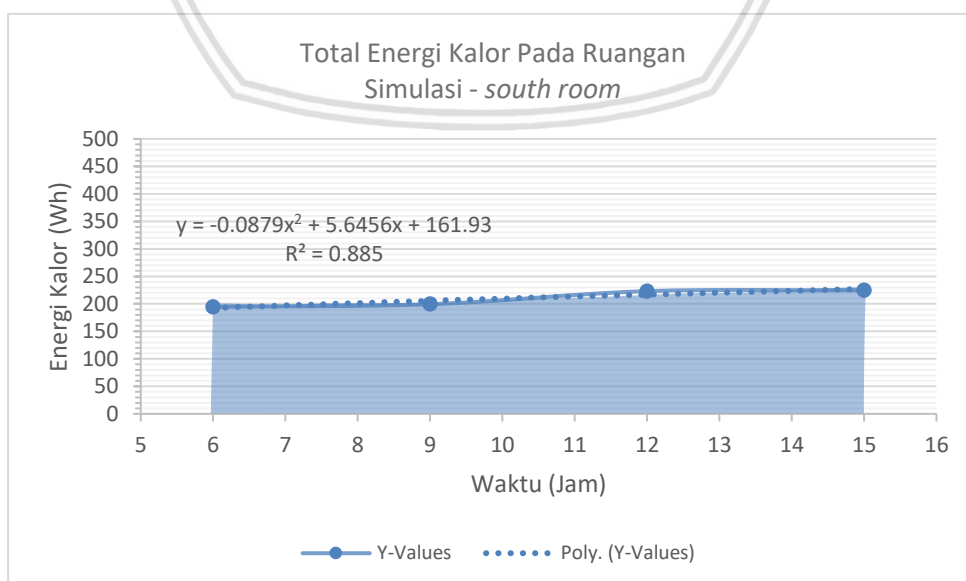
Pada simulasi kamar *south room* ini terlihat suhu hari pertama dan ke tiga memiliki pergerakan yang mirip, sama seperti yang terjadi pada ruang kamar *north room*. Perbedaannya adalah pada hari pertama suhu ruangan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hari ketiga kecuali pada pukul enam pagi. perbedaan suhu yang cukup terlihat ada pada pukul sembilan pagi dimana pada hari pertama suhu meningkat, sedangkan pada hari ketiga suhu justru menurun.

Untuk melanjutkan ke hitungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelumnya. Sesuai dengan rumus energi kalor perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* dengan luas ruangan sebesar 30 m^2 ini yaitu $m = (30 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 113,40 \text{ kg}$. Untuk nilai c yang mewakili kalor jenis dari material udara bernilai sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.20 Q Rata-Rata – Simulasi *South Room*

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	672.405,30	186,78	0,187	637,32
Jam 9	700.897,05	194,69	0,195	664,32
Jam 12	746.483,85	207,36	0,207	707,53
Jam 15	752.182,20	208,94	0,209	712,93

Dari hasil perhitungan pada hari pertama dan ketiga pada tabel diatas disatukan menjadi rata-rata untuk mempermudah dalam penghitungan. Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore dengan nilai sebesar $208,94 \text{ Wh}$ atau sama dengan $712,93 \text{ BTU}$. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Gambar 4.51 Grafik Q Rata-rata – Simulasi *South Room*

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *south room* selama rentang waktu pengukuran yaitu mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai dengan yang terhitung pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luas area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.898,321 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.898,321Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas yang harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

Tabel 4.21 Rangkuman Q Rata-Rata; Simulasi

Waktu	<i>Suite Room</i>		<i>North Room</i>		<i>South Room</i>	
	Wh	BTU	Wh	BTU	Wh	BTU
Jam 6	206,62	705,01	135,92	463,77	194,69	664,32
Jam 9	325,02	1.109,00	156,55	534,16	199,44	680,53
Jam 12	369,13	1.259,51	177,18	604,55	223,19	761,54
Jam 15	376,09	1.283,28	158,97	542,44	224,77	766,94
Total (9 jam)	2.998,25	10.230,45	1.458,06	4.975,11	1.898,32	719,70

Tabel di atas menunjukkan rangkuman dari perhitungan energi untuk simulasi eksisting bangunan hotel. Satuan BTU dapat digunakan untuk menentukan kapasitas AC pada ruangan tersebut. Diantara ketiga kamar yang terukur, ruang *suite room* memiliki kalor paling banyak yang harus di buang dari ruangan yaitu sebesar 2.998,25 Wh, sekitar dua kali lipat dibandingkan ruang *north room* yang sebesar 1.458,06 Wh. Sedangkan pada ruang *south room* total energi berada di pertengahan kedua kamar lainnya yaitu senilai 1.898,32 Wh.

Tabel 4.22 Total Biaya Listrik AC per Kamar ; Simulasi

Kamar	kWh	BTU/h (9 Jam)	Biaya 1 kamar (Rp/9jam)
Suite	2,998	1.136,72	4.399,27
North	1,458	552,79	2.139,38
South	1,898	719,70	2.785,37

Tabel di atas menunjukkan total penggunaan energi AC pada siang hari di tiap kamar hotel hasil dari perhitungan simulasi yang telah di konversikan pada satuan yang digunakan untuk menghitung biaya dan kapasitas AC. Hasil nilai BTU/h pada tiap kamar terhitung kecil, sehingga tiap kamar hanya cukup memerlukan AC dengan $\frac{1}{2}$ PK yang mampu menampung daya sampai 5000 BTU/h. Hal ini karena pengukuran memang dibatasi pada energi untuk

menurunkan suhu ruangan atau *heat gain* saja. Biaya listrik AC per kamar dihitung berdasarkan biaya listrik PLN untuk bangunan hotel, yaitu sebesar 1.467,28 Rupiah per kWhnya. Sehingga total biaya listrik khusus untuk AC pada tiap kamarnya dapat dihitung. Biaya ruang *suite room* untuk per kamarnya selama sembilan jam didapat harga senilai 4.399,27 Rupiah.

Tabel 4.23 Total Biaya Listrik AC Seluruh Kamar; Simulasi

Kamar	Jumlah Kamar	Biaya 1 kamar (Rp/9jam)	Per hari (Rupiah)	Per bulan (Rupiah)
Suite	6	4.399,27	26.395,63	791.869,01
North	229	2.139,38	489.918,54	14.697.556,24
South	6	2.785,37	16.712,21	501.366,32

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas dapat diketahui biaya total untuk listrik yang digunakan untuk AC pada keseluruhan kamar hotel. Kamar *suite room* meskipun hanya memiliki enam buah kamar namun pengeluaran biayanya masih jauh lebih tinggi dari ruang *south room* yaitu sebesar 791.869,01 Rupiah perbulan meskipun memiliki jumlah kamar yang sama. Ruang *north room* menghabiskan biaya paling besar yaitu seharga 14.697.556,24 Rupiah per bulannya dikarenakan jumlah tipe kamar tersebut terdapat 229 buah. Sedangkan total biaya terendah dikeluarkan oleh ruang *south room* yang memiliki jumlah kamar sebanyak 6 buah dengan total biaya sebesar 501.366,32 Rupiah. Kemudian total akumulasi biaya seluruh kamar yaitu sebesar 15.990.791,57 Rupiah per bulan per sembilan jam.

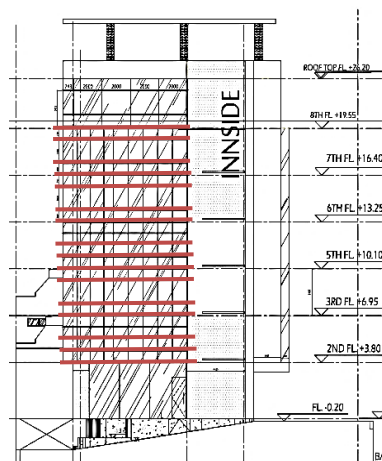
4.5 DESAIN REKOMENDASI

Berdasarkan analisis dari data survei lapangan serta dari hasil simulasi, selanjutnya dilakukan rekomendasi dengan tujuan utama yaitu menurunkan suhu ruangan kamar sebelum menggunakan pendingin ruangan, agar terjadi penurunan dalam pengeluaran energi untuk pendingin ruangan (AC). Adapun elemen yang harus dihindari utamanya yaitu paparan sinar matahari langsung yang masuk ke dalam bangunan. Tidak hanya dari sinar matahari saja, namun dari segi material bahan bangunan pun memungkinkan untuk menurunkan suhu ruangan. Selain itu perlu diperhatikan unsur pendekatan secara arsitektural yaitu desain harus menyatu dengan bangunan dan memiliki desain yang estetik, menjadi bagian dari elemen untuk memperindah bangunan.

Sama seperti pada analisis eksisting yang disimulasikan, pada rekomendasi ini desain akan diteliti dari tiga aspek yaitu sinar matahari, suhu ruangan serta total energi yang digunakan pada tiap desainnya. Titik suhu yang akan diambil juga sama mengikuti yaitu pada pukul 06:00, 09:00, 12:00 dan 15:00 dengan kondisi hari yang disesuaikan dengan waktu pengukuran lapangan. Begitu juga dengan hasil nilai suhu yang ditunjukkan merupakan suhu rata-rata pada hari pertama dan ketiga yang disesuaikan juga.

4.5.1 Rekomendasi 1

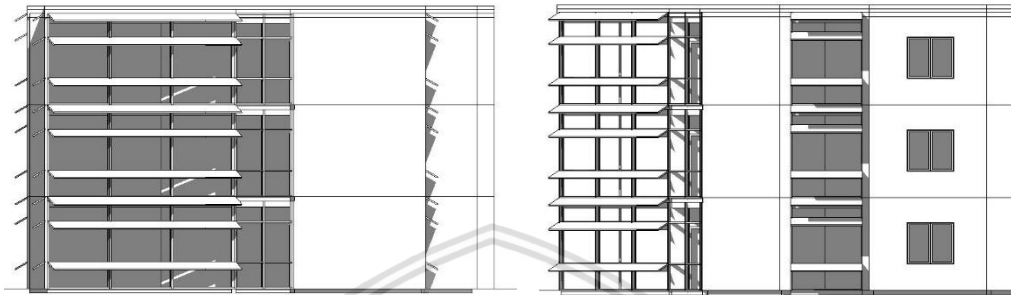
Pada rekomendasi desain yang pertama ini diperhatikan kondisi sudut datang sinar matahari yang banyak masuk ke ruangan dapat mempengaruhi banyaknya sinar yang masuk. Setelah dipertimbangkan, dilakukan penambahan sudut pada *shading device*, akan muncul kemungkinan hasil bayangan dari matahari akan lebih baik. Oleh karena itu pada rekomendasi ini diambil sudut miring 30° untuk dijadikan desain. Pengaturan *shading device* yang di desain mengikuti bentukan grid pada kaca.



Gambar 4.52 Tampilan Grid Kaca Eksisting Hotel

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil analisis tersebut maka kemudian dihasilkan rekomendasi desain yang sesuai dengan kriteria tersebut. Rekomendasi ini dibuat menjadi digital dengan komputer untuk memberikan visual yang jelas serta mempermudah dalam melakukan analisis. Nantinya akan dijalankan simulasi untuk membandingkan dengan desain eksisting hotel.



Gambar 4.53 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 1



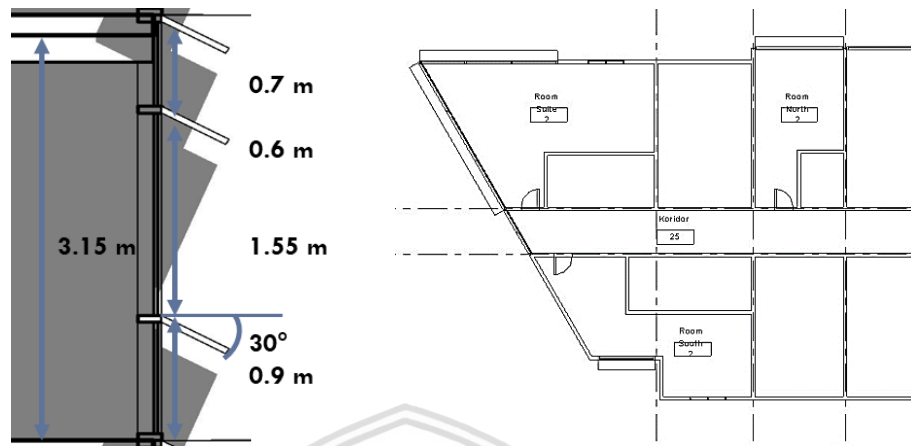
Gambar 4.54 Elemen Fasade Rekomendasi 1

Sumber: Hasil Analisis

Sesuai dengan yang terlihat pada gambar, fasade ini memiliki kemiringan sebesar 30° . Pemilihan dari sudut ini sendiri merupakan hasil analisis dari kondisi lingkungan dimana cahaya matahari yang masuk dalam kamar yang menghadap barati ini memiliki sudut 30° dari arah datangnya cahaya. Oleh sebab itu rekomendasi 1 mencoba untuk mengurangi lagi tingkat cahaya yang masuk ke dalam bangunan.

Rekomendasi fasade ini berbentuk mengikuti bentukan dinding luar dari bangunan. Fasade diletakkan pada dinding dengan permukaan kaca yang lebar untuk mengurangi masuknya cahaya matahari langsung. Fasade memiliki lebar 60 cm dengan tebalnya sebesar 5 cm. ukuran tersebut dirasa cukup proporsi dibandingkan dengan bangunannya. Pertimbangan dari desain ini yaitu memikirkan bagaimana sebuah shading device dapat bekerja lebih efektif dengan melihat aspek-aspek yang mempengaruhinya. Dengan desain ini pula fasade eksisting bangunan akan tetap

terlihat. Dengan bentuk pembayangan yang sederhana membuat pemandangan yang disajikan dari balik dinding kaca hotel kualitasnya tidak berkurang banyak.

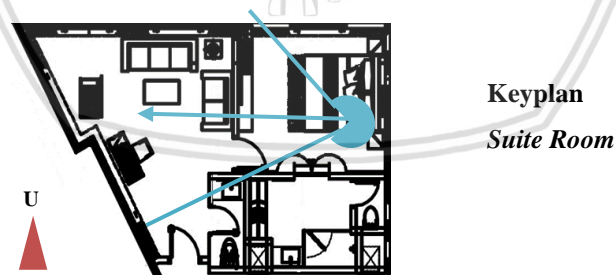


Gambar 4.55 Dimensi Fasade dan Tampilan Pada Denah; Rekomendasi 1

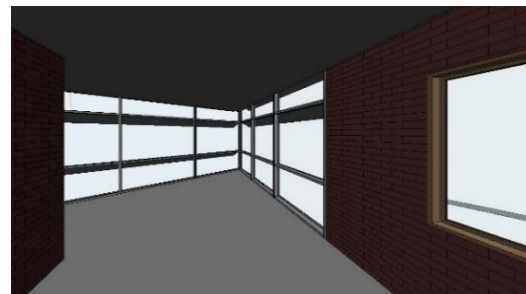
Sumber: Hasil Analisis

1. Sinar Matahari

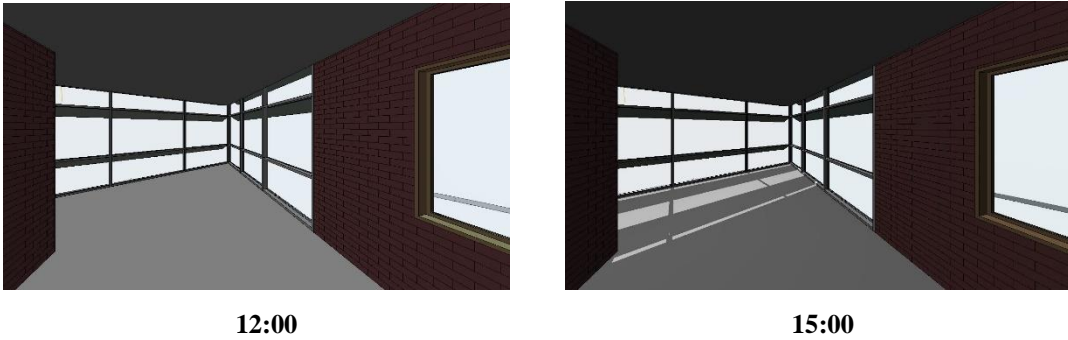
Desain rekomendasi 1 yang memiliki *shading device* dengan kemiringan tertentu ini memiliki kelebihan yaitu dapat menutupi cahaya matahari lebih banyak dikarenakan oleh sudutnya tersebut. Dengan adanya kemiringan pada fasade ini, pemandangan dari dalam keluar agak sedikit terganggu karena terlihatnya bentuk dari fasade tersebut. Namun sebagai gantinya ruangan tidak akan silau seperti pada bangunan eksistingnya.



06:00



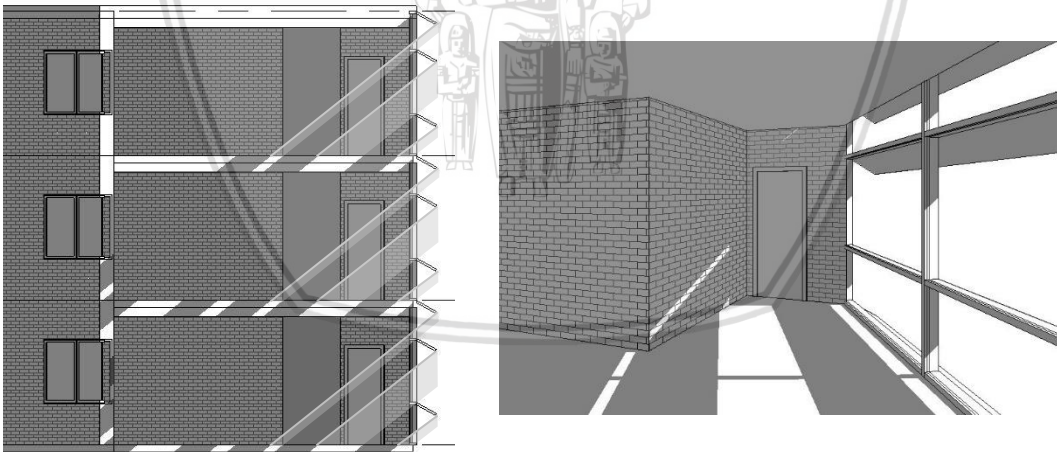
09:00



Gambar 4.56 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 1 suite room

Sumber: Hasil Analisis

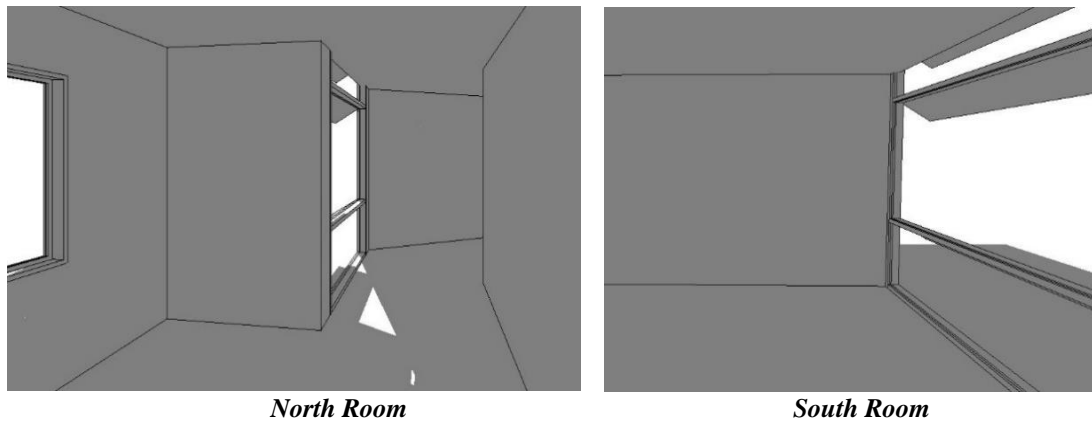
Jika dibandingkan dengan keadaan kamar dengan eksisting, *suite room* pada simulasi ini nampak memiliki ruangan yang lebih teduh ternaungi dari sinar matahari langsung. Pada prinsipnya hasil rekomendasi fasade ini memiliki bentukan yang sederhana. Mulai dari pagi pukul enam hingga siang hari pukul dua belas tidak ditemui adanya sinar matahari yang menerobos masuk ke dalam kamar. Cahaya kamar juga terasa lebih teduh dan tidak terik seperti pada eksisting. Namun pada pukul tiga sore saat matahari berada tepat berhadapan pada dinding kamar barat *suite room* ini, masih didapati cahaya yang berhasil masuk meskipun dengan rasio yang berbeda bila dibandingkan dengan kondisi eksisting.



Gambar 4.57 Proyeksi Bayangan Suite Room Pukul 3 Sore; Rekomendasi 1

Sumber: Hasil Analisis

Dengan menggunakan fasade ini, cahaya matahari pada pukul tiga sore masih tampak cukup banyak menembus kedalam kamar *suite room* meskipun pada jam-jam sebelumnya sudah tidak tertembus oleh matahari. Pembayangan yang terjadi terbilang masih belum bisa benar-benar menghilangkan kelebihan cahaya yang masuk dalam bangunan. Penyebab utama dikarenakan dinding kaca yang menghadap ke arah barat.



Gambar 4.58 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 1

Sumber: Hasil Analisis

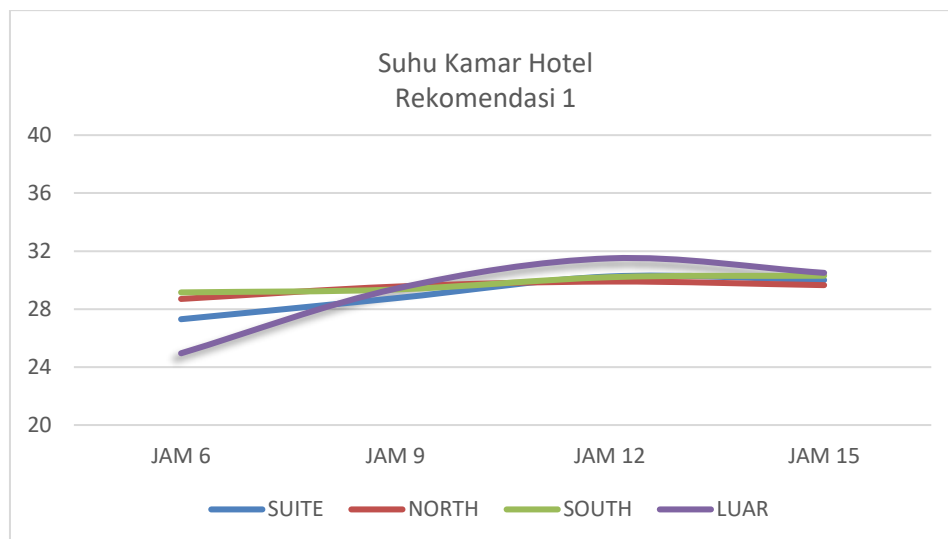
North room yang sejak awal tidak tersinari oleh matahari pada saat pengukuran maupun simulasi menjadikan ruangan ini tidak mendapatkan pengaruh dari desain yang mengutamakan pada pembayangan untuk cahaya matahari. Sehingga pada pengukuran suhu maupun energi tidak terlihat adanya perubahan. Sedangkan pada kamar di sisi selatan juga tidak terlalu banyak berubah meskipun ada pengurangan cahaya yang masuk, tetapi minim pula hasilnya. Kedua tipe kamar ini sudah berada di sisi yang baik karena berorientasi pada utara dan selatan yang tidak disinari langsung oleh matahari.

2. Suhu Ruangan

Rekomendasi desain fasade pada pembahasan ini memiliki tujuan utama yaitu untuk menurunkan suhu ruangan. Suhu yang digunakan adalah suhu rata-rata yang di ambil dari dua hari pengukuran yang disesuaikan dengan tanggal survei lapangan. Pengukuran suhu ruangan setelah bangunan ditambahkan dengan desain hasil rekomendasi kemudian dihitung menggunakan *ecotect* dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.24 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 1

	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,30	28,70	29,15	24,95
JAM 9	28,75	29,55	29,35	29,40
JAM 12	30,25	29,90	30,20	31,50
JAM 15	30,00	29,65	30,30	30,50



Gambar 4.59 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 1

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang terlihat pada grafik diatas, bila dibandingkan dengan pengukuran suhu pada setiap kamar dari hasil simulasi *ecotect* untuk bangunan eksisting, maka akan terlihat terjadinya penurunan suhu pada kamar-kamar tersebut. Namun pada simulasi juga terlihat suhu pada pagi hari cenderung jauh lebih tinggi dibandingkan suhu luarnya. Kemungkinan hal ini terjadi dikarenakan adanya akumulasi panas yang justru keluar ketika pagi hari menjelang. Dari grafik pun terlihat bahwa rata-rata suhu ruangan *suite room* berada di bawah suhu pada ruang *north* dan *south*. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, desain rekomendasi ini diutamakan untuk melihat perubahan terutama pada kamar *suite room*. penurunan suhu dikarenakan *shading device* mengurangi masuknya cahaya ke dalam kamar tersebut.

Grafik pergerakan suhu yang disimulasikan pada *ecotect* terbukti berhasil menurunkan suhu ruangan. Meskipun pada beberapa titik penurunan hanya mencapai $0,1^{\circ}\text{C}$ namun pada beberapa waktu pula terdapat penurunan yang cukup baik. Salah satu penyebabnya memang pada bulan november saat dilakukan survei, matahari sedang terik dibandingkan hari-hari sebelumnya. Meskipun begitu, desain tetap bisa dikatakan berhasil dikarenakan adanya penurunan suhu dikarenakan oleh rekomendasi desain fasade tersebut. Meskipun hanya sedikit, tapi dapat mempengaruhi total energi yang perlu dikerahkan oleh pendingin ruangan.

3. Energi

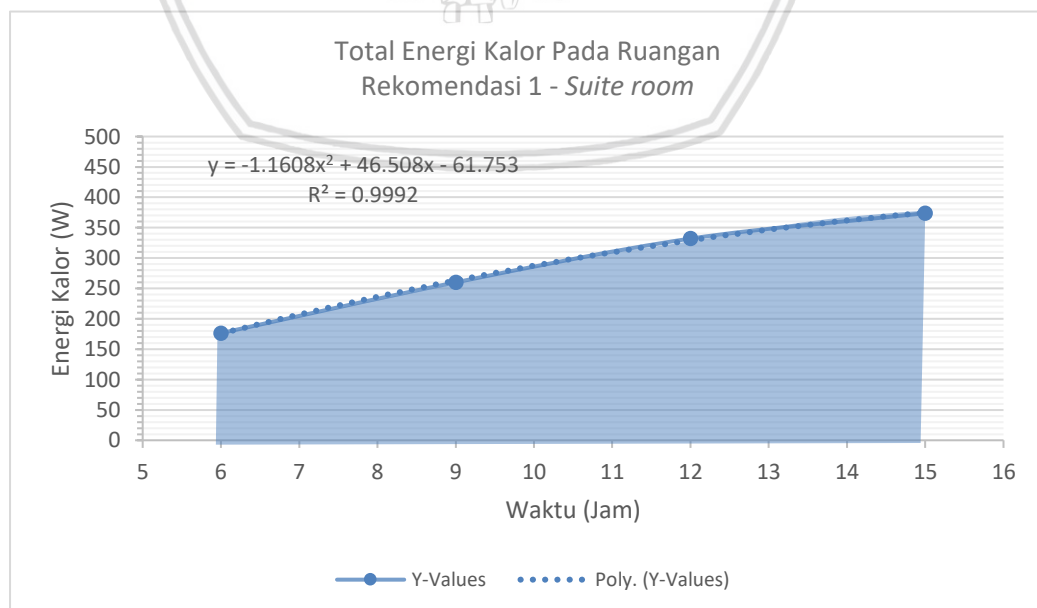
a. Suite Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* yaitu $m = (44 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 166,32 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.25 Satuan Q Rekomendasi 1– Suite Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	635.176,08	176,44	0,176	602,03
Jam 9	936.048,96	260,01	0,260	887,20
Jam 12	1.195.133,94	331,98	0,332	1.132,77
Jam 15	1.345.570,38	373,77	0,374	1.275,35

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore dengan nilai sebesar 373,77 Wh atau sama dengan 1.275,35 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Gambar 4.60 Grafik Q Rekomendasi 1 – Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang diarsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *suite room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 2.616,907 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 2616,907 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

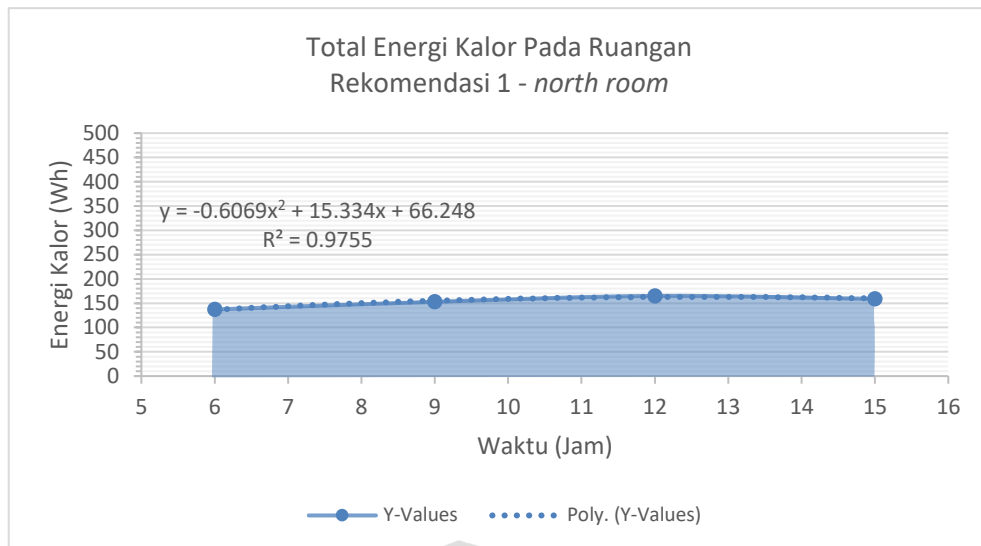
b. North Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *north room* yaitu $m = (23 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 86,94 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.26 Satuan Q Rekomendasi 1– North Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	493.667,06	137,13	0,137	467,91
Jam 9	550.460,61	152,91	0,153	521,74
Jam 12	594.147,96	165,04	0,165	563,14
Jam 15	572.304,29	158,97	0,159	542,44

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua belas siang dengan nilai sebesar 165,04 Wh atau sama dengan 563,14 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah ini:



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4.61 Grafik Q Rekomendasi 1 – North Room

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.406,229 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.406,229 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

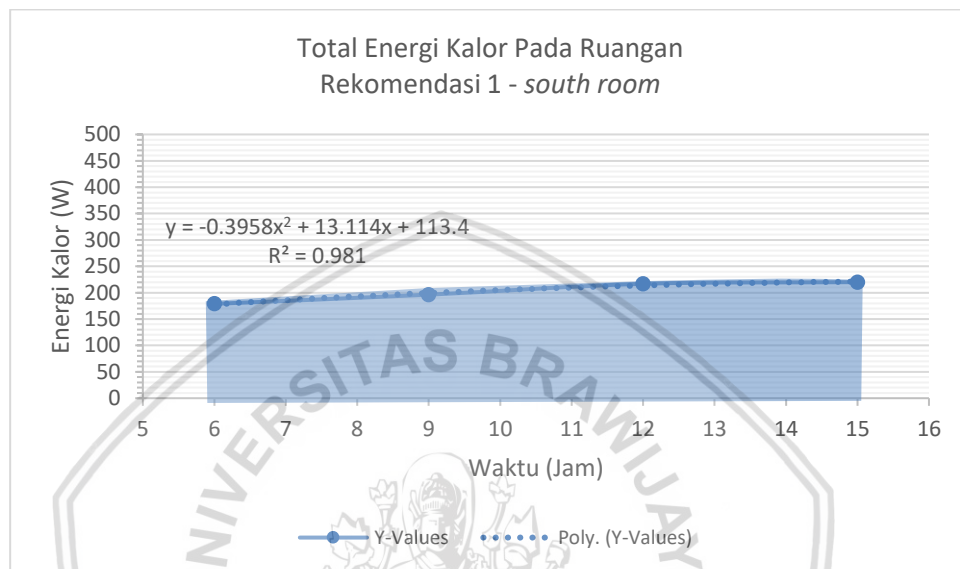
c. South Room

Sesuai dengan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar south room yaitu $m = (30 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 113,40 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.27 Satuan Q Rekomendasi 1– South Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	643.913,55	178,86	0,179	610,31
Jam 9	706.595,40	196,28	0,196	669,72
Jam 12	780.673,95	216,85	0,217	739,94
Jam 15	792.070,65	220,02	0,220	750,74

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore dengan nilai sebesar 212,11 Wh atau sama dengan 723,73 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Gambar 4.62 Grafik Q Rekomendasi 1 –South Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.843,096 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.843,096 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

Tabel 4.28 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 1

Waktu	Suite Room		North Room		South Room	
	Wh	BTU	Wh	BTU	Wh	BTU
Jam 6	176,44	602,03	137,13	467,91	178,86	610,31
Jam 9	260,01	887,20	152,91	521,74	196,28	669,72
Jam 12	331,98	1.132,77	165,04	563,14	216,85	739,94
Jam 15	373,77	1.275,35	158,97	542,44	220,02	750,74
Total (9 jam)	2.616,91	8.929,26	1.406,23	4.798,25	1.843,10	6.288,90

Satuan Watt.hour (Wh) menunjukkan total energi untuk menurunkan suhu ruang menjadi suhu ideal selama sembilan jam. Sedangkan satuan BTU dapat digunakan untuk menentukan kapasitas AC pada ruangan tersebut. Ruang *suite room* memiliki penurunan paling banyak terhadap energi simulasi eksisting dengan selisih 381,34 Wh. Untuk ruang *north room* dibandingkan dengan simulasi eksisting didapat nilai 51,83 Wh selisihnya. Sedangkan pada ruang *south room* selisih total energinya lebih hemat sebesar 55,22 Wh dibandingkan simulasi eksisting.

Tabel 4.29 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 1

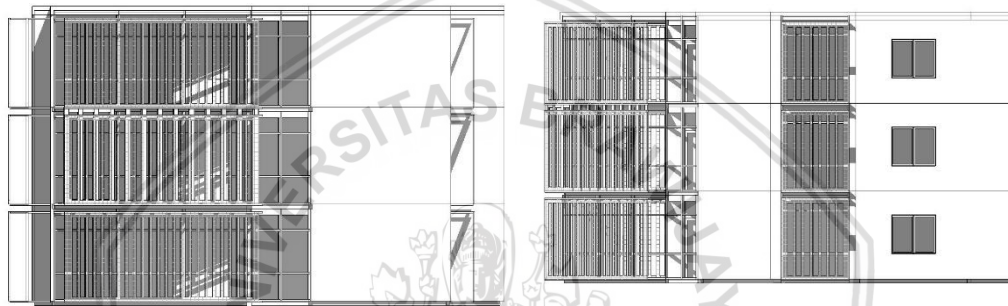
Kamar	kWh	BTU/h (9 Jam)	1 kamar (Rp/9jam)	Jumlah Kamar	Per hari (Rupiah)	Per bulan (Rupiah)
Suite	2,617	992,14	3.839,74	6	23.038,41	691.152,35
North	1,406	533,14	2.063,33	229	472.502,96	14.175.088,69
South	1,843	698,77	2.704,34	6	16.226,03	486.780,82

Hasil nilai BTU/h pada tiap kamar terhitung kecil, sehingga tiap kamar hanya cukup memerlukan AC dengan $\frac{1}{2}$ PK yang mampu menampung daya sampai 5000 BTU/h. Biaya listrik AC per kamar dihitung berdasarkan biaya listrik PLN untuk bangunan hotel, yaitu sebesar 1.467,28 Rupiah per kWhnya. Sehingga total biaya listrik khusus untuk AC pada tiap kamarnya dapat dihitung. Kolom per hari dan per bulan merupakan total biaya listrik yang sudah dikalikan dengan jumlah kamar.

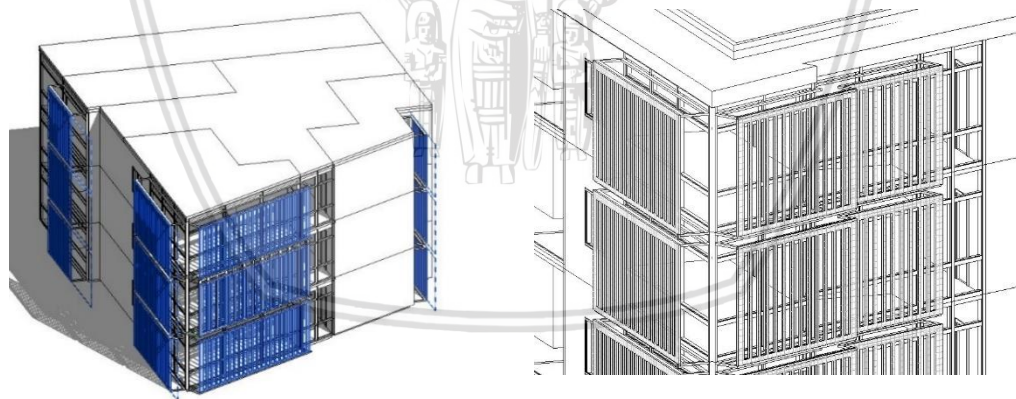
Dari hasil perhitungan pada tabel diatas kamar *suite room* perbandingan dengan simulasi eksisting berhasil menghemat sebesar 100.716,65 Rupiah perbulan. Ruang *north room* menghabiskan biaya paling besar namun berhasil menghemat biaya senilai 522.467,55 Rupiah per bulannya dibandingkan dengan sebelumnya. Sedangkan total selisih biaya terendah ada pada ruang *south room* yang perbedaan biayanya hanya sebesar 13.585,50 Rupiah saja. Sehingga secara keseluruhan nilai biaya perbulannya berhasil turun sebesar 637.769,70 rupiah.

4.5.2 Rekomendasi 2

Pada rekomendasi desain yang ke dua ini fasade yang di buat merupakan *double façade*. Pembuatan desain masih sama dengan rekomendasi pertama yaitu memantau intensitas cahaya yang memasuki ruang kamar hotel. Sehingga pada fasade kedua yang berada pada bagian luar dibuat separuh tertutupi oleh material aluminum yang berbentuk jaring-jaring persegi. Menjadikan desain fasade menjadi semi tertutup karena desain fasade dibuat belubang-lubang pada pola tersebut. Dengan adanya *air gap* selebar 70 cm dimanfaatkan untuk pengaliran angin supaya dinding di dalamnya lebih sejuk. Selain itu pemilihan dimensi selebar itu ditujukan untuk perawatan agar mudah untuk di aksesya.



Gambar 4.63 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 2

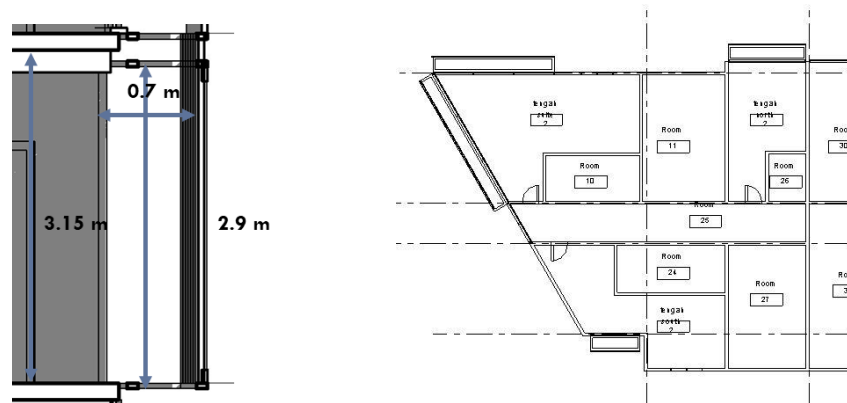


Gambar 4.64 Elemen Fasade Rekomendasi 2

Sumber: Hasil Analisis

Sesuai dengan yang terlihat pada gambar, fasade ini memiliki jarak dengan dinding bangunan sejauh 70 cm. Pemilihan dari sudut ini sendiri merupakan hasil analisis dari kondisi lingkungan dimana cahaya matahari yang masuk dalam kamar cukup banyak sehingga penghalang matahari perlu diperluas lagi. Dinding fasade ditopang dengan frame yg mengikat ujung atas dan ujung bawah dari fasade. Dengan bentukan penghalang matahari yang lebih *massive* namun berongga diharapkan

dapat memfilter cahaya matahari yang masuk tetapi pengguna di dalamnya masih dapat melihat ke arah luar bangunan.

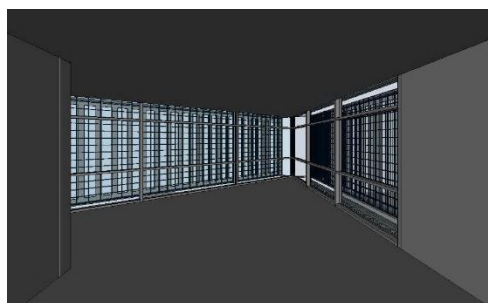
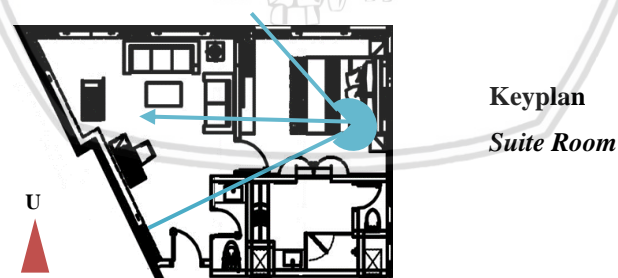


Gambar 4.65 Dimensi Fasade dan Tampilan pada Denah; Rekomendasi 2

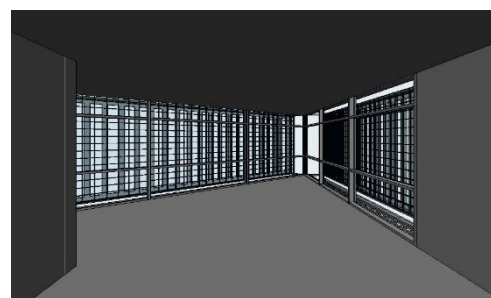
Sumber: Hasil Analisis

1. Sinar Matahari

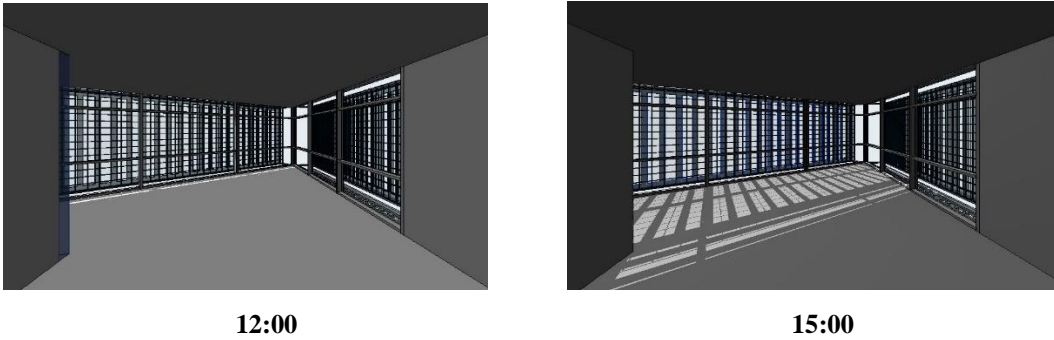
Desain rekomendasi 2 berbeda dengan rekomendasi 1 yang memiliki *shading device*, rekomendasi ini menggunakan *double façade* yang menutupi keseluruhan dinding kaca. Dengan begitu sinar matahari yang memasuki ruangan lebih tersaring lagi dibandingkan dengan desain yang sebelumnya. Meski begitu bukan berarti ruangan kamar tidak mendapat asupan cahaya matahari sama sekali. Dengan desain yang berbentuk seperti jaring, tetap memungkinkan sinar matahari untuk masuk. Adapun berikut adalah kondisi pencahayaan pada tiap ruang kamar:



06:00



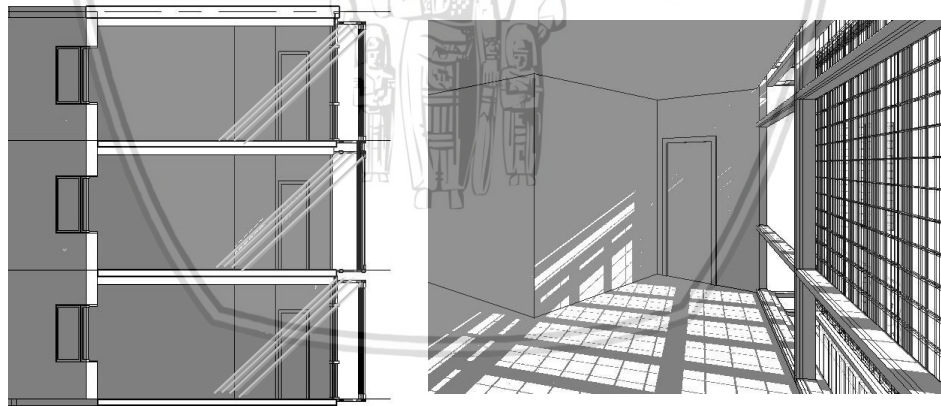
09:00



Gambar 4.66 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 2 *suite room*

Sumber: Hasil Analisis

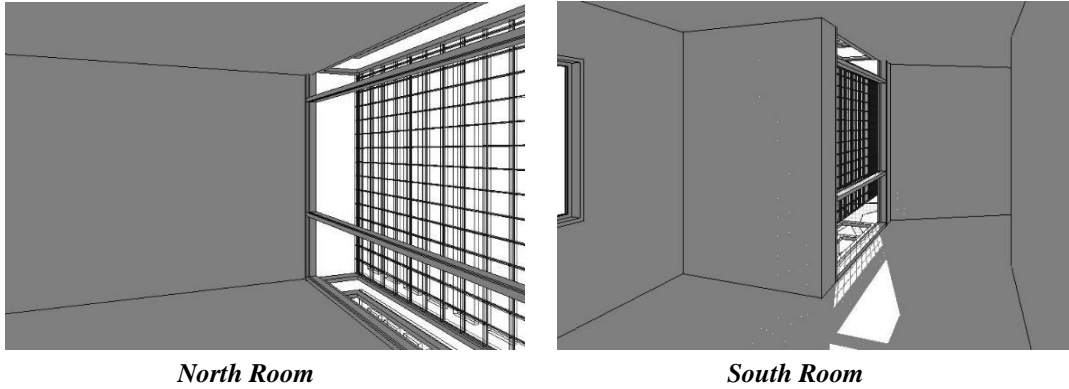
Dengan adanya jaring-jaring yang menghalangi sinar matahari menjadikan rekomendasi ini lebih teduh. Pada pukul enam pagi terlihat ruangan masih terhitung gelap jika dibandingkan dengan kondisi eksistingnya. Mulai dari pagi pukul enam hingga siang hari pukul sembilan tidak ditemui adanya sinar matahari yang menerobos masuk ke dalam kamar. Pada pukul dua belas siang hanya terdapat sedikit sinar matahari yang berhasil menembus ke dalam. Tetapi pada pukul tiga sore masih muncul pembayangan dari sinar matahari yang cukup banyak. Namun dari yang terlihat, pada desain kedua ini terdapat lebih banyak bayangan terutama karena terbayangi oleh bentuk jaring-jaring pada fasade.



Gambar 4.67 Proyeksi Bayangan *Suite Room* Pukul 3 Sore; Rekomendasi 2

Sumber: Hasil Analisis

Gambar diatas menunjukkan bagaimana pencahayaan dari matahari masuk kedalam kamar *suite room* dengan menggunakan rekomendasi fasade kedua. Meskipun masih banyak sinar matahari yang dirasa berlebih masuk ke ruangan namun sudah tersaring dengan bentuk dari desain fasade kedua ini karena lebih banyak area tertutup yang terbayangi oleh fasade tersebut.

*North Room**South Room***Gambar 4.68 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 2**

Sumber: Hasil Analisis

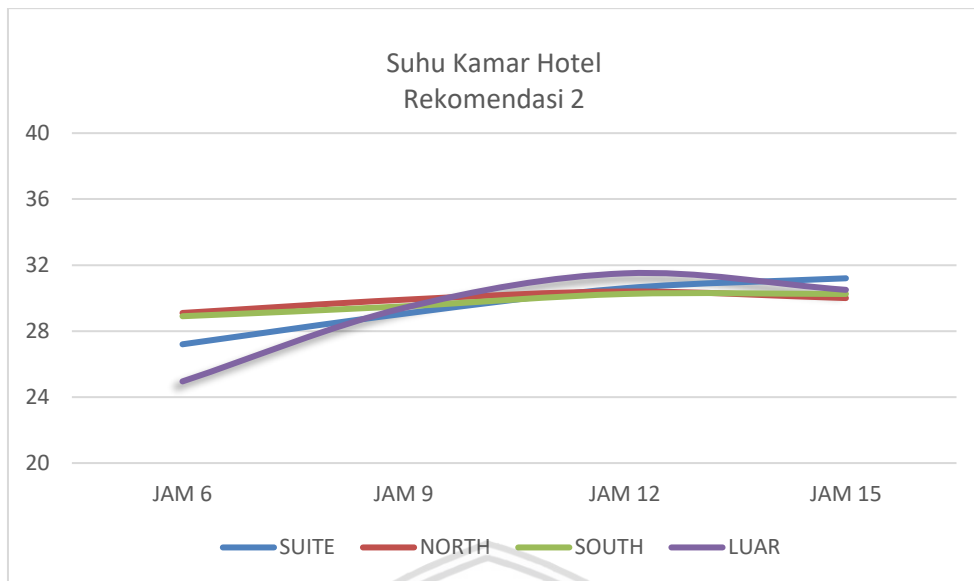
North room yang sejak awal tidak tersinari oleh matahari pada saat pengukuran maupun simulasi menjadikan ruangan ini tidak mendapatkan pengaruh dari desain yang mengutamakan pada pembayangan untuk cahaya matahari. Sehingga pada pengukuran suhu, perubahan suhunya tidak terlalu banyak terasa. Sedangkan pada kamar di sisi selatan didapati sinar matahari yang masuk melalui celah dari kedua fasade. Sehingga jika dibandingkan dengan rekomendasi pertama, kamar selatan ini justru kembali terpapar matahari.

3. Suhu Ruangan

Rekomendasi desain fasade pada pembahasan ini memiliki tujuan utama yaitu untuk menurunkan suhu ruangan. Setelah dibuat desain untuk dan menjadi rekomendasi, akan dihasilkan perbedaan pada segi suhu dalam ruangnya tersebut. Pengukuran suhu ruangan setelah bangunan ditambahkan dengan desain hasil rekomendasi kemudian dihitung menggunakan *ecotect* dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.30 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 2

	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,20	29,10	28,90	24,95
JAM 9	29,05	29,90	29,50	29,40
JAM 12	30,60	30,40	30,25	31,50
JAM 15	31,20	30,00	30,25	30,50



Gambar 4.69 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 2

Sumber: Hasil Analisis

Grafik pergerakan suhu yang disimulasikan pada *ecotect* terbukti berhasil menurunkan suhu ruangan lebih banyak bila dibandingkan dengan rekomendasi yang pertama. Meskipun pada beberapa titik penurunan hanya berkisar dibawah satu derajat namun pada beberapa waktu pula terdapat penurunan yang cukup baik dibandingkan sebelumnya. Pada pagi hari suhu ruang *suite room* lebih rendah dibandingkan dengan kamar lainnya namun semakin siang suhu ruangan terus bertambah bahkan ketika menjelang sore suhu *suite room* tetap naik ketika kedua kamar lainnya sudah mulai menurun suhunya.

3. Energi

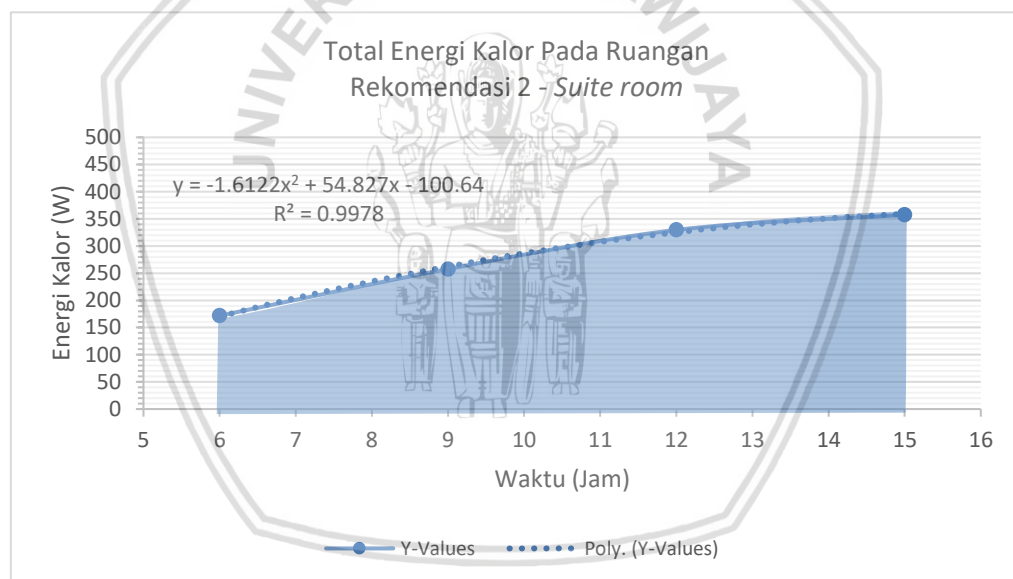
a. Suite Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* yaitu $m = (44 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 166,32 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4 31 Satuan Q Rekomendasi 2– Suite Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	618.460,92	171,79	0,172	586,19
Jam 9	927.691,38	257,69	0,258	879,28
Jam 12	1.186.776,36	329,66	0,330	1.124,85
Jam 15	1.287.067,32	357,52	0,358	1.219,90

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore dengan nilai sebesar 357,52 Wh atau sama dengan 1.219,90 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4.70 Grafik Q Rekomendasi 2 – Suite Room

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *suite room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 2.777,745 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 2.777,745 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

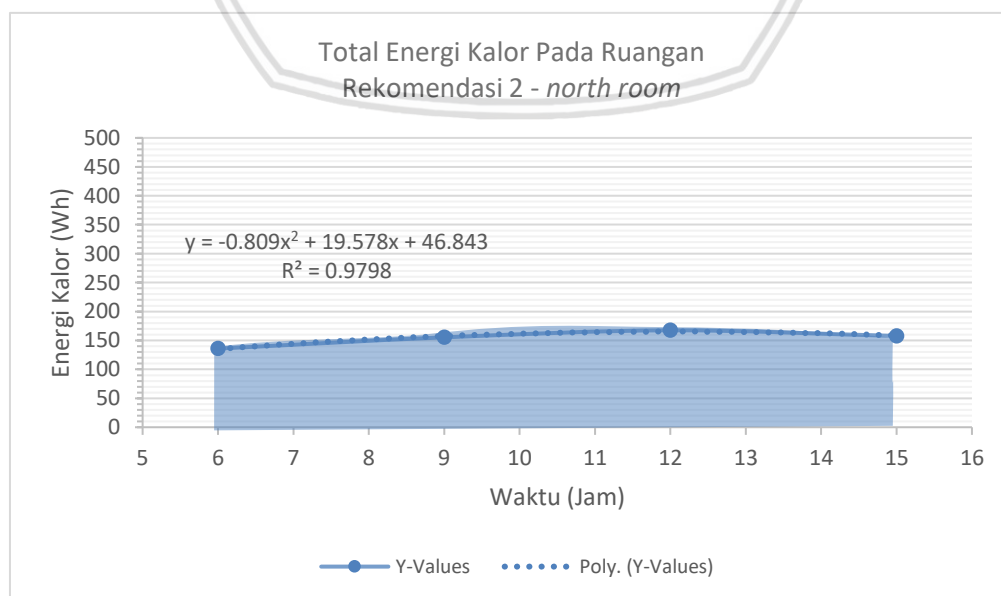
b. North Room

Sesuai dengan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *north room* yaitu $m = (23 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 86,94 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.32 Satuan Q Rekomendasi 2– North Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	489.298,32	135,92	0,136	463,77
Jam 9	559.198,08	155,33	0,155	530,02
Jam 12	602.885,43	167,47	0,167	571,43
Jam 15	567.935,55	157,76	0,158	538,30

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua belas siang dengan nilai sebesar 167,47 Wh atau sama dengan 571,43 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.71 Grafik Q Rekomendasi 2 – North Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.419,831 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.419,831 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

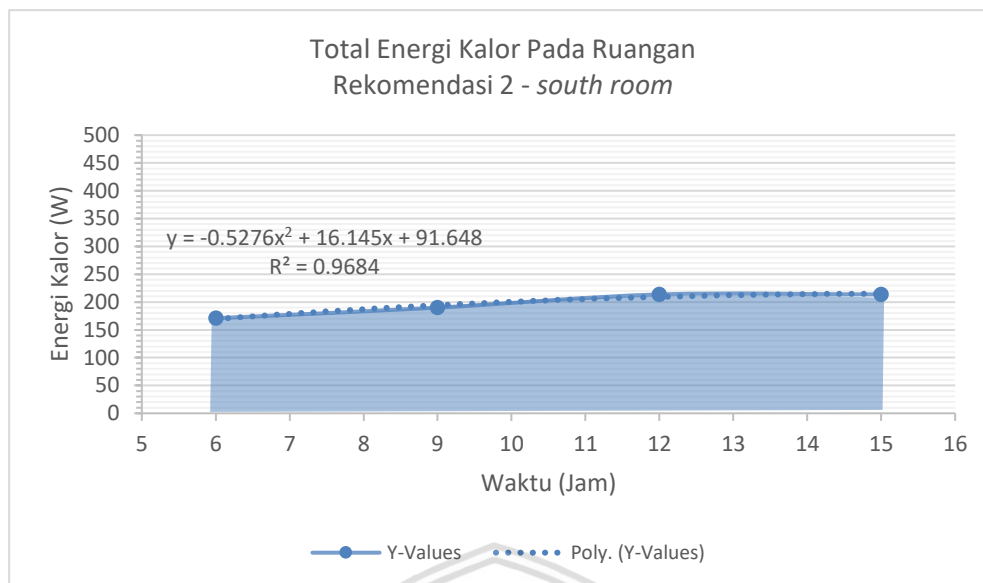
c. South Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *south room* yaitu $m = (30 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 113,40 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.33 Satuan Q Rekomendasi 2– South Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	615.421,80	170,95	0,171	583,31
Jam 9	683.802,00	189,95	0,190	648,12
Jam 12	769.277,25	213,69	0,214	729,13
Jam 15	769.277,25	213,69	0,214	729,13

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua belas dan tiga sore karena keduanya memiliki suhu yang sama sehingga besaran energinya sama yaitu sebesar 213,69 Wh atau sama dengan 729,13 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Gambar 4.72 Grafik Q Rekomendasi 2 –South Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.794,972 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.794,972 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

Tabel 4.34 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 2

Waktu	<i>Suite Room</i>		<i>North Room</i>		<i>South Room</i>	
	Wh	BTU	Wh	BTU	Wh	BTU
Jam 6	171,79	586,19	135,92	463,77	170,95	583,31
Jam 9	257,69	879,28	155,33	530,02	189,95	648,12
Jam 12	329,66	1.124,85	167,47	571,43	213,69	729,13
Jam 15	357,52	1.219,90	157,76	538,30	213,69	729,13
Total (9 jam)	2.777,75	9.478,06	1.419,83	4.844,66	1.794,97	6.124,70

Satuan Watt.hour (Wh) menunjukkan total energi untuk menurunkan suhu ruang menjadi suhu ideal selama sembilan jam. Sedangkan satuan BTU dapat digunakan untuk menentukan kapasitas AC pada ruangan tersebut. Ruang *suite room* memiliki penurunan paling banyak terhadap energi simulasi eksisting dengan selisih 220,51 Wh. Untuk ruang *north room* dibandingkan dengan simulasi eksisting didapat

nilai 38,23 Wh selisihnya. Sedangkan pada ruang *south room* selisih total energinya lebih hemat sebesar 103,35 Wh dibandingkan simulasi eksisting.

Tabel 4.35 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 2

Kamar	kWh	BTU/h (9 Jam)	1 kamar (Rp/9jam)	Jumlah Kamar	Per hari (Rupiah)	Per bulan (Rupiah)
Suite	2,778	1.053,12	4.075,73	6	24.454,38	733.631,34
North	1,420	538,30	2.083,29	229	477.073,33	14.312.199,76
South	1,795	680,52	2.633,73	6	15.802,36	474.070,77

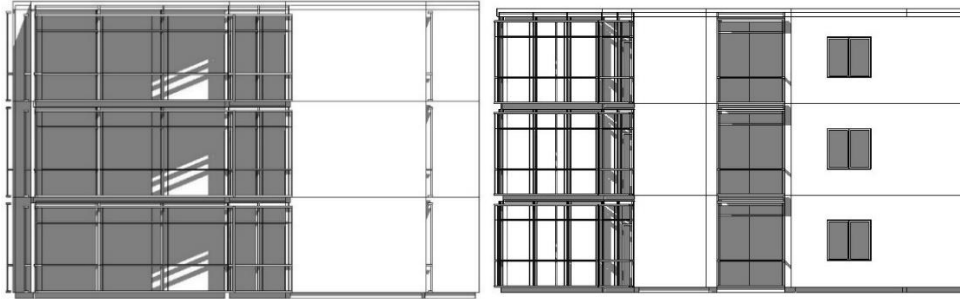
Hasil nilai BTU/h pada tiap kamar terhitung kecil, sehingga tiap kamar hanya cukup memerlukan AC dengan $\frac{1}{2}$ PK yang mampu menampung daya sampai 5000 BTU/h. Biaya listrik AC per kamar dihitung berdasarkan biaya listrik PLN untuk bangunan hotel, yaitu sebesar 1.467,28 Rupiah per kWhnya. Sehingga total biaya listrik khusus untuk AC pada tiap kamarnya dapat dihitung. Kolom per hari dan per bulan merupakan total biaya listrik yang sudah dikalikan dengan jumlah kamar.

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas kamar *suite room* perbandingan dengan simulasi eksisting berhasil menghemat sebesar 58.237,66 Rupiah perbulan. Ruang *north room* menghabiskan biaya paling besar namun berhasil menghemat biaya senilai 385.356,49 Rupiah per bulannya dibandingkan dengan sebelumnya. Sedangkan total selisih biaya terendah ada pada ruang *south room* yang perbedaan biayanya hanya sebesar 27.295,55 Rupiah saja. Sehingga secara keseluruhan nilai biaya perbulannya berhasil turun sebesar 470.889,70 rupiah.

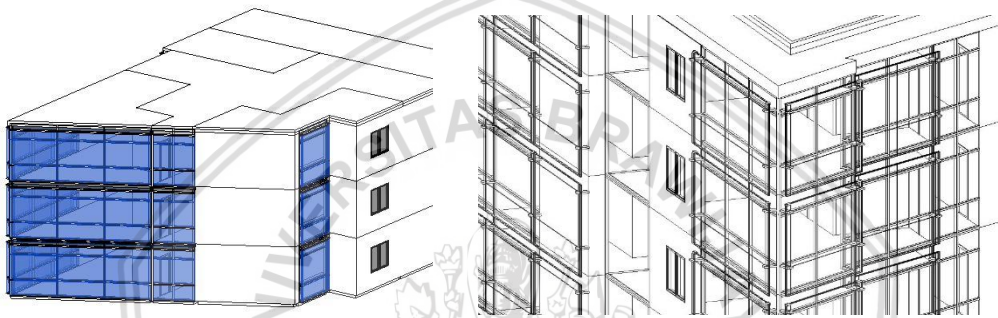
4.5.3 Rekomendasi 3

Pada rekomendasi desain yang ketiga ini didasari dari ruangan pada sisi utara dan selatan yang pada dasarnya tidak terpapar sinar matahari langsung secara berlebihan. Pada kedua rekomendasi sebelumnya, hal utama yang dilakukan adalah mengurangi banyaknya sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan. Rekomendasi ketiga ini memilih pendekatan yaitu dengan fasade ganda atau yang sering disebut sebagai *double façade*. Namun tidak berhenti pada *double façade* saja, material dari bangunan pun turut diubah. Salah satu cara untuk mengurangi efek dari kaca yaitu dengan menambahkan lapisan dinding lagi. Oleh karena itu pada rekomendasi ini dinding kaca diberi selubung dinding kedua dengan bahan yang sama yaitu kaca, namun perbedaannya yaitu kedua dinding kaca tersebut ditambahkan kaca reflektif atau *reflective glass* yang mampu memantulkan kembali sinar matahari yang datang.

Adapun tinggi dari fasade ganda ini mengikuti batas lantai sampai batas plafon dalam ruangan. Sehingga pada tiap lantainya terdapat celah atau *air gap* yang ditujukan untuk adanya aliran angin yang masuk diantara celah tersebut.



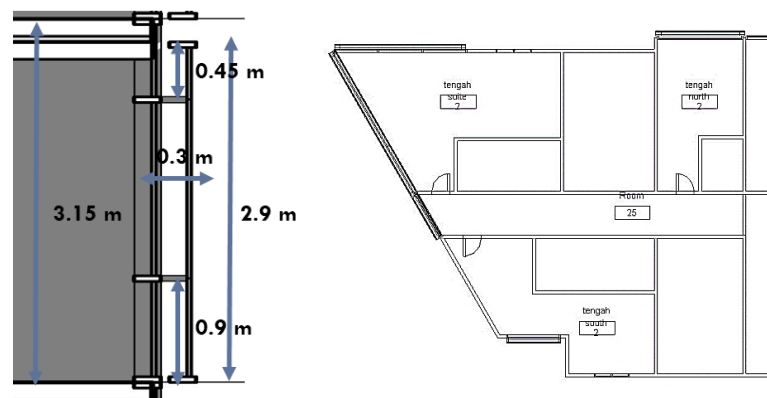
Gambar 4.73 Tampak Barat dan Selatan Rekomendasi 3



Gambar 4.74 Elemen Fasade Rekomendasi 3

Sumber: Hasil Analisis

Seperti yang terlihat pada gambar, dinding kaca pada tiap lantai terlihat menjadi lebih tebal karena berlapis. Alasan mengapa material yang sama tetap digunakan yaitu agar pemandangan dari dalam ruangan tidak berkurang. Sehingga dari segi visual tidak terasa perubahan yang terlalu signifikan. *Air gap* selebar 0,3 m digunakan dengan agar terdapat aliran udara yang bisa lewat. Lebar *air gap* tidak dibuat terlalu besar dikarenakan lahan tapak yang sempit akan membuat bangunan terlihat lebih *massive* jika jaraknya terlalu besar.

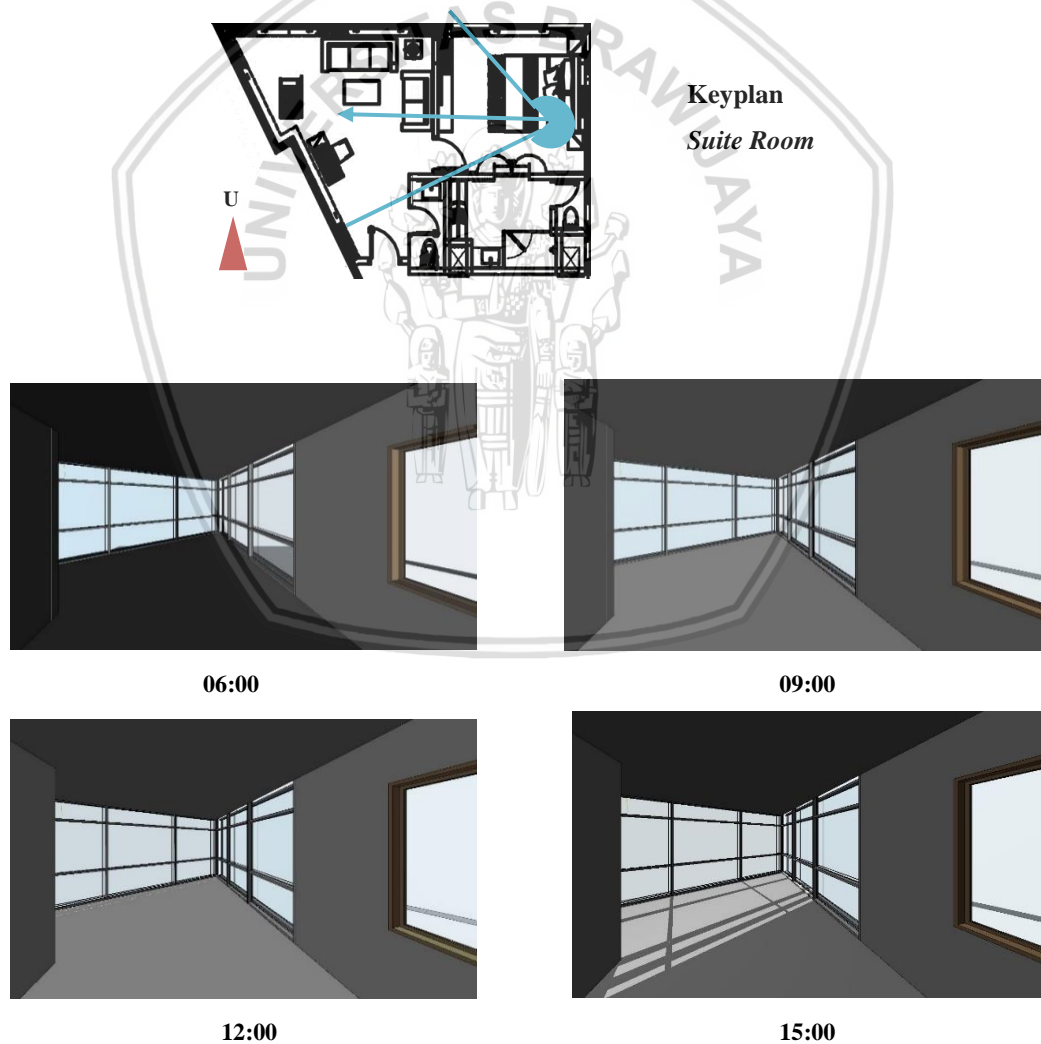


Gambar 4.75 Dimensi Fasade dan Tampilan pada Denah; Rekomendasi 3

Sumber: Hasil Analisis

1. Sinar Matahari

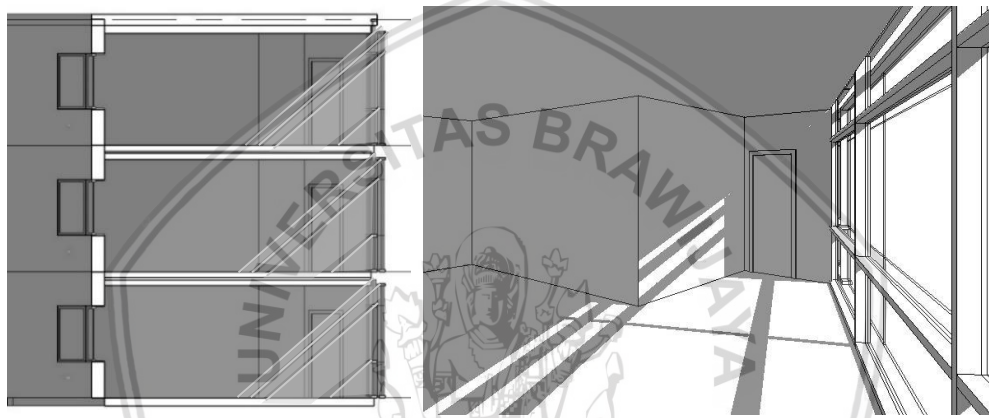
Desain rekomendasi 3 yang menambahkan lapisan dinding kaca pada luar bangunan ini memang tidak dapat menutupi masuknya cahaya matahari dari luar bangunan seperti pada kedua rekomendasi lainnya. Dari segi pancaran sinar matahari dalam ruangan, desain rekomendasi ini akan mirip dengan kondisi eksisting bangunan sebelum penambahan desain fasade. Namun penghawaan ruangan akan menurun disaat matahari bersinar terik di luar lingkungan bangunan karena dibantu oleh dinding kaca lapisan kedua tersebut. Karena meskipun sama-sama berbahan transparan, namun dengan lapisan ganda sinar matahari dapat tersaring sebanyak dua kali. Dengan material kaca yang bersifat reflektif akan memantulkan kembali sinar matahari berlebih yang masuk melalui dinding kaca.



Gambar 4.76 Simulasi Pencahayaan Rekomendasi 3 Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Dengan adanya penggandaan dinding atau *double façade* ternyata dapat mengurangi silaunya cahaya matahari dalam ruangan. Dinding ganda menyebabkan ruangan menjadi lebih teduh. Sama seperti pada rekomendasi lainnya, pada pukul enam pagi serta sembilan pagi belum ada cahaya yang menyinari ruangan dikarenakan posisi kamar yang menghadap ke barat disaat matahari terbit dari timur. Pada pukul dua belas siang hanya terlihat garis-garis tipis lurus cahaya yang berhasil menerobos ke dalam ruang kamar ini. Tetapi pada pukul tiga sore cahaya mulai masuk dengan porsi yang cukup banyak. Meskipun begitu, dibandingkan dengan eksisting bangunan, dinding kaca double dapat mengurangi tingkat kesilauan dari sinar matahari yang memasuki kamar ini.



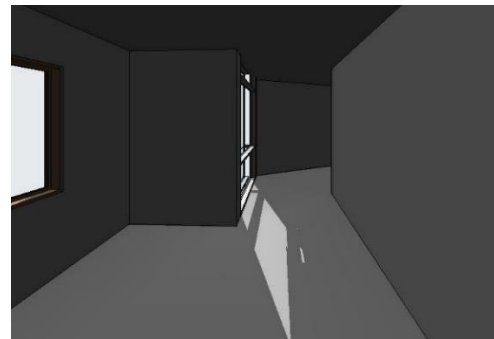
Gambar 4.77 Proyeksi Bayangan *Suite Room* Pukul 3 Sore; Rekomendasi 3

Sumber: Hasil Analisis

Gambar diatas menunjukkan bagaimana pencahayaan dari matahari masuk ke dalam kamar *suite room* dengan menggunakan rekomendasi fasade ketiga. Jika dibandingkan dengan rekomendasi sebelumnya terlihat jelas sinar matahari yang masuk terbilang lebih banyak. Meskipun bukan berarti tidak berkurang sama sekali.



North Room



South Room

Gambar 4.78 Pembayangan Pukul 3 Sore; Rekomendasi 3

Sumber: Hasil Analisis

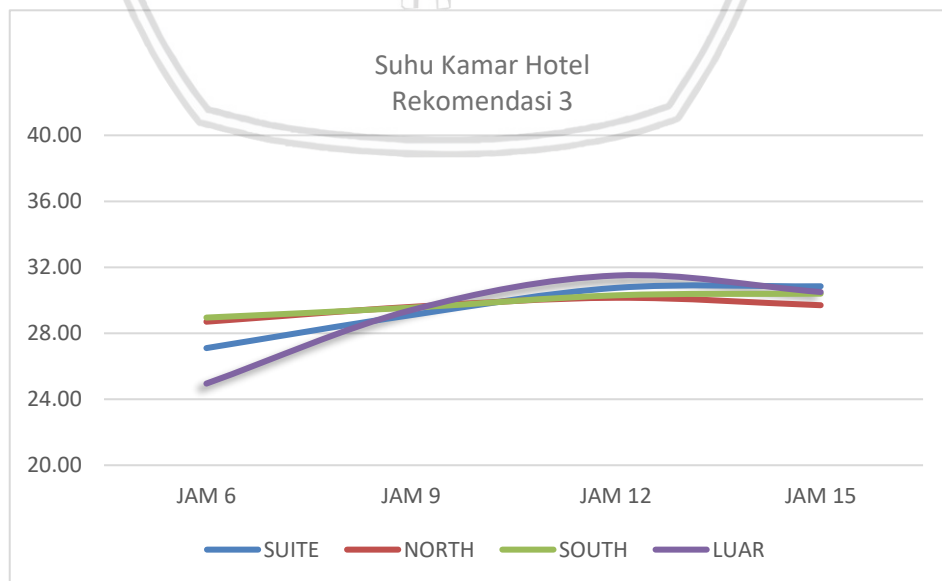
North room yang sejak awal tidak tersinari oleh matahari pada saat pengukuran maupun simulasi menjadikan ruangan ini tidak mendapatkan pengaruh dari desain yang mengutamakan pada pembayangan untuk cahaya matahari. Dari desain inipun jika membahas mengenai intensitas cahaya yang masuk juga tidak akan terpengaruh. Lain halnya dengan *south room* pada desain ini terlihat adanya cahaya yang menembus masuk ke dalam ruangan lebih banyak bila dibandingkan dengan rekomendasi 1 dan 2.

4. Suhu Ruangan

Rekomendasi desain kali ini lebih memfokuskan pada penurunan suhu ruangan agar kamar pada bagian utara dan selatan dapat ikut terpengaruh. Dari segi material, dinding kaca banyak mempengaruhi suhu di dalam ruangan sehingga desain dibuat dalam rangka mengurangi efek dari dinding kaca tersebut. Dari desain ini kemudian disimulasikan pada *ecotect* untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan material pada ruangan.

Tabel 4.36 Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 3

	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,10	28,70	28,95	24,95
JAM 9	29,10	29,60	29,55	29,40
JAM 12	30,75	30,15	30,30	31,50
JAM 15	30,85	29,70	30,40	30,50



Gambar 4.79 Grafik Suhu Tiap Kamar; Rekomendasi 3

Sumber: Hasil Analisis

Grafik pergerakan suhu yang disimulasikan pada *ecotect* terbukti berhasil menurunkan suhu ruangan. Jika dilihat dari grafik, suhu pada *suite room* lebih tinggi ketika siang harinya. Namun pada pagi hari ruang *north* dan *south room* cenderung lebih panas dari ruang *suite room* kemungkinan disebabkan dari perpindahan panas dari luar yang baru mencapai dalam ruangan pada pagi harinya.

Dengan rekomendasi ini, kamar pada sisi utara dan selatan cukup terpengaruh terlihat dari adanya perubahan suhu yang terasa pada ruangan tersebut. Penurunan suhu dari simulasi eksisting bisa dikatakan cukup berhasil dengan adanya penurunan suhu yang bisa mencapai satu hingga dua derajat celcius meskipun kebanyakan masih berkisar di antara nol sampai satu derajat.

3. Energi

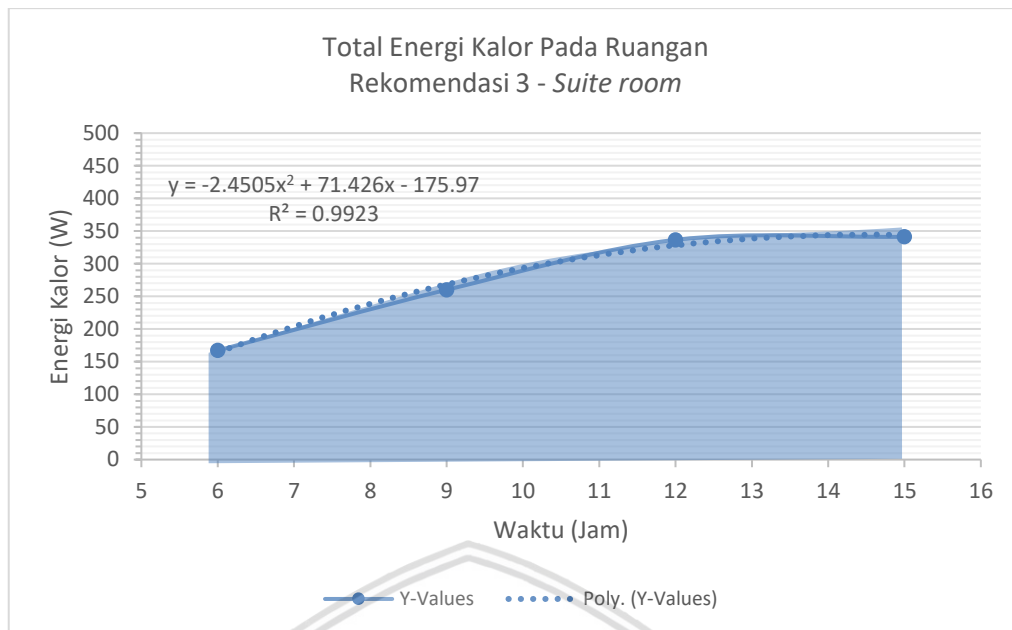
a. Suite Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *suite room* yaitu $m = (44 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 166,32 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.37 Satuan Q Rekomendasi 3– Suite Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	601.745,76	167,15	0,167	570,34
Jam 9	936.048,96	260,01	0,260	887,20
Jam 12	1.211.849,10	336,62	0,337	1.148,61
Jam 15	1.228.564,26	341,27	0,341	1.164,45

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul tiga sore yang memiliki nilai 341,27 Wh atau sama dengan 1.164,45 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah:



Gambar 4.80 Grafik Q Rekomendasi 3 – Suite Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *suite room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 2.585,651 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 2.585,651 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

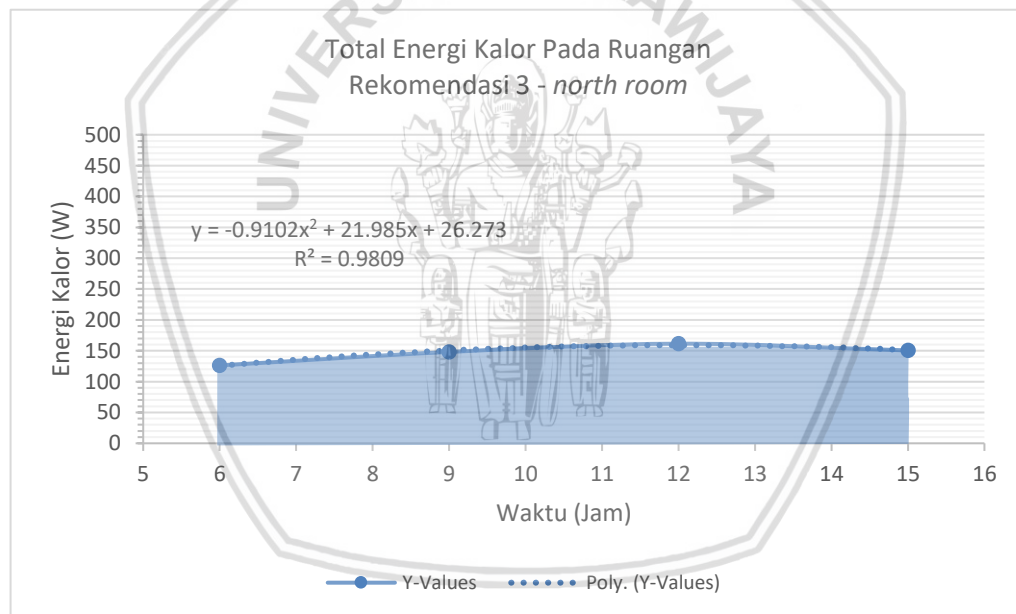
b. North Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *north room* yaitu $m = (23 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 86,94 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.38 Satuan Q Rekomendasi 3– North Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	454.348,44	126,21	0,126	430,64
Jam 9	532.985,67	148,05	0,148	505,17
Jam 12	581.041,76	161,40	0,161	550,72
Jam 15	541.723,14	150,48	0,150	513,45

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi berada ketika pukul dua belas siang dengan nilai sebesar 161,40 Wh atau sama dengan 550,72 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah ini:

**Gambar 4.81 Grafik Q Rekomendasi 3 – North Room**

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.355,599 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.355,599 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

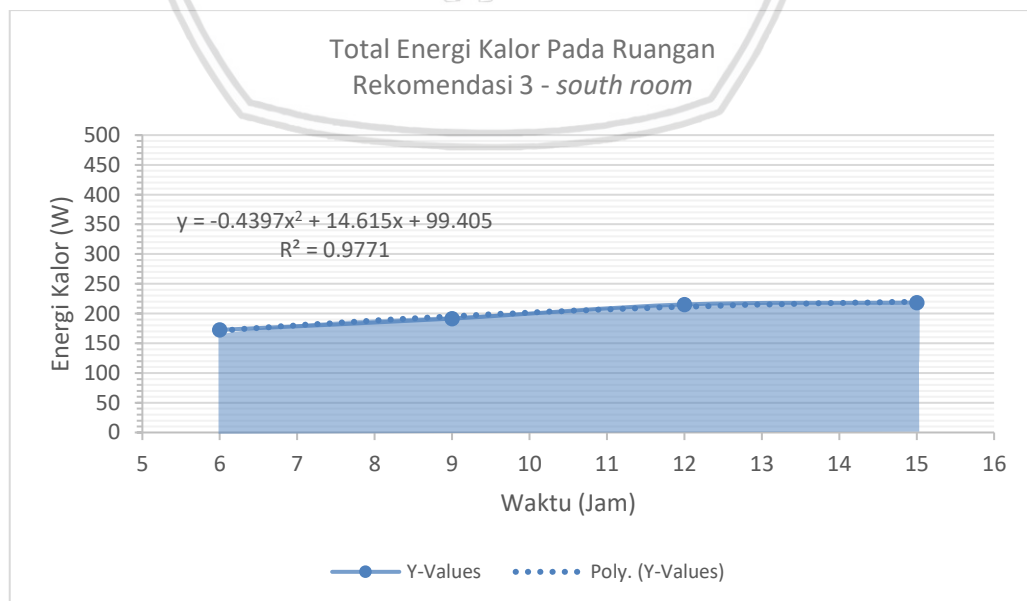
c. South Room

Sesuai dengan rumus $Q = m.c. \Delta T$ perlu diketahui massa dari material yang dalam hal ini adalah udara. Massa udara pada kamar *south room* yaitu $m = (30 \text{ m}^2 \cdot 3,15 \text{ m}) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 113,40 \text{ kg}$. Untuk nilai c sebesar $1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ sesuai dengan standar yang ada. Nilai perbandingan suhu (ΔT) memiliki angka yang berbeda-beda tergantung dengan data waktu yang dimasukkan ke dalam perhitungan. Dengan menggunakan rumus kalor maka akan dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.39 Satuan Q Rekomendasi 3– South Room

Waktu	Joule	Wh	kWh	BTU
Jam 6	621.120,15	172,53	0,173	588,71
Jam 9	689.500,35	191,53	0,192	653,52
Jam 12	774.975,60	215,27	0,215	734,54
Jam 15	786.372,30	218,44	0,218	745,34

Dapat terlihat waktu ketika total energi yang dikeluarkan berada pada titik paling tinggi sama seperti pada ruang lainnya yaitu berada ketika pukul tiga sore siang dengan nilai sebesar 218,44 Wh atau sama dengan 745,34 BTU. Kemudian untuk mengetahui total penggunaan energi selama rentang waktu pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menghitung luasan area dari grafik total energi. Untuk menghitung luas energi yang ingin diketahui dapat menggunakan rumus integral batas tertentu seperti yang tertera pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.82 Grafik Q Rekomendasi 3 –South Room

Sumber: Hasil Analisis

Area yang arsir pada grafik tersebut menunjukkan besaran nilai total dari energi pada kamar *north room* mulai dari pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 sesuai pada hasil simulasi *ecotect*. Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus integral untuk mengukur luar area sebuah kurva, didapatkan hasil perkiraan total luasan sebesar 1.812,758 satuan luas, yang dalam hal ini yaitu satuan Watt.hour (Wh). Total 1.812,758 Wh tersebut merupakan akumulasi energi panas selama sembilan jam yang ada di dalam ruangan dan harus dibuang dengan cara mendinginkan ruangan tersebut.

Tabel 4.40 Rangkuman Q Rata-rata; Rekomendasi 3

Waktu	<i>Suite Room</i>		<i>North Room</i>		<i>South Room</i>	
	Wh	BTU	Wh	BTU	Wh	BTU
Jam 6	167,15	570,34	126,21	430,64	172,53	588,71
Jam 9	260,01	887,20	148,05	505,17	191,53	653,52
Jam 12	336,62	1.148,61	161,40	550,72	215,27	734,54
Jam 15	341,27	1.164,45	150,48	513,45	218,44	745,34
Total (9 jam)	2.585,65	8.822,61	1.355,60	4.625,50	1.812,76	6.185,39

Satuan Watt.hour (Wh) menunjukkan total energi untuk menurunkan suhu ruang menjadi suhu ideal selama sembilan jam. Sedangkan satuan BTU dapat digunakan untuk menentukan kapasitas AC pada ruangan tersebut. Ruang *suite room* memiliki penurunan paling banyak terhadap energi simulasi eksisting dengan selisih 412,60 Wh. Untuk ruang *north room* dibandingkan dengan simulasi eksisting didapat nilai 102,46 Wh selisihnya. Sedangkan pada ruang *south room* selisih total energinya lebih hemat sebesar 85,56 Wh dibandingkan simulasi eksisting.

Tabel 4.41 Total Biaya Listrik AC; Rekomendasi 3

Kamar	kWh	BTU/h (9 Jam)	1 kamar (Rp/9jam)	Jumlah Kamar	Per hari (Rupiah)	Per bulan (Rupiah)
Suite	2,586	980,29	3.793,87	6	22.763,24	682.897,32
North	1,356	513,94	1.989,04	229	455.490,92	13.664.727,48
South	1,813	687,27	2.659,82	6	15.958,94	478.768,24

Hasil nilai BTU/h pada tiap kamar terhitung kecil, sehingga tiap kamar hanya cukup memerlukan AC dengan $\frac{1}{2}$ PK yang mampu menampung daya sampai 5000 BTU/h. Biaya listrik AC per kamar dihitung berdasarkan biaya listrik PLN untuk bangunan hotel, yaitu sebesar 1.467,28 Rupiah per kWhnya. Sehingga total biaya

listrik khusus untuk AC pada tiap kamarnya dapat dihitung. Kolom per hari dan per bulan merupakan total biaya listrik yang sudah dikalikan dengan jumlah kamar.

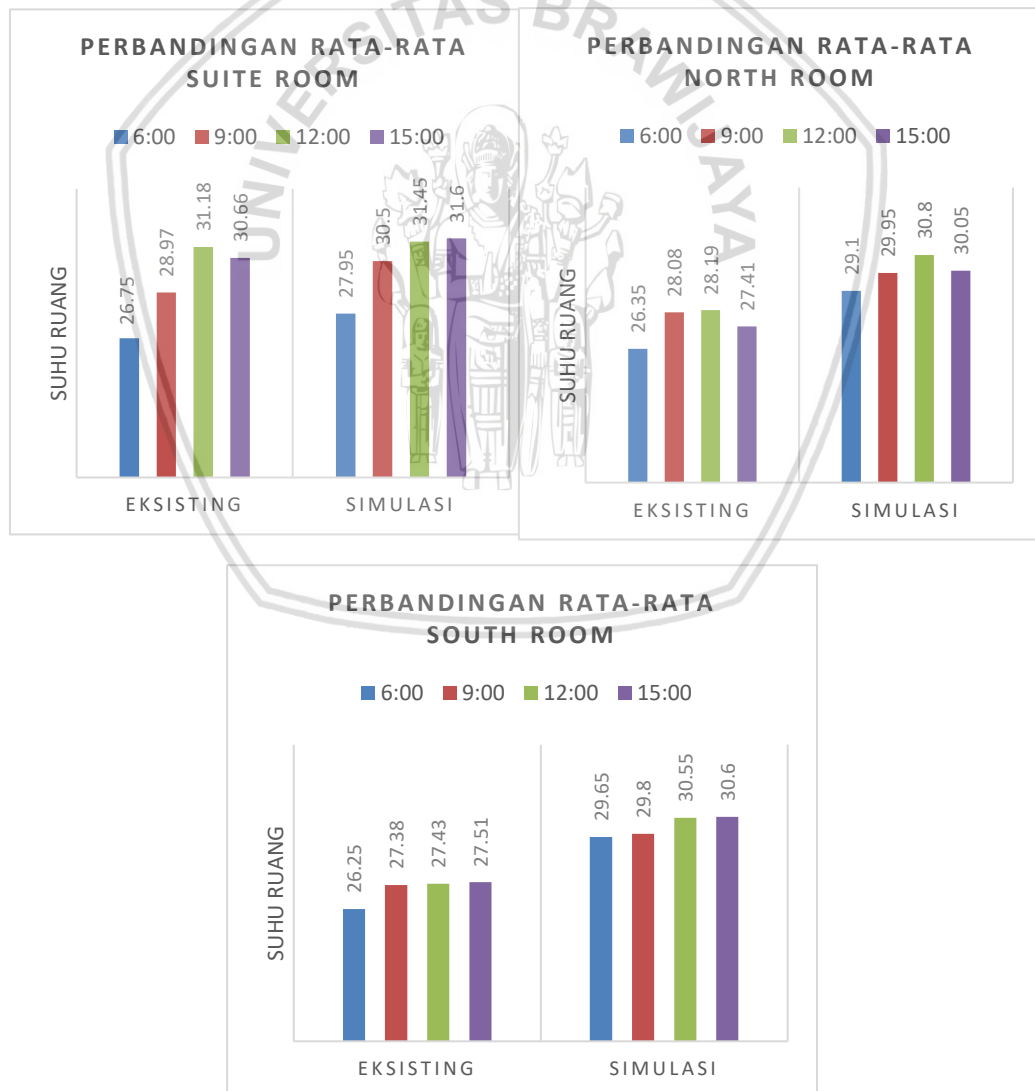
Dari hasil perhitungan pada tabel diatas kamar *suite room* perbandingan dengan simulasi eksisting berhasil menghemat sebesar 108.971,69 Rupiah perbulan. Ruang *north room* menghabiskan biaya paling besar namun berhasil menghemat biaya senilai 22.598,08 Rupiah per bulannya dibandingkan dengan sebelumnya. Sedangkan total selisih biaya terendah ada pada ruang *south room* yang perbedaan biayanya hanya sebesar 22.598,08 Rupiah saja. Sehingga secara keseluruhan nilai biaya perbulannya berhasil turun sebesar 1.164.398,53 rupiah.



4.6 HASIL ANALISIS DATA

4.6.1 Perbandingan Suhu

Seperti yang dapat dilihat pada pembahasan sebelumnya, desain rekomendasi di buat menjadi tiga alternatif yang masing-masing dirancang sesuai pertimbangan sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya dari rancangan rekomendasi dilakukan perhitungan akan energi panas yang berada di tiap ruangan yang diteliti. Dari perhitungan tersebut maka akan terlihat seberapa besar energi panas di dalam ruangan yang dipengaruhi oleh desain fasade rekomendasi. Kemudian untuk mengetahui pengaruh dan hasil dari simulasi desain rekomendasi tersebut perlu adanya pembahasan mengenai perbandingan untuk tiap desain. Baik dari perbandingan tiap masing-masing desain rekomendasi, maupun perbandingannya dengan kondisi eksisting.

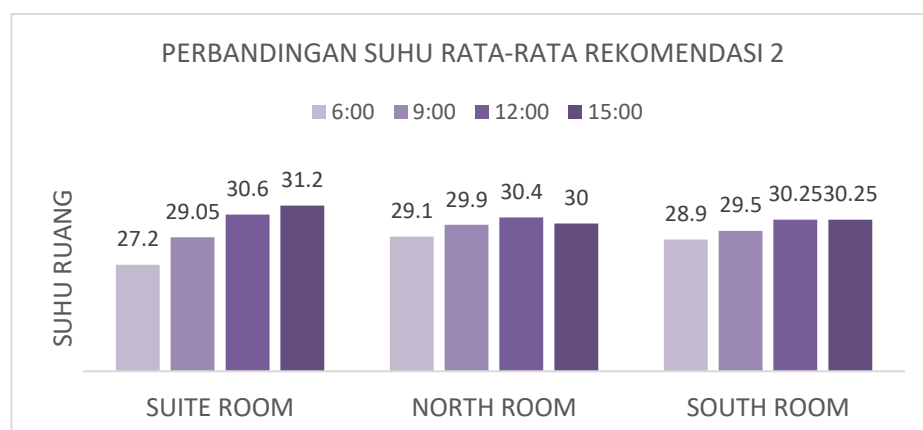
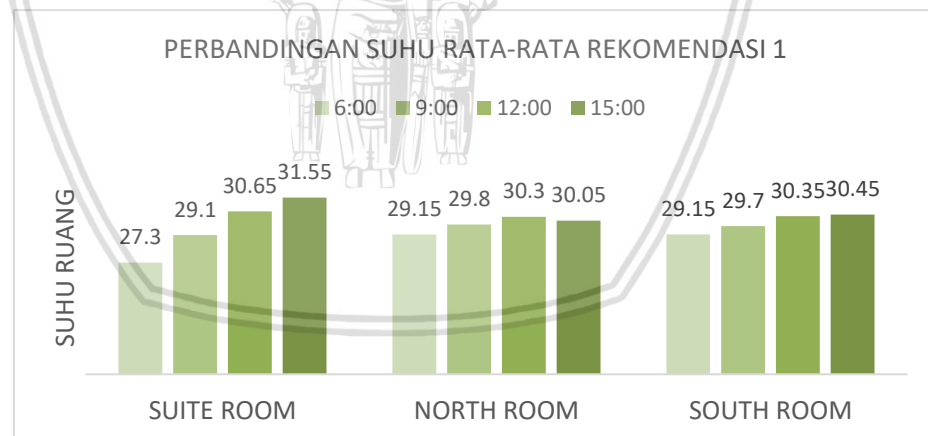


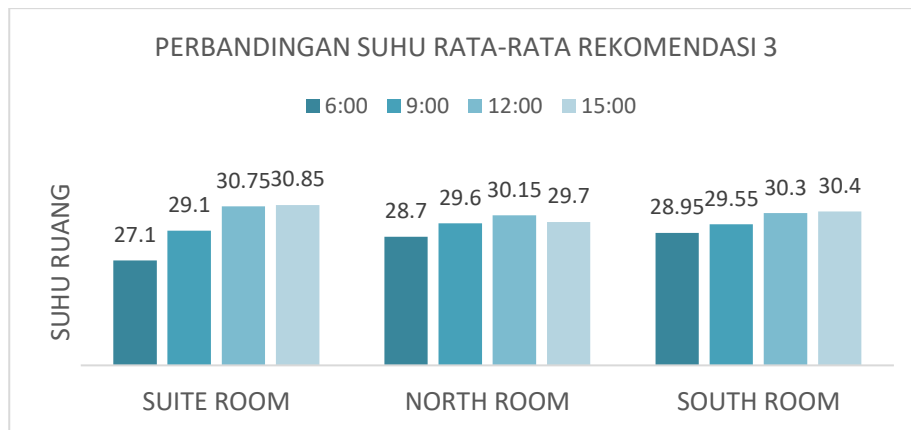
Gambar 4.83 Grafik Perbandingan Suhu Eksisting dan Simulasi Eksisting

Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik diatas ditampilkan perbandingan suhu antara kondisi eksisting yang diukur secara langsung di lapangan, dengan suhu simulasi bangunan yang dihitung menggunakan *ecotect*. Simulasi desain yang dimaksud merupakan desain bangunan yang belum ditambahkan dengan desain fasade hasil rekomendasi. Dapat dilihat pada tabel bahwa suhu yang dihasilkan oleh hasil simulasi memiliki nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu asli pada eksisting. Salah satu penyebab yang dapat mengakibatkan perbandingan ini adalah karena pada simulasi bangunan terkondisikan benar-benar tertutup tanpa adanya aliran udara pada tiap ruangannya. Sedangkan pada kenyataannya banyak faktor yang dapat mengubah kondisi suhu ruangan.

Bangunan hotel yang beroperasi sepenuhnya menggunakan pendingin ruangan tentu turut mempengaruhi suhu ruang kamar yang dijadikan tempat pengukuran. Meskipun ruang yang di survei telah dikondisikan tanpa pendingin ruangan, namun dinding-dinding yang bersebelahan dengan kamar lain akan lebih dingin suhunya dikarenakan pendingin ruangan yang menyebabkan suhu ruang ikut turun. Selain itu sistem AC sentral memungkinkan pertukaran udara meskipun AC dimatikan sehingga udara tetap mengalir mengakibatkan suhu lebih rendah.





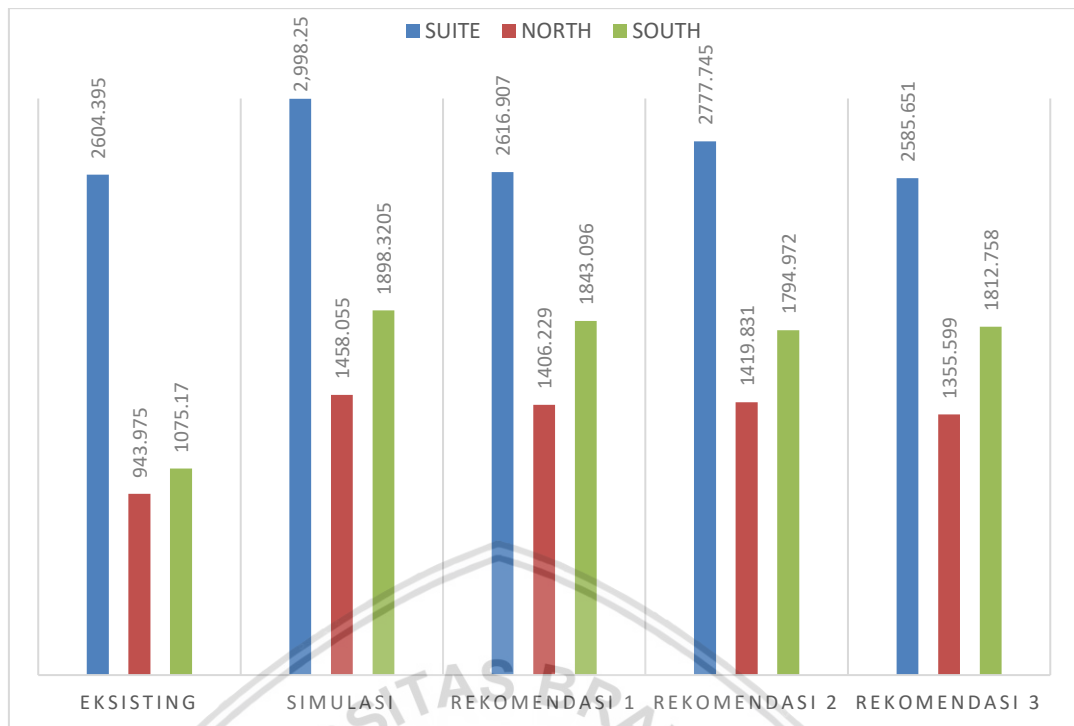
Gambar 4.84 Grafik Perbandingan Suhu Tiap Rekomendasi

Sumber: Hasil Analisis

Pada grafik yang dihasilkan di atas ini terdapat perbandingan yang dihasilkan dari ketiga rekomendasi desain yang telah dibuat. Seperti pada kondisi eksisting dan simulasi awal, suhu yang di ambil pada desain rekomendasi juga menyesuaikan dengan hari pengambilan data di lapangan. Penurunan suhu yang dihasilkan ketiga desain tersebut memiliki kelebihan masing-masing. Suhu pada kamar *suite room* pada pagi hari relatif lebih rendah dibandingkan dengan kamar lainnya. Namun menjelang siang hari suhu kamar justru menjadi paling tinggi diantara ruang kamar lainnya. Sedangkan pada ruang *north room* dan *south room* perbedaan suhu pada tiap jam nya tidak terlalu banyak berbeda yang artinya pada kedua ruangan tersebut kondisi kenaikan suhunya lebih stabil dan tidak melonjak banyak. Untuk data lebih jelas, dapat dilihat pada lampiran 10.

4.6.2 Perbandingan Energi

Perbandingan energi pada pembahasan ini seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, merupakan perbandingan energi pada pukul 06:00 sampai dengan pukul 15:00 pada sore. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan pada penelitian ini ingin melihat pengaruh panas matahari terhadap suhu ruang. Sehingga total energi yang dihitung bukan merupakan energi kalo yang perlu dibuang dari kamar pada rentang waktu satu hari. Energi kalor yang dihasilkan ini merupakan akumulasi panas yang terjadi selama sembilan jam rentang waktu pengukuran. Dapat dikatakan juga sebagai perhitungan energi panas dalam kamar hotel pada waktu siang hari.



Gambar 4.85 Grafik Perbandingan Energi Tiap Pengukuran

Sumber: Hasil Analisis

Tabel di atas menunjukkan hasil perhitungan energi yang didapatkan dari suhu eksisting serta suhu dari hasil rekomendasi. Berdasarkan perhitungan, ketiga rekomendasi tersebut telah berhasil menurunkan total penggunaan energi. Dari ketiga rekomendasi tersebut kemudian dipilih yang paling banyak menurunkan energi dari simulasi awal sebagai perbandingannya. Namun pada perbandingannya hanya bisa dilakukan antara simulasi eksisting dengan simulasi rekomendasi. Data eksisting tidak bisa disamakan dengan data hasil simulasi dikarenakan pada pengukuran lapangan banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran.

Berdasarkan pengamatan, disimpulkan bahwa rekomendasi ke tiga memiliki total penurunan suhu yang paling banyak. Pada kamar *suite room* berhasil menurunkan kalor dari 2.998,25 Wh menjadi 2.585,65 Wh. Sedangkan untuk kamar *north room* berhasil diturunkan dari 1.458,06 Wh turun menjadi 1.355,60 Wh, lebih sedikit dibandingkan ruang *suite room*. Kemudian pada Kamar *south room* mendapat pengaruh yang paling rendah karena hanya berhasil menurunkan dari 1.898,32 Wh menjadi 1.812,83 Wh. Kamar *south room* sesungguhnya paling berhasil diturunkan energinya dengan desain rekomendasi dua. Namun karena kamar-kamar lain diperhitungkan, maka terpilihlah rekomendasi tiga sebagai desain dengan hasil terbaik. Data dalam bentuk tabel, data energi dapat dilihat di lampiran 10.



BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

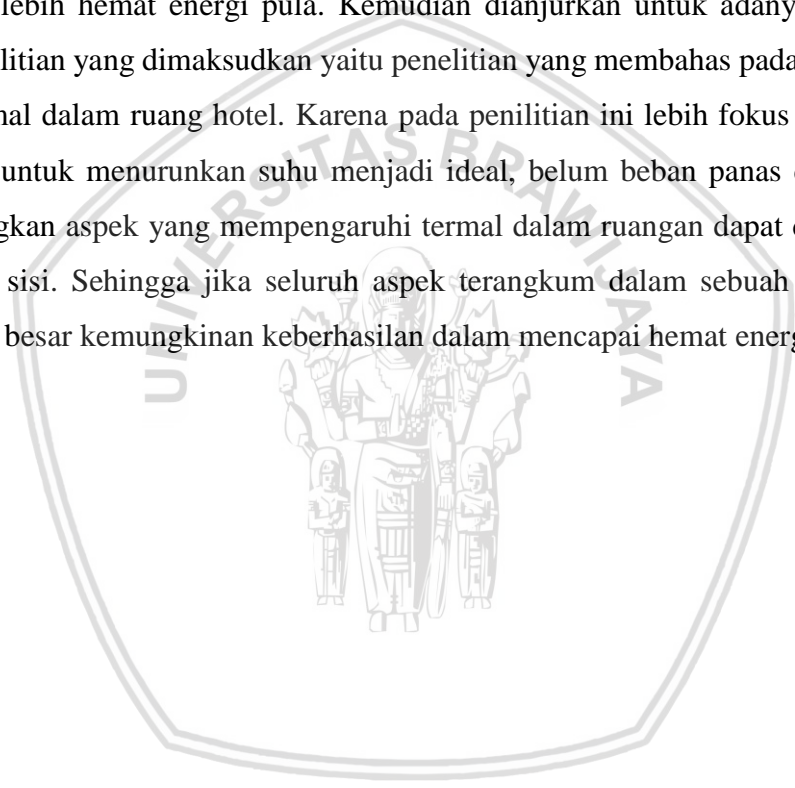
Berdasarkan hasil survei dan penelitian yang dilakukan pada Hotel Ininside Yogyakarta, dapat diketahui apa saja yang dapat membantu dalam tercapainya bangunan yang lebih hemat energi dengan pendekatan secara arsitektural. Perhitungan energi dalam penelitian ini berfokus pada energi panas hasil dari *heat gain* yang perlu dikeluarkan untuk mencapai suhu ideal yaitu 23,5°C. Sinar matahari langsung yang paling banyak masuk dan mengganggu dalam ruangan jatuh pada saat pukul tiga sore. Kamar *suite room* berada menghadap ke barat banyak terpengaruh oleh sinar matahari. Dapat dikatakan bahwa orientasi ruang dalam bangunan terbukti mempengaruhi kondisi suhu dalam ruangan tersebut. Hal ini terlihat pada perubahan suhu yang terjadi setelah dilakukannya rekomendasi yang mengurangi intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan. Dengan rekomendasi tersebut kamar pada utara dan selatan tidak terlalu banyak berubah suhunya. Selain itu perubahan material yang memiliki ketahanan terhadap iklim juga terbukti dapat menurunkan suhu ruangan dalam bangunan.

Dari hasil analisis dan simulasi dari ketiga rekomendasi, didapatkan bahwa fasade dapat mempengaruhi suhu dalam sebuah bangunan. Rekomendasi desain fasade ketiga merupakan desain yang paling optimal dan berhasil lebih banyak menurunkan suhu ruangan dibandingkan dengan kedua desain lainnya. Cahaya matahari langsung yang terjadi pada pukul tiga sore pun juga paling banyak terpantulkan kembali ketika menggunakan rekomendasi desain ketiga ini. Melalui simulasi dari *ecotect* didapatkan adanya perubahan suhu ruangan dibandingkan dengan suhu pada simulasi eksisting bangunan. Desain ini berhasil menurunkan suhu ruangan hingga sebesar 1-2 derajat celcius.

Kamar *suite room* berhasil menghemat energi sebesar 1.485.349,20 Joule atau 412,60 Wh. Untuk kamar *north room* turun sebesar 368.841,60 Joule atau 102,46 Wh, lebih sedikit dibandingkan ruang *suite room*. Kamar *south room* mendapat pengaruh paling sedikit karena hanya berhasil menurunkan sebesar 307.751,40 Joule atau sebesar 85,49 Wh. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa *suite room* mengalami penurunan energi paling banyak dikarenakan kamar tersebut memiliki luasan dinding kaca yang berhadapan dengan ruang luar paling luas, menyebabkan sisi tersebut banyak dipengaruhi oleh hasil desain rekomendasi fasade.

5.2 SARAN

Dari kesimpulan yang dihasilkan, didapat bahwa hasil rekomendasi ketiga patut diperhatikan karena peluangnya dalam menurunkan konsumsi energi pendinginan kamar hotel cukup besar dibandingkan yang lainnya. Disarankan perlu adanya pengamatan pada iklim lingkungan pada sebuah hotel. Pengamatan tersebut bertujuan untuk mengetahui desain fasade yang sesuai sehingga fasade tersebut dapat dikatakan bagus baik dari segi penampilan serta efisiensinya dalam membantu operasional bangunan. Pemakaian dinding kaca yang berlebih serta orientasi dari bangunan hotel patut diperhatikan demi tercapainya kenyamanan bagi tamu hotel. Dengan desain yang lebih efisien, akan mendekatkan bangunan untuk lebih hemat energi pula. Kemudian dianjurkan untuk adanya penelitian lebih lanjut. Penelitian yang dimaksudkan yaitu penelitian yang membahas pada pencapaian kenyamanan termal dalam ruang hotel. Karena pada penelitian ini lebih fokus pada energi yang diperlukan untuk menurunkan suhu menjadi ideal, belum beban panas dari sumber yang lain. Sedangkan aspek yang mempengaruhi termal dalam ruangan dapat dibahas dari berbagai macam sisi. Sehingga jika seluruh aspek terangkum dalam sebuah kesimpulan maka dapat lebih besar kemungkinan keberhasilan dalam mencapai hemat energi.



DAFTAR PUSTAKA

- Ardiani, Yanita Mila. 2009. *Insertion Menambah Tanpa Merobohkan*. Surabaya: Wastu Lanas Grafika.
- ASHRAE. 2011. *Ashrae Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications: SI Edition*. Atlanta: ASHRAE
- Attar, Muhammad. 2014. Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Dengan Pengkondisian Buatan. *Jurnal Pascasarjana UNHAS*
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2017. *Kondisi Cuaca Wilayah DIY*. Yogyakarta: BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Yogyakarta
- Badan Pusat Statistik Daerah Isimewa Yogyakarta. 2017. *Statistik Daerah Provinsi DI Yogyakarta 2017*. Yogyakarta : Badan Pusat Statistik
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2001. SNI 03-6572-2001: Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan
- Budhyowati, M. Y. Noorwahyu. 2016. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Beban Penyejukan Pada Bangunan Yang Menggunakan Sistem Pengkondisian Udara. *Daseng: Jurnal Arsitektur*. 5(1): 116-126
- Ching, Francis D.K. 1979. *Arsitektur: Bentuk – Ruang dan Susunannya*. Jakarta: Erlangga
- Dewi, Cynthia P. 2013. Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan. *RUAS*. 11(2):51-59
- Egan, M. David. 1975. *Concept in Thermal Comfort*. London: Prentice-Hall International
- Frick, H., Ardiyanto, A. dan Darmawan, A. (2008). *Ilmu Fisika Bangunan: Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembaban, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi dan Kebakaran*. Yogyakarta: Kanisius
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika*. Edisi Kelima Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Gonzalo, Roberto, dkk. 2006. *Energy Efficient Architecture*. Berlin: Birkhauser

- Hoppe, P. 2002. Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort. *Energy and Buildings*. 34(6): 661-665
- ICED. 2015. *Panduan Praktis Penghematan Energi di Hotel*. Jakarta: USAID
- International Energy Agency (IEA). 2013. *Southeast Asia Energy Outlook*. World Energy Outlook Special Report
- ISO 7730. 2005. *Ergonomics of The Thermal Environment — Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of The PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. Switzerland: ISO
- Karyono Tri Harsono. 2007. *Dari Kenyamanan Termis Hingga Pemanasan Bumi: Suatu Tinjauan Arsitektur Dan Energi*
- Karyono, Tri Harsono. 2001. Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia. *Jurnal Teknik Arsitektur Universitas Kristen Petra*. 29(1): 24-33
- Krier, Rob. 1970. *Urban Projects 1968-1982*. London: Design AD Publication Ltd
- Krier, Rob. 1983. *Element of Architecture*. London: Design AD Publication Ltd
- Latifah, Nur Laela. 2015. *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi
- Lauber, Wolfgang. 2005. *Tropical Architecture*. Munich: Prestel
- Lechner Robert. 2015. *Heating Cooling Lighting Sustainable Method For Architects Fourth Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc
- Lippsmeier, George. 1997. *Tropenbau Buildings in The Tropics*. Jakarta : Erlangga
- Loekita, Sandra. 2006. Analisis Konservasi Energi Melalui Selubung Bangunan. *Civil Engineering Dimention*. 8(2) : 93-98
- Nicol, J.F, & Humphreys, M.A,. 2002. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings* 34(6): 563-572
- Priatman. 2002. "Energy-Efficient Architecture" Paradigma Dan Manifestasi Arsitektur Hijau. *DIMENSI*. 30(2): 167-175

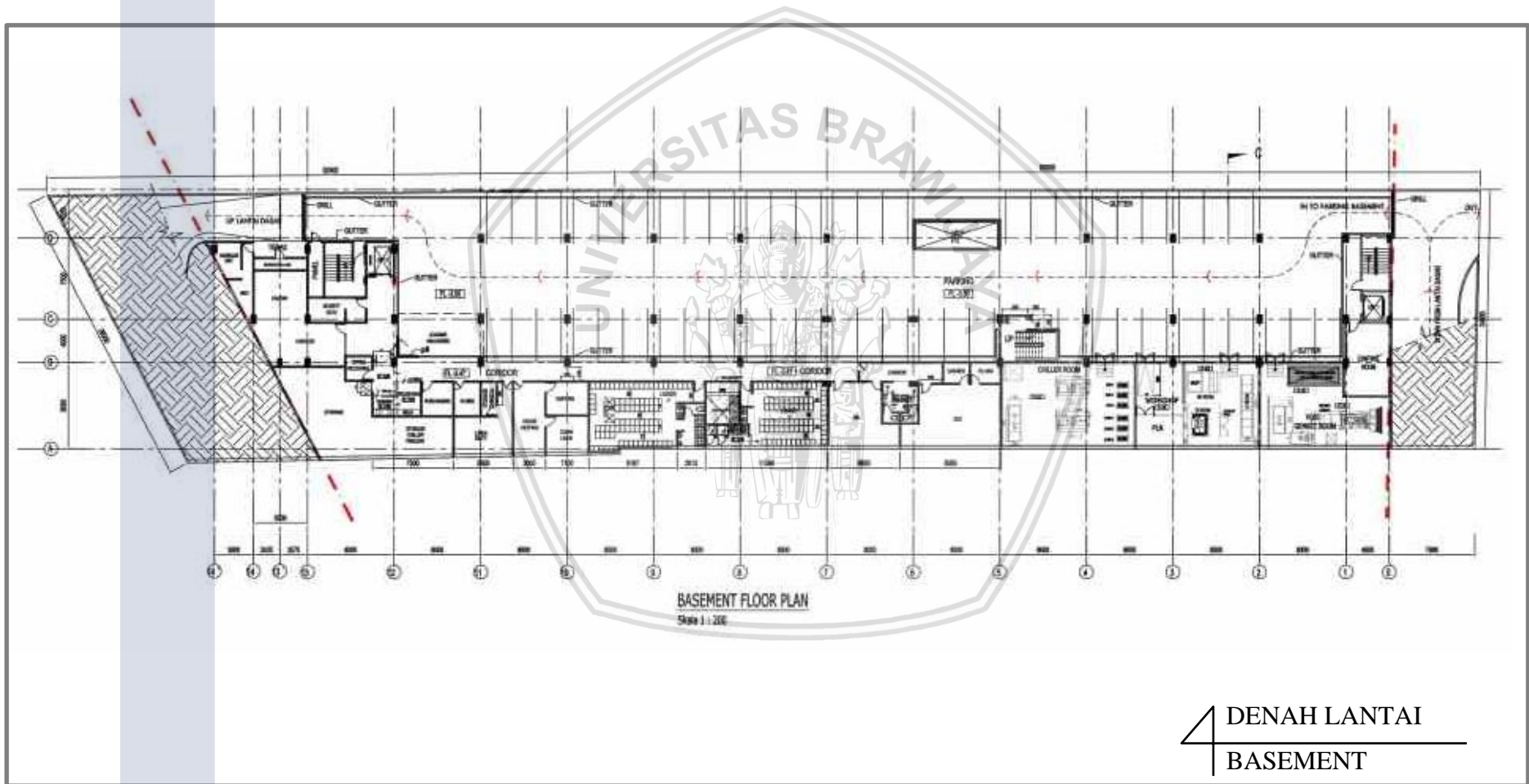
- Pujantara, Ruly. 2013. Karakteristik Fasade Bangunan Peninggalan Kolonialisme Dan Sebaran Spasialnya Di Kota Makassar. *Forum Bangunan*. 11(2): 81-87
- S.V. Szokolay. 1980. *Environmental Science Hand Book*. New York. USA: Halsted press
- Snyder, James C. and Anthony J Catanese. 1994. *Pengantar Arsitektur*. Jakarta: Erlangga
- Sugini., 2004. Pemaknaan Istilah- istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Dalam Kaitannya dengan Variabel Iklim Ruang. *LOGIKA*. 1(2): 3-17
- Szokolay S.V, dkk. 1973. *Manual of Tropical Housing and Building*. Bombay: Orient Langman
- Talarosha B. 2005. Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6(3): 148-158
- Utami, dkk. 2014. Kajian Bentuk Dan Fasade Hotel Gino Feruci Bandung. *Reka Karsa*. 4(1):1-12
- Wong, Nyuk Hien, dkk. 2009. *Tropical Urban Heat Island*. London and New York: Taylor & Francis
- Yunanto, Arga P. 2014. Analisis Konsumsi Energi Pada Penggunaan Pendingin Udara Kamar Di Patra Jasa Conception Hotel Semarang. *Wahana Teknik Sipil*. 19(2):88-94

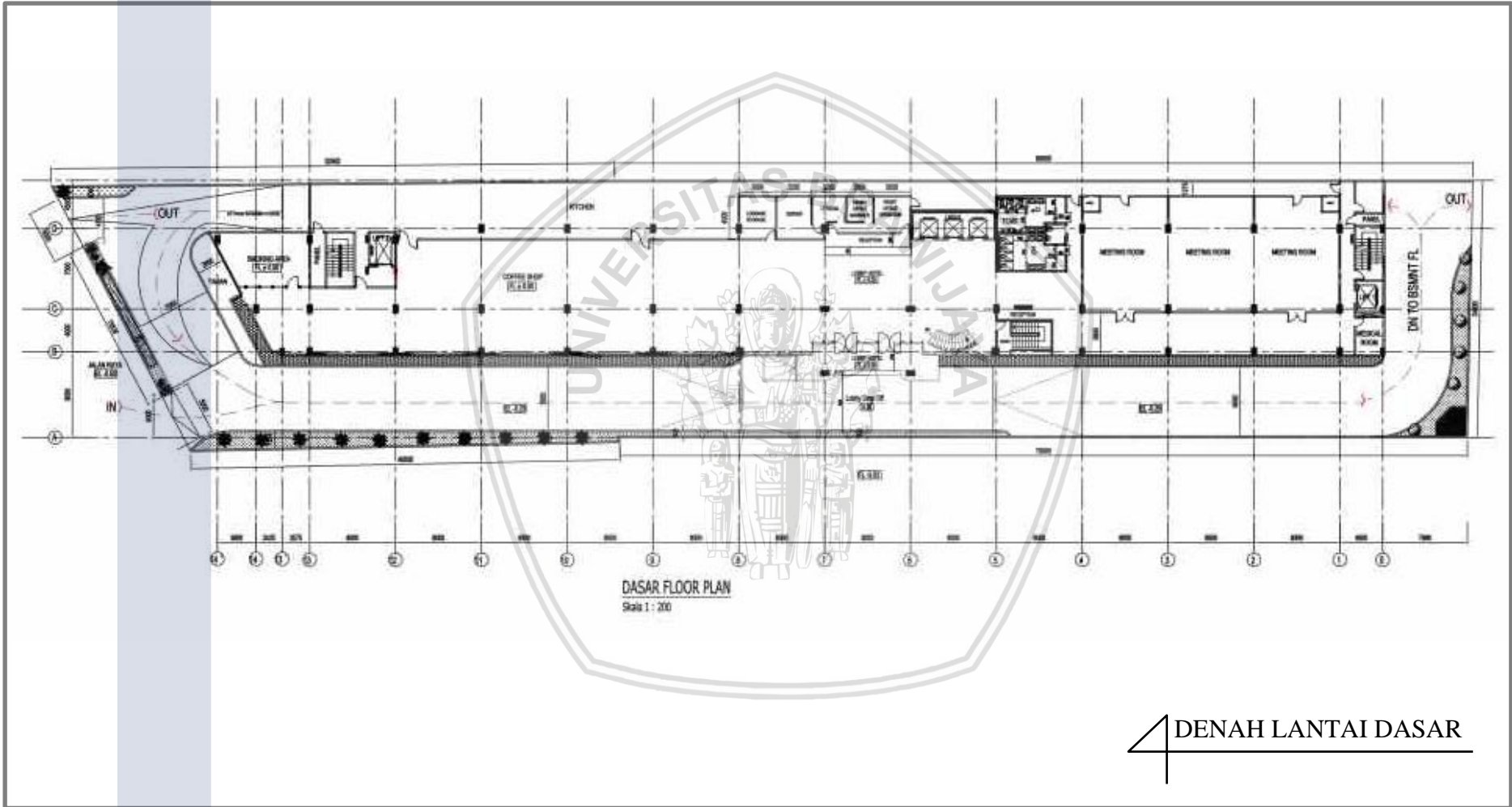




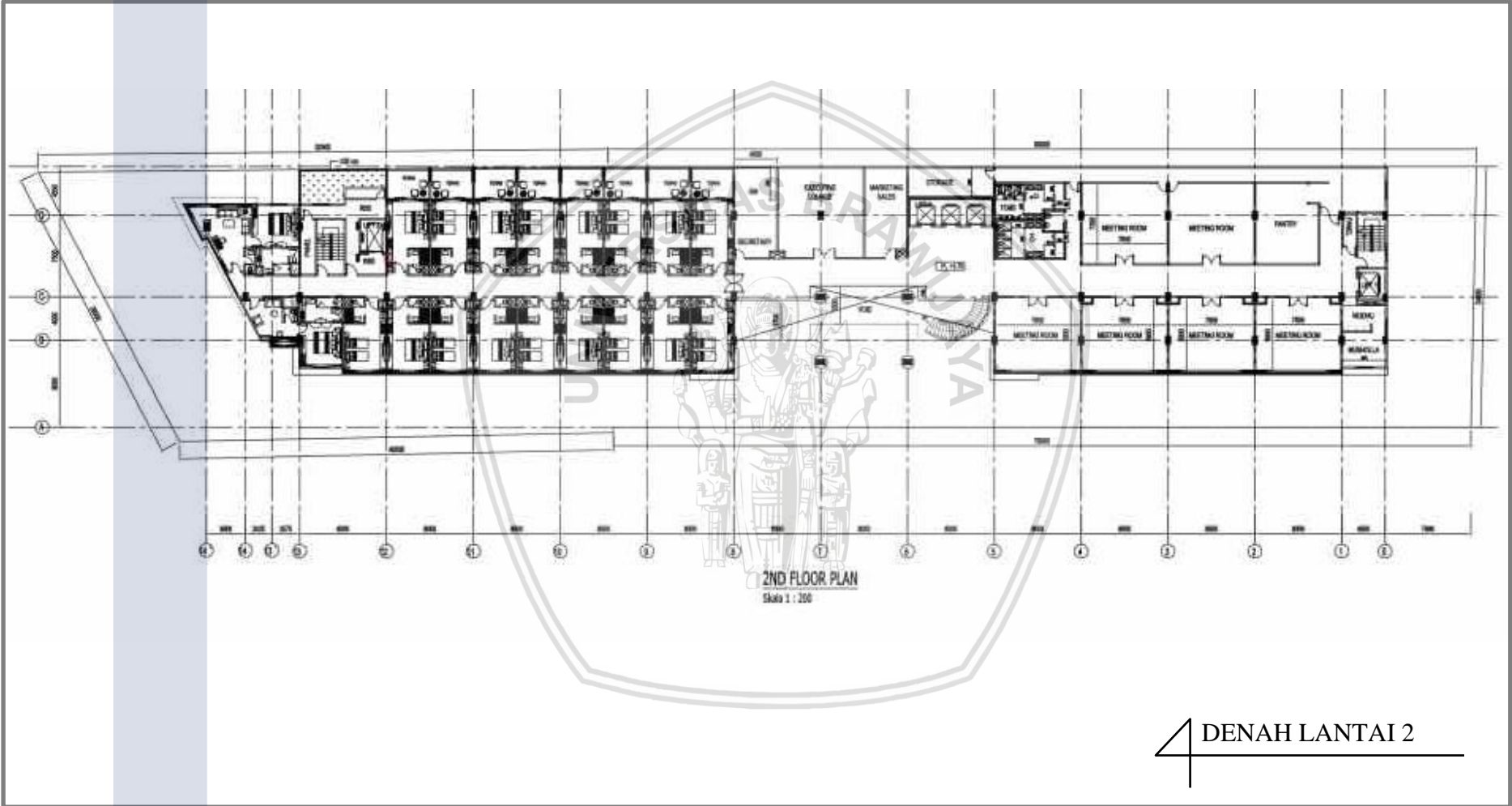
LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah, Tampak dan Potongan

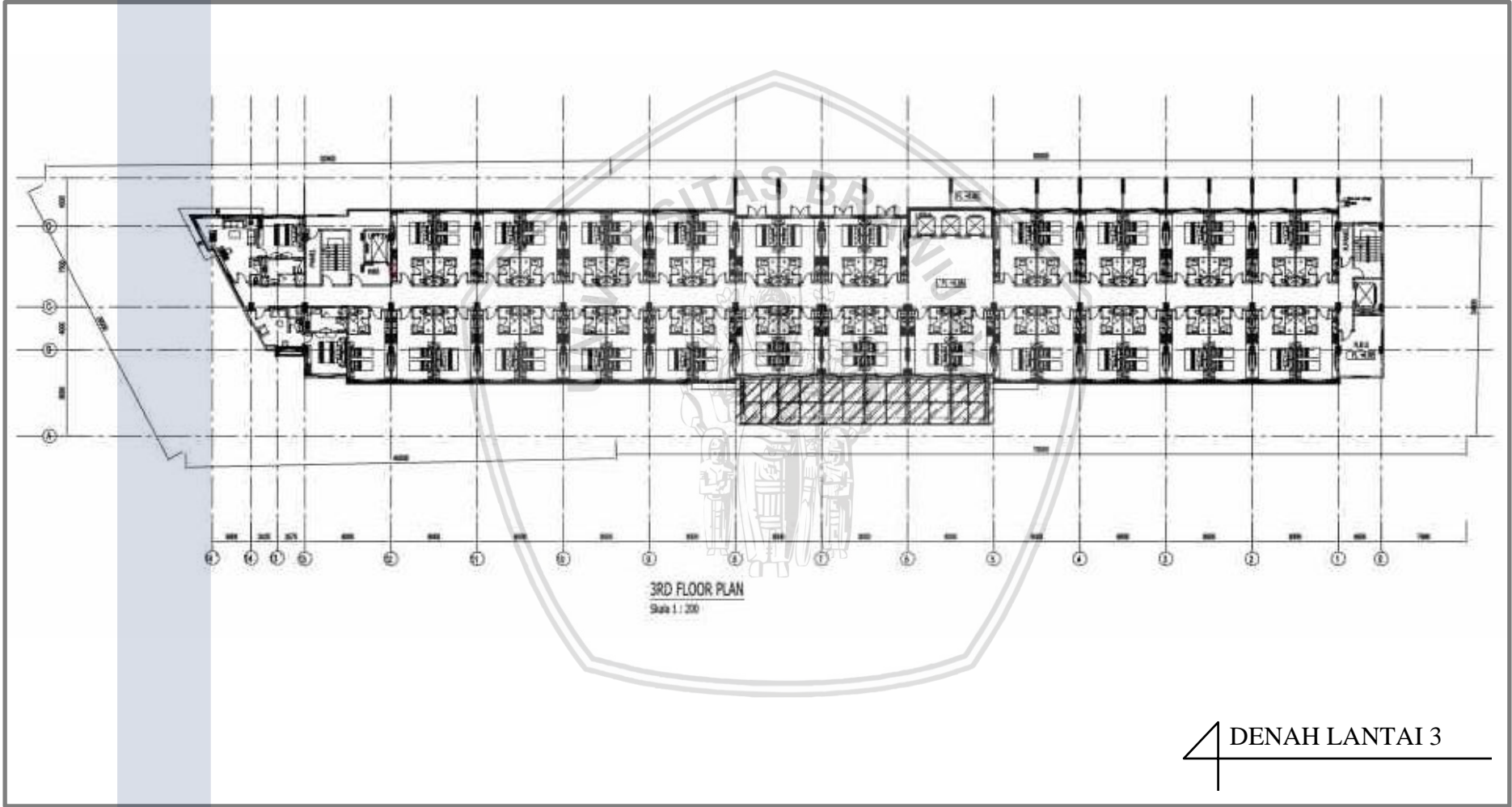


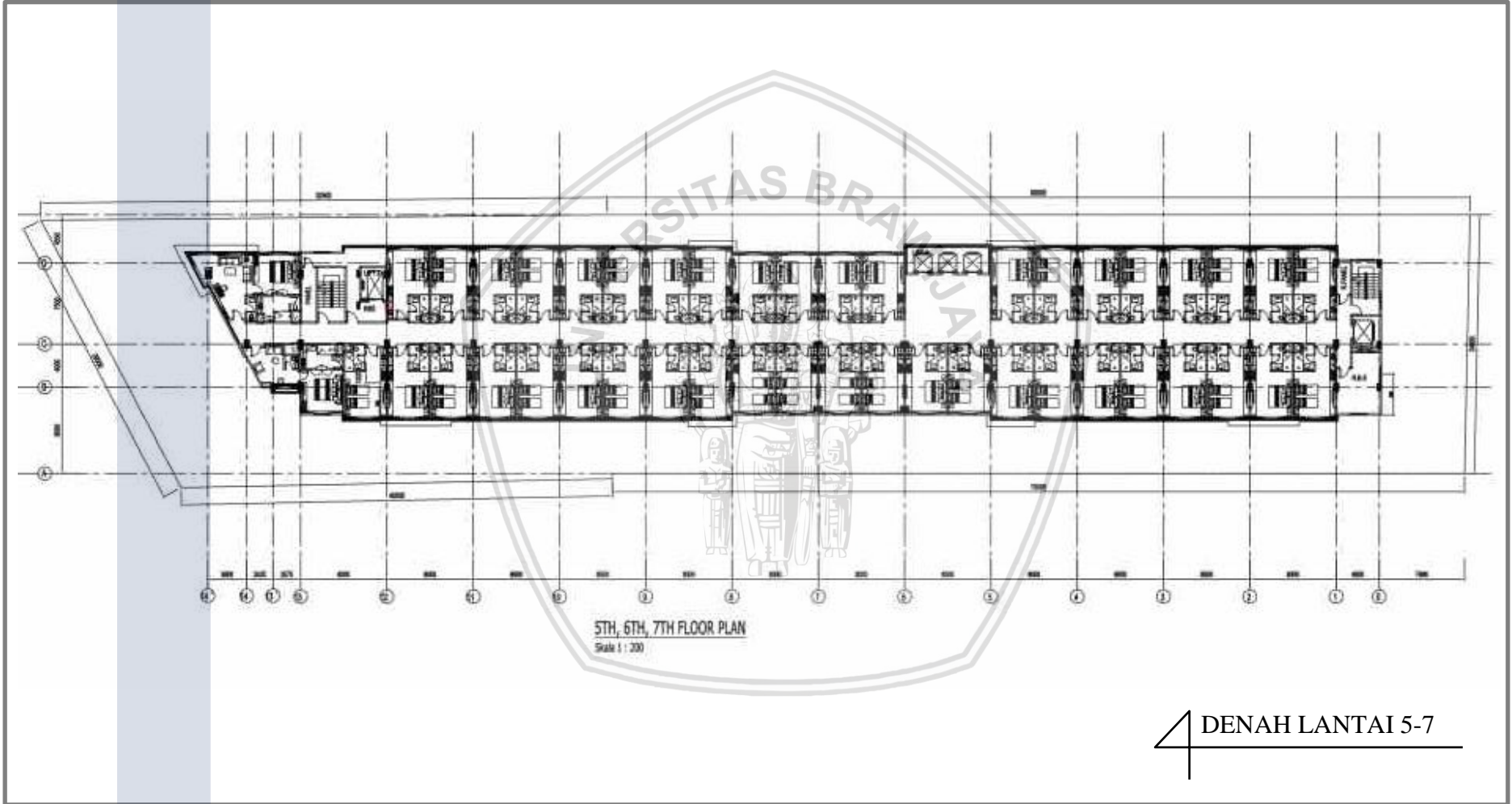


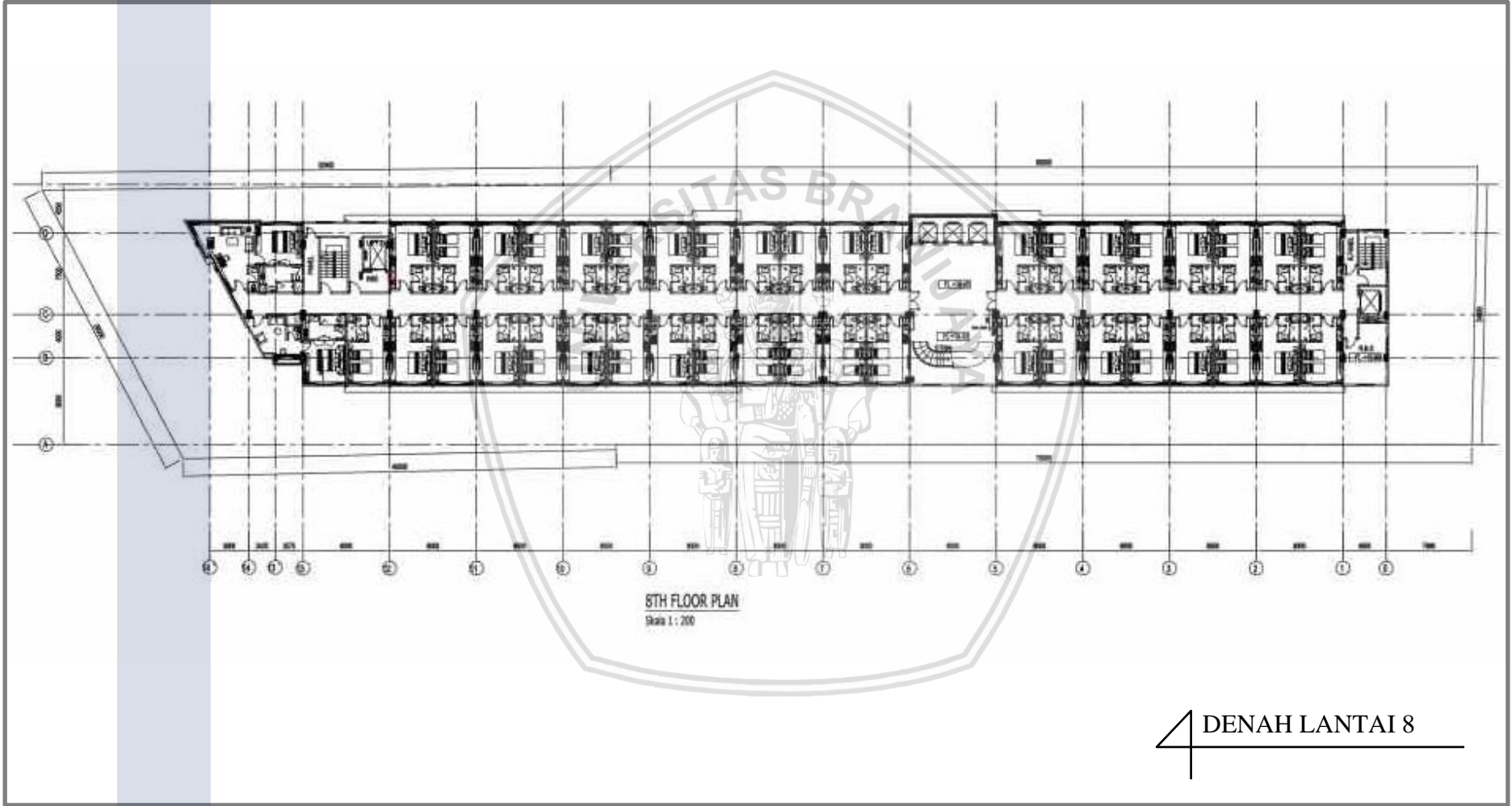
DENAH LANTAI DASAR

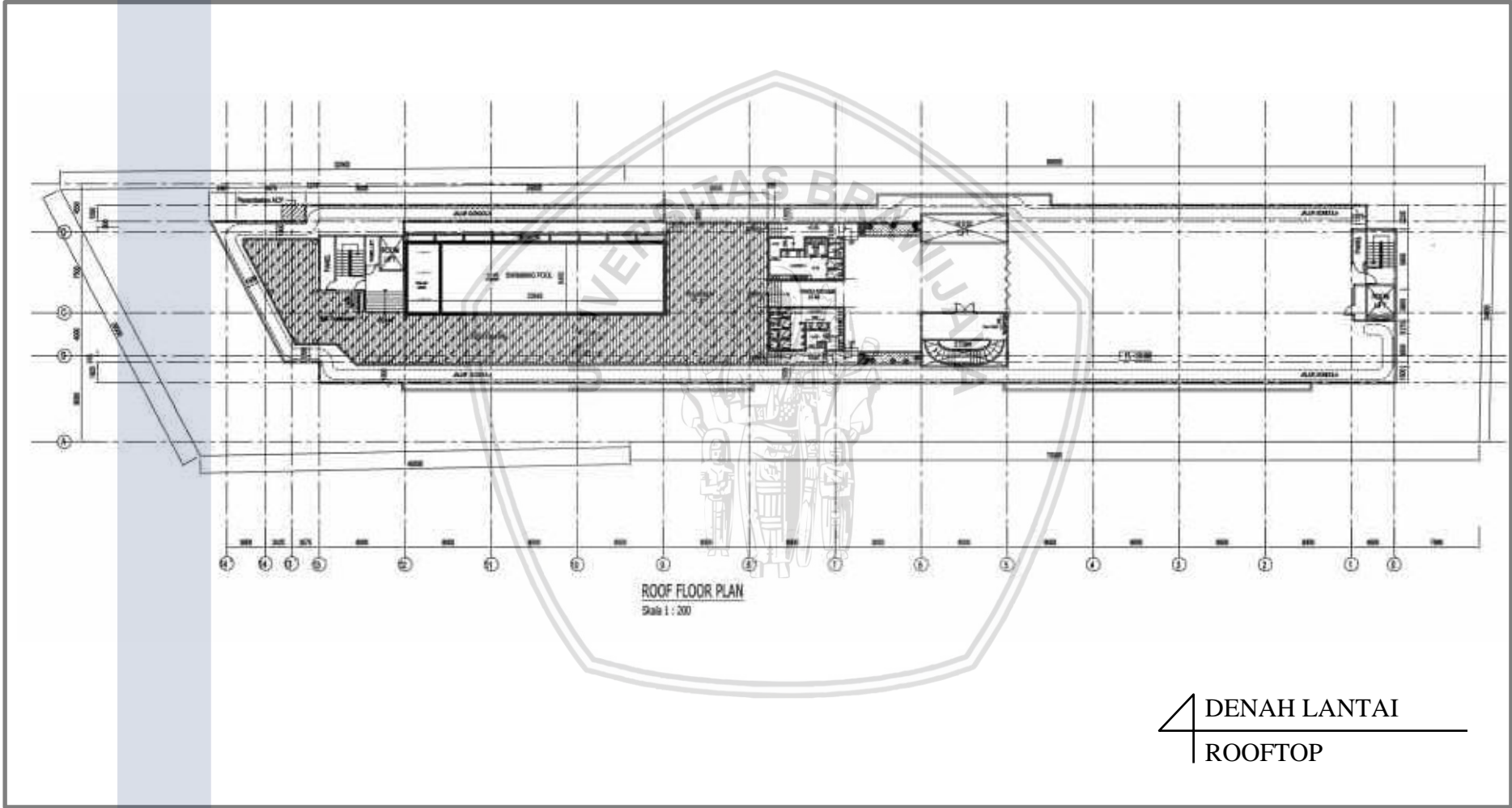


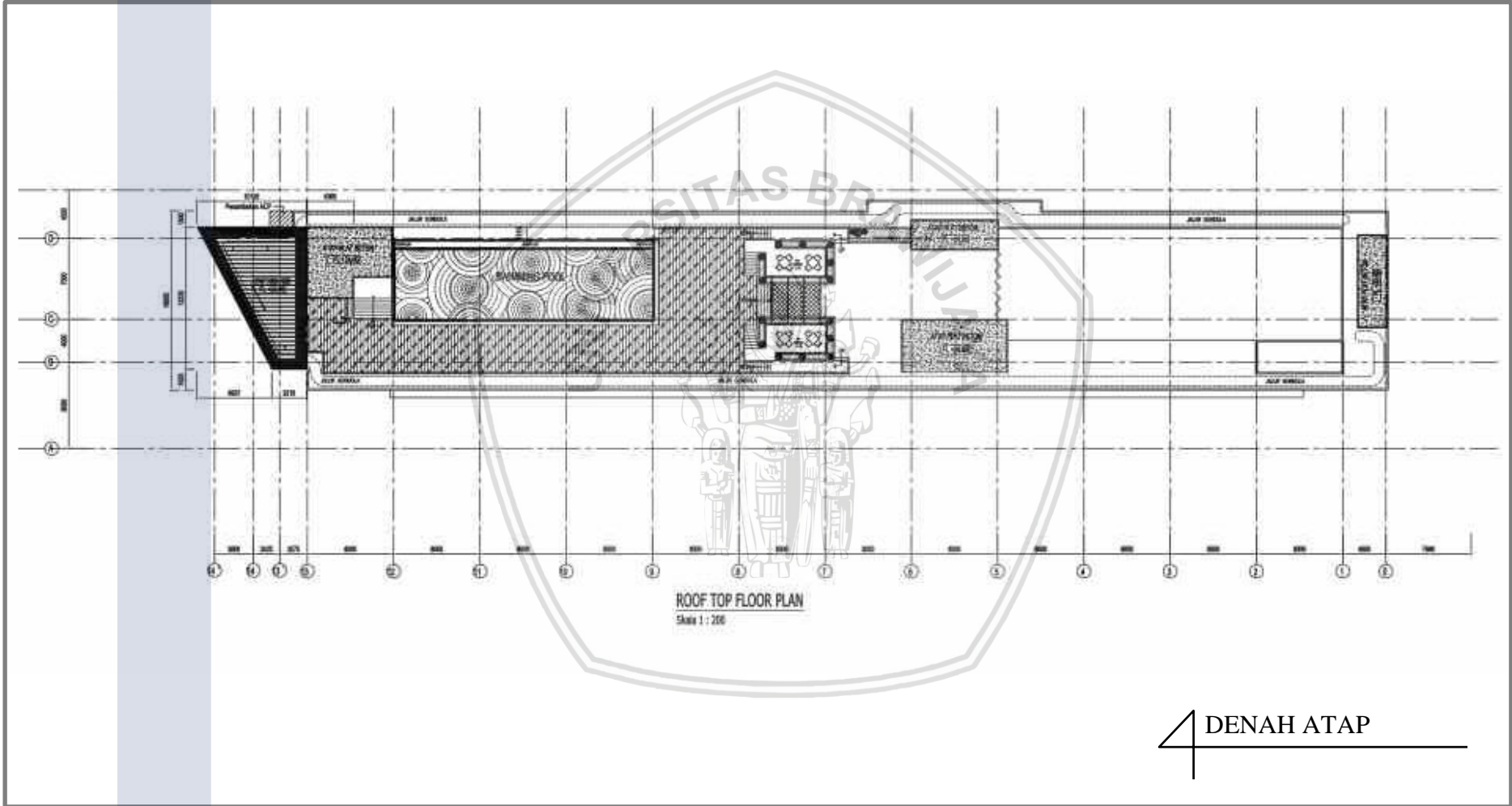
DENAH LANTAI 2

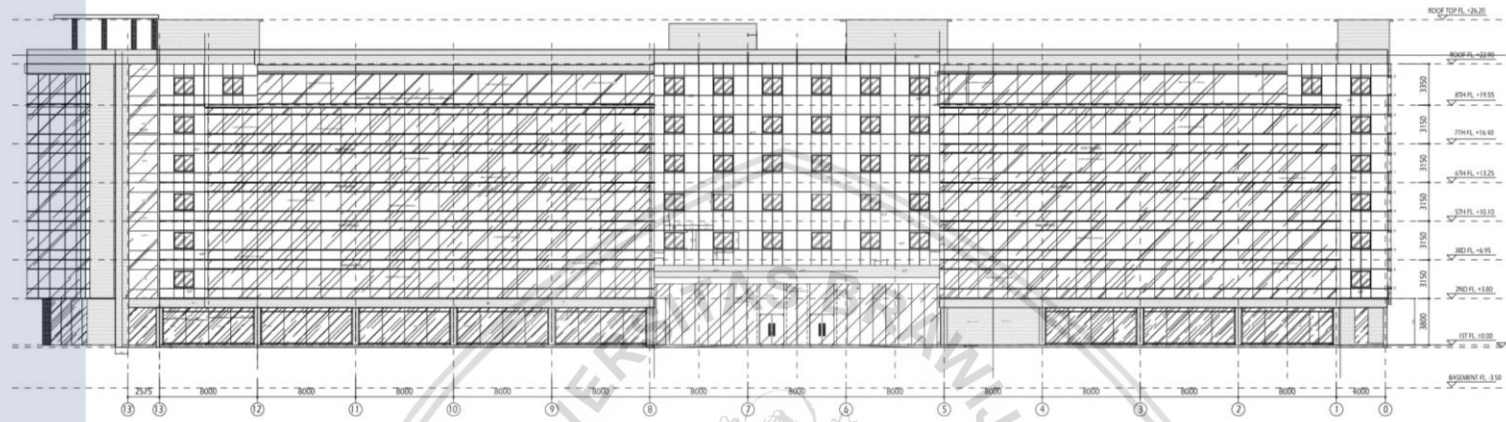




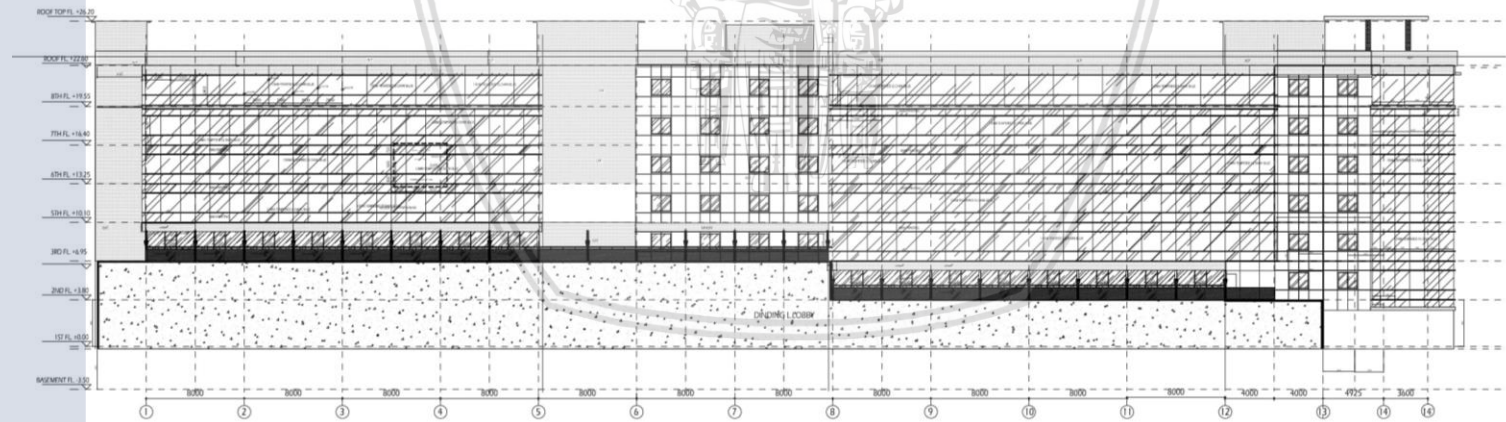




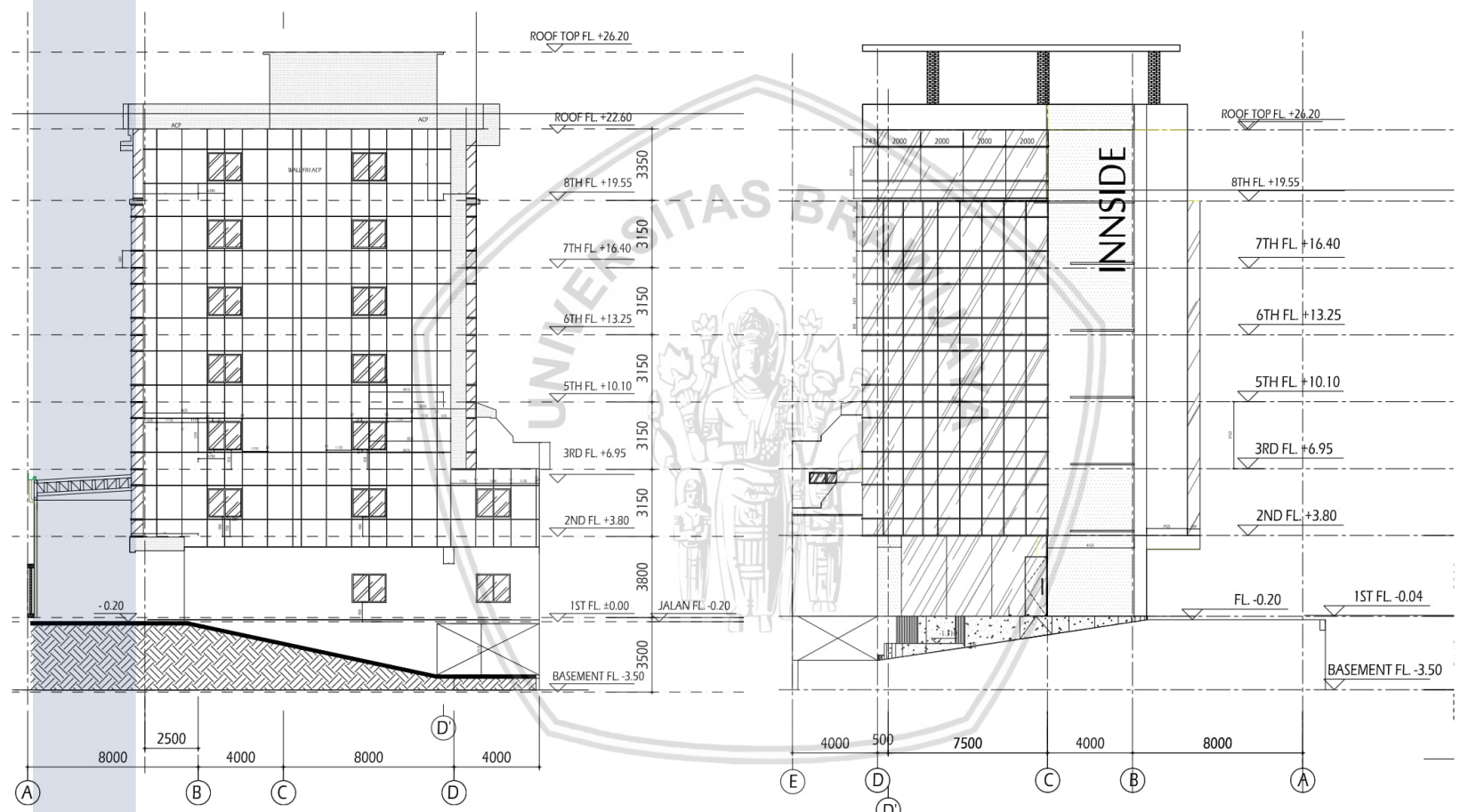




TAMPAK DEPAN

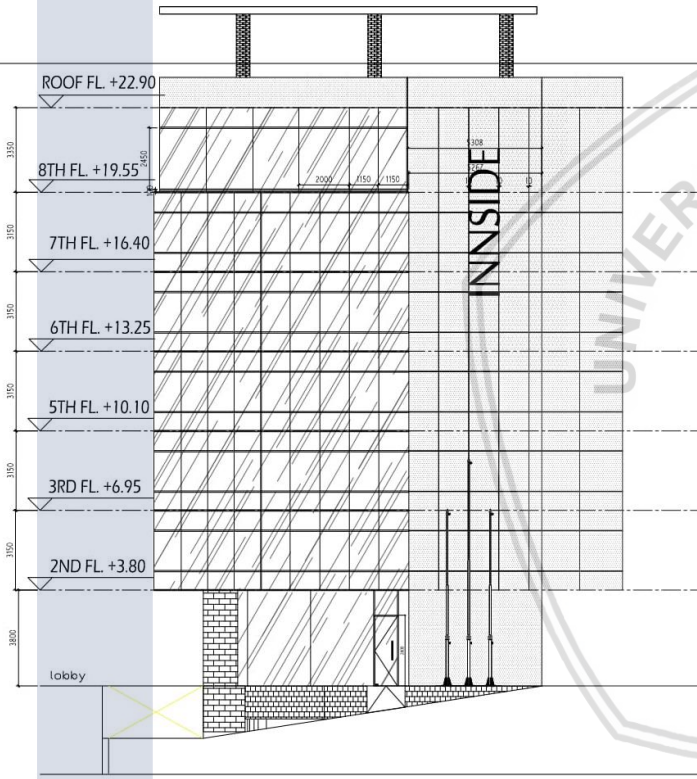


TAMPAK BELAKANG

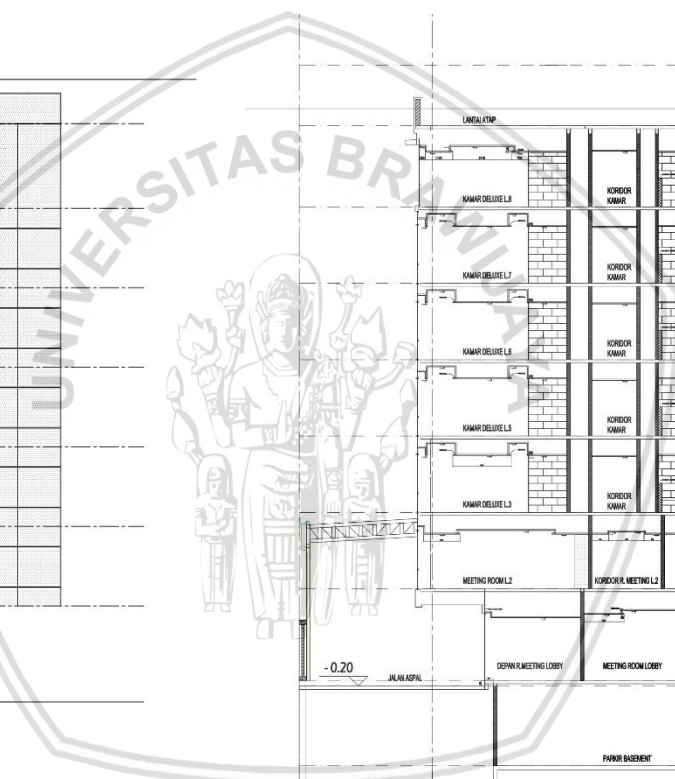
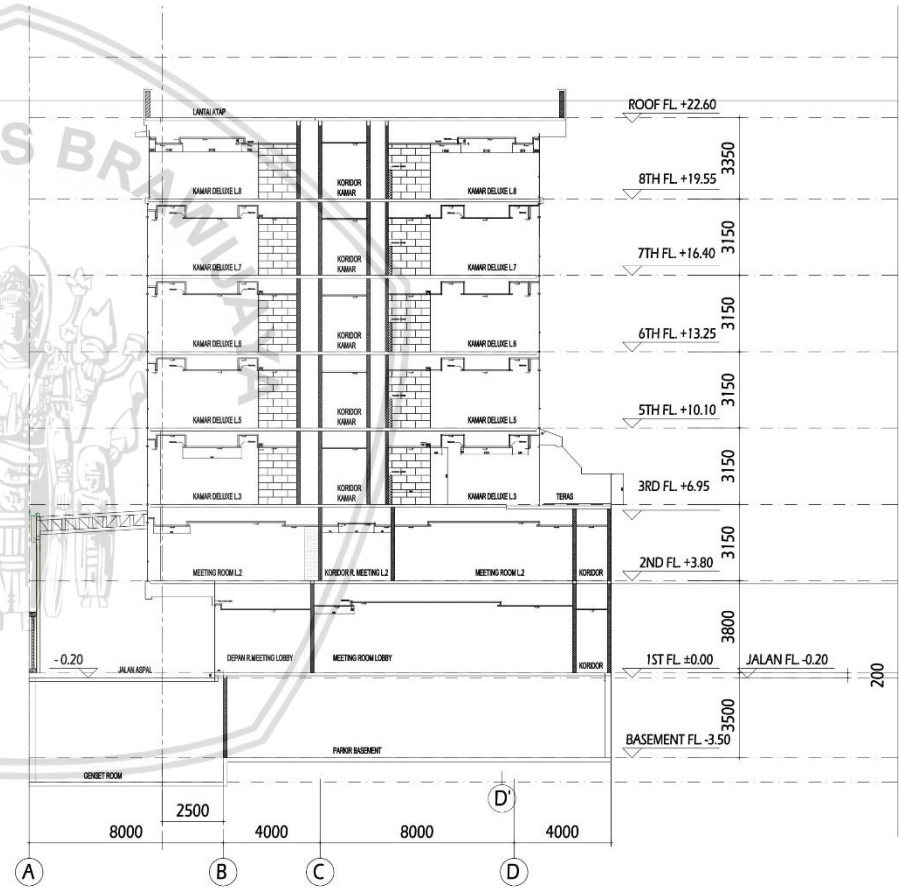


TAMPAK SAMPING TIMUR

TAMPAK SAMPING BARAT



TAMPAK BARAT





Lampiran 2 Tabel Hasil Pengukuran Suhu Eksisting Kamar

SUITE ROOM

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2	27,30	28,50	29,50	29,00	26,30	28,00	28,40	27,00	26,20	28,30	31,40	32,60
3												
5	27,50	29,20	30,70	29,90	28,00	28,20	29,40		26,50	28,20	31,80	32,50
6	26,40	29,50	30,70	29,50	27,30	28,20	30,20	28,00	26,60	28,90	31,90	31,70
7	25,50	28,60	31,00	30,10	26,70	28,50	30,20		26,60	29,50	32,20	31,30
8	27,90	29,10	30,40	29,30	25,90	28,80	30,00		27,00	29,90	32,20	30,70
RATA-RATA	26,92	28,98	30,46	29,56	26,84	28,34	29,64	27,50	26,58	28,96	31,90	31,76
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00

NORTH ROOM

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2												
3	26,70	28,00	26,50	27,30	27,50	27,20	26,00	26,50	25,90	26,00	28,30	27,90
5	27,00	28,00	28,20	26,10	26,10	26,00	28,10		25,20	28,10	29,40	28,00
6	26,60	29,20	27,30	26,20	26,40	26,70	27,90		25,60	28,30	29,80	27,90
7	27,10	29,10	28,20	26,00	26,20	27,00	27,20		26,00	27,50	28,00	28,50
8	27,40	28,60	28,00	27,20	26,10	27,20	27,90		26,00	28,00	28,20	29,00
RATA-RATA	26,96	28,58	27,64	26,56	26,46	26,82	27,42	26,50	25,74	27,58	28,74	28,26
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00

SOUTH ROOM

LANTAI	HARI 1				HARI 2				HARI 3			
	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15	JAM 6	JAM 9	JAM 12	JAM 15
2	26,10	28,10	26,90	27,10	26,00	26,30	25,90	24,00	24,90	25,60	27,20	27,40
3	27,20	28,10	27,10	27,00	26,00	26,30	26,00		25,40	25,70	27,60	27,20
5												
6	27,40	28,70	27,10	26,70	26,10	26,40	26,50	25,50	25,10	26,90	28,00	28,00
7	27,00	28,60	27,50	27,50	26,00	27,00	27,40		25,90	26,40	27,80	28,30
8	27,30	28,70	27,10	26,90	25,50	27,10	27,90		26,20	27,00	28,00	29,00
RATA-RATA	27,00	28,44	27,14	27,04	25,92	26,62	26,74	24,75	25,50	26,32	27,72	27,98
SUHU LUAR	28,00	29,20	31,80	27,90	28,50	29,00	29,50	27,90	28,10	30,00	36,00	33,00

Lampiran 3 Analisis Kamar Suite Room

3.1 Tabel Perbandingan Suhu Nyaman Dan Ruangan Pada Suite Room Hari Ke 1 & 3

HARI 1	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT	HARI 3	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT
Jam 6	23,50	26,92	-3,42	Jam 6	23,50	26,58	-3,08
Jam 9	23,50	28,98	-5,48	Jam 9	23,50	28,96	-5,47
Jam 12	23,50	30,46	-6,96	Jam 12	23,50	31,90	-8,40
Jam 15	23,50	29,56	-6,06	Jam 15	23,50	31,76	-8,26

Keterangan :

T₁ (°C) : suhu nyaman optimal ΔT : selisih suhu (T₁ – T)

T (°C) : suhu dalam kamar

*nilai minus menunjukkan suhu yang ingin dicapai lebih rendah dari suhu awal, tidak berpengaruh pada perhitungan

3.2 Perhitungan Energi Eksisting Suite Room

c udara = 1005 J/kg°C

Volume = L x tinggi
 = 44 x 3,15
 = 138,6 m²

Massa = v x berat jenis

Jenis = 138,6 x 1,2
 = 166,32 kg

Q (Joule) = m x c x ΔT

1 Joule = 2,778x10⁻⁴ Wh

Hari ke 1

Jam 6

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,42^\circ\text{C}$$

$$= 571.658,47 \text{ J}$$

Jam 9

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 5,48^\circ\text{C}$$

$$= 915.990,77 \text{ J}$$

Jam 12

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 6,96^\circ\text{C}$$

$$= 1.163.375,14 \text{ J}$$

Jam 15

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 6,06^\circ\text{C}$$

$$= 1.012.938,70 \text{ J}$$

Hari ke 3

Jam 6

$$\begin{aligned}
 Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\
 &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,08^\circ\text{C} \\
 &= 514.826,93 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Jam 9

$$\begin{aligned}
 Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\
 &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 5,46^\circ\text{C} \\
 &= 912,647,74 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Jam 12

$$\begin{aligned}
 Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\
 &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 8,40^\circ\text{C} \\
 &= 1.404.073,44 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Jam 15

$$\begin{aligned}
 Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\
 &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 8,26^\circ\text{C} \\
 &= 1.380.672,22 \text{ J}
 \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Integral Energi Eksisting Suite RoomDiketahui: $y = -3,5339x^2 + 95,787x - 302,92$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$\begin{aligned}
 L &= \int_6^{15} -3,5339x^2 + 95,787x + 302,92 \, dx \\
 &= \left[-\frac{x(35.339x^2 - 957.870x + 3.029.200)}{10.000} \right]_6^{15} \\
 &= \left[-\frac{15(35.339 \cdot 15^2 - 957.870 \cdot 15 + 3.029.200)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(35.339 \cdot 6^2 - 957.870 \cdot 6 + 3.029.200)}{10.000} \right] \\
 &= \frac{26.043.948}{10.000} \\
 &= 2.604,395 \text{ satuan luas}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4 Analisis Kamar North Room

4.1 Tabel Perbandingan Suhu Nyaman Dan Ruangan Pada North Room Hari Ke 1 & 3

HARI 1	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT
Jam 6	23,50	26,96	-3,46
Jam 9	23,50	28,58	-5,08
Jam 12	23,50	27,64	-4,14
Jam 15	23,50	26,56	-3,06

HARI 3	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT
Jam 6	23,50	25,74	-2,24
Jam 9	23,50	27,58	-4,08
Jam 12	23,50	28,74	-5,24
Jam 15	23,50	28,26	-4,76

4.2 Perhitungan Energi Eksisting North Room

c udara = 1005 J/kg°C

Massa = $v \times$ berat jenis

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= L \times \text{tinggi} \\ &= 23 \times 3,15 \\ &= 72,45 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jenis} &= 72,45 \times 1,2 \\ &= 86,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q \text{ (Joule)} = m \times c \times \Delta T$$

$$1 \text{ Joule} = 2,778 \times 10^{-4} \text{ Wh}$$

Hari ke 1

Jam 6

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,46^\circ\text{C} \\ &= 302.316,46 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 9

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 5,08^\circ\text{C} \\ &= 443.863,48 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 12

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,14^\circ\text{C} \\ &= 361.731,26 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 15

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,06^\circ\text{C} \\ &= 267.366,58 \text{ J} \end{aligned}$$

Hari ke 3

Jam 6

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 2,24^\circ\text{C} \\ &= 195.719,33 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 9

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,08^\circ\text{C} \\ &= 356.488,78 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 12

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 5,24^\circ\text{C} \\ &= 457.843,43 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 15

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,76^\circ\text{C} \\ &= 415.903,57 \text{ J} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Integral Energi Eksisting North Room

Diketahui: $y = -1,6922x^2 + 38,199x - 98,216$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -1,6922x^2 + 38,199x - 98,216 dx$$

$$= \left[-\frac{x(8.461x^2 - 190.995x + 491.080)}{5.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(8.461 \cdot 15^2 - 190.995 \cdot 15 + 491.080)}{5.000} \right] + \left[-\frac{6(8.461 \cdot 6^2 - 190.995 \cdot 6 + 491.080)}{5.000} \right]$$

$$= \frac{4.719.874,50}{5.000}$$

$$= 943,975 \text{ satuan luas}$$



Lampiran 5 Analisis Kamar South Room

5.1 Tabel Perbandingan Suhu Nyaman Dan Ruangan Pada South Room Hari Ke 1 & 3

HARI 1	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT
Jam 6	23,50	25,50	-2,00
Jam 9	23,50	26,32	-2,82
Jam 12	23,50	27,72	-4,22
Jam 15	23,50	27,98	-4,28

HARI 3	T ₁ (°C)	T (°C)	ΔT
Jam 6	23,50	25,50	-2,00
Jam 9	23,50	26,32	-2,82
Jam 12	23,50	27,72	-4,22
Jam 15	23,50	27,98	-4,28

5.2 Perhitungan Energi Eksisting South Room

c udara = 1005 J/kg°C

Massa = v x berat jenis

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= L \times \text{tinggi} \\ &= 30 \times 3,15 \\ &= 94,50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jenis} &= 94,50 \times 1,2 \\ &= 113,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q \text{ (Joule)} = m \times c \times \Delta T$$

Hari ke 1

Jam 6

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,50^\circ\text{C} \\ &= 398.884,50 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 9

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,94^\circ\text{C} \\ &= 562.996,98 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 12

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,64^\circ\text{C} \\ &= 414.839,88 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 15

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 3,54^\circ\text{C} \\ &= 403.443,18 \text{ J} \end{aligned}$$

Hari ke 3

Jam 6

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 2,00^\circ\text{C} \\ &= 227.934,00 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 9

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 2,82^\circ\text{C} \\ &= 321,386,94 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 12

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,22^\circ\text{C} \\ &= 480.940,74 \text{ J} \end{aligned}$$

Jam 15

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 166,32 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 4,22^\circ\text{C} \\ &= 510.572,16 \text{ J} \end{aligned}$$

5.3 Perhitungan Integral Energi Eksisting South Room

Diketahui: $y = -0,9231x^2 + 23,426x - 18,507$

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

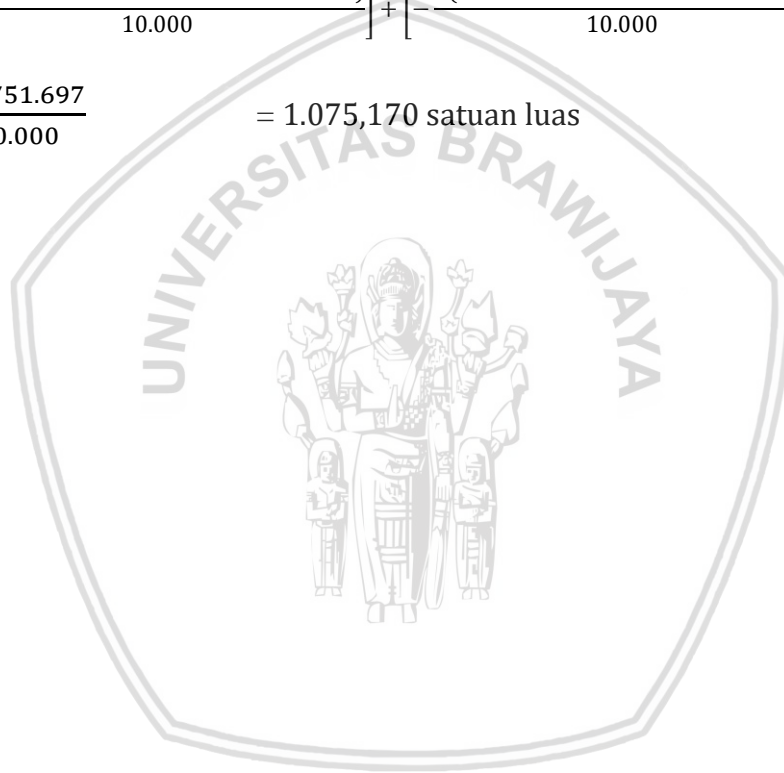
$$L = \int_6^{15} -0,9231x^2 + 23,426x - 18,507 dx$$

$$= \left[-\frac{x(9.231x^2 - 234.260x + 185.070)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(9.231 \cdot 15^2 - 234.260 \cdot 15 + 185.070)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(9.231 \cdot 6^2 - 234.260 \cdot 6 + 185.070)}{10.000} \right]$$

$$= \frac{10.751.697}{10.000}$$

$$= 1.075,170 \text{ satuan luas}$$



Lampiran 6 Analisis Simulasi Eksisting

6.1 Tabel Suhu Hasil Simulasi Tiap Kamar

KAMAR HARI 1	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
06:00	27,90	29,50	29,70	25,60°C
09:00	31,00	30,50	30,40	30,00°C
12:00	31,40	31,70	31,00	33,20°C
15:00	33,20	30,50	31,20	31,10°C

KAMAR HARI 3	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
06:00	28,00	28,70	29,60	24,30°C
09:00	30,00	29,40	29,20	28,80°C
12:00	31,50	29,90	30,10	32,20°C
15:00	30,00	29,60	30,00	29,30°C

SUITE ROOM

6.2 Tabel Selisih Suhu *Suite Room* Dengan Suhu Ideal

Waktu	Hari 1		Hari 3	
	T (°C)	ΔT	T (°C)	ΔT
Jam 6	27,90	-4,40	28,00	-4,50
Jam 9	31,00	-7,50	30,00	-6,50
Jam 12	31,40	-7,90	31,50	-8,00
Jam 15	33,20	-9,70	30,00	-6,50

Keterangan :

T (°C) : suhu dalam kamar

ΔT : selisih suhu ($T_1 - T$)

6.3 Tabel Hasil Energi *suite room* Simulasi Hari 1 & 3

Menggunakan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Hari 1	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
06:00	166,32	1.005,00	-4,40	735.467,04	204,30	697,09
09:00	166,32	1.005,00	-7,50	1.253.637,00	348,23	1.188,22
12:00	166,32	1.005,00	-7,90	1.320.497,64	366,80	1.251,59
15:00	166,32	1.005,00	-9,70	1.621.370,52	450,38	1.536,76

Hari 3	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
06:00	166,32	1.005,00	-4,50	752.182,20	208,94	712,93
09:00	166,32	1.005,00	-6,50	1.086.485,40	301,80	1.029,79
12:00	166,32	1.005,00	-8,00	1.337.212,80	371,45	1.267,43
15:00	166,32	1.005,00	-6,50	1.086.485,40	301,80	1.029,79

6.4 Perhitungan Integral Energi Simulasi Suite Room

Diketahui: $y = -3,0954x^2 + 83,421x - 180,62$

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

$$L = \int_6^{15} -3,0954x^2 + 83,421x - 180,62 \, dx$$

$$= \left[-\frac{x(10.318x^2 - 417.105x + 1.806.200)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(10.318 \cdot 15^2 - 417.105 \cdot 15 + 1.806.200)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(10.318 \cdot 6^2 - 417.105 \cdot 6 + 1.806.200)}{10.000} \right]$$

$$= \frac{29.982.483}{10.000}$$

$$= 2.998,248 \text{ satuan luas}$$

NORTH ROOM

6.5 Tabel Selisih Suhu *North Room* Dengan Suhu Ideal

Waktu	Hari 1		Hari 3	
	T (°C)	ΔT	T (°C)	ΔT
Jam 6	29,50	-6,00	28,70	-5,20
Jam 9	30,50	-7,00	29,40	-5,90
Jam 12	31,70	-8,20	29,90	-6,40
Jam 15	30,50	-7,00	29,60	-6,10

Keterangan :

T (°C) : suhu dalam kamar

ΔT : selisih suhu (T₁ – T)

6.6 Tabel Hasil Energi *north room* Simulasi Hari 1 & 3

Menggunakan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Hari 1	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
06:00	86,94	1.005,00	-6,00	524.248,20	145,62	496,89
09:00	86,94	1.005,00	-7,00	611.622,90	169,90	579,71
12:00	86,94	1.005,00	-8,20	716.472,54	199,02	679,08
15:00	86,94	1.005,00	-7,00	611.622,90	169,90	579,71

Hari 3	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
06:00	86,94	1.005,00	-5,20	454.348,44	126,21	430,64
09:00	86,94	1.005,00	-5,90	515.510,73	143,20	488,61
12:00	86,94	1.005,00	-6,40	559.198,08	155,33	530,02
15:00	86,94	1.005,00	-6,10	532.985,67	148,05	505,17

6.7 Perhitungan Integral Energi Simulasi North Room

Diketahui: $y = -1.0787x^2 + 25.646x + 18.931$

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

$$\begin{aligned}
 L &= \int_6^{15} -1.0787x^2 + 25.646x + 18.931 \, dx \\
 &= \left[-\frac{x(10.787x^2 - 384.690x - 597.930)}{30.000} \right]_6^{15} \\
 &= \left[-\frac{15(10.787 \cdot 15^2 - 384.690 \cdot 15 - 597.930)}{30.000} \right] + \left[-\frac{6(10.787 \cdot 6^2 - 384.690 \cdot 6 - 597.930)}{30.000} \right] \\
 &= \frac{14.580.549}{10.000} \\
 &= 1.458,055 \text{ satuan luas}
 \end{aligned}$$

SOUTH ROOM

6.8 Tabel Selisih Suhu *South Room* Dengan Suhu Ideal

Waktu	Hari 1		Hari 3	
	T (°C)	ΔT	T (°C)	ΔT
Jam 6	29,70	-6,20	29,60	-6,10
Jam 9	30,40	-6,90	29,20	-5,70
Jam 12	31,00	-7,50	30,10	-6,60
Jam 15	31,20	-7,70	30,00	-6,50

Keterangan :

T (°C) : suhu dalam kamar

ΔT : selisih suhu (T₁ - T)

6.9 Tabel Hasil Energi *south room* Simulasi Hari 1 & 3

Menggunakan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Hari 1	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
0,25	113,40	1.005,00	-6,20	706.595,40	196,28	669,72
0,38	113,40	1.005,00	-6,90	786.372,30	218,44	745,34
0,50	113,40	1.005,00	-7,50	854.752,50	237,43	810,15
0,63	113,40	1.005,00	-7,70	877.545,90	243,76	831,75

Hari 3	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)	Wh	BTU
0,25	113,40	1.005,00	-6,10	695.198,70	193,11	658,92
0,38	113,40	1.005,00	-5,70	649.611,90	180,45	615,71
0,50	113,40	1.005,00	-6,60	752.182,20	208,94	712,93
0,63	113,40	1.005,00	-6,50	740.785,50	205,77	702,13

6.10 Perhitungan Integral Energi Simulasi South Room

Diketahui: $y = -0,0879x^2 + 5,6456x + 161,93$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,0879x^2 + 5,6456x + 161,93 dx$$

$$= \left[-\frac{x(293x^2 - 28.228x - 1.619.300)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(293 \cdot 15^2 - 28.228 \cdot 15 - 1.619.300)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(293 \cdot 6^2 - 28.228 \cdot 6 - 1.619.300)}{10.000} \right]$$

$$= \frac{3.796.641}{2.000}$$

$$= 1.898,321 \text{ satuan luas}$$



Lampiran 7 Analisis Rekomendasi 1

HARI 1	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,50	29,60	29,70	25,60
JAM 9	29,30	30,20	30,30	30,00
JAM 12	30,80	30,70	31,00	33,20
JAM 15	33,70	30,50	31,10	31,10

HARI 3	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,10	28,70	28,60	24,30
JAM 9	28,90	29,40	29,10	28,80
JAM 12	30,50	29,90	29,70	29,80
JAM 15	29,40	29,60	29,80	29,90

7.1 Q Rekomendasi 1– Suite Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	166,32	1.005,00	3,80	635.176,08
9:00	166,32	1.005,00	5,60	936.048,96
12:00	166,32	1.005,00	7,15	1.195.133,94
15:00	166,32	1.005,00	8,05	1.345.570,38

7.2 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 1 Suite Room

Diketahui: $y = -1,1608x^2 + 46,508x - 61,753$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -1,1608x^2 + 46,508x - 61,75 dx$$

$$= \left[-\frac{x(5.804x^2 - 348.810x + 926.295)}{15.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(5.804 \cdot 15^2 - 348.810 \cdot 15 + 926.295)}{15.000} \right] + \left[-\frac{6(5.804 \cdot 6^2 - 348.810 \cdot 6 + 926.295)}{15.000} \right]$$

$$= \frac{13.084.533}{5.000}$$

$$= 2.616,907 \text{ satuan luas}$$

7.3 Q Rekomendasi 1– North Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	86,94	1.005,00	5,65	493.667,06
9:00	86,94	1.005,00	6,30	550.460,61
12:00	86,94	1.005,00	6,80	594.147,96
15:00	86,94	1.005,00	6,55	572.304,29

7.4 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 1 North Room

Diketahui: $y = -0,6069x^2 + 15,334x + 66,248$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,6069x^2 + 15,334x + 66,248 dx$$

$$= \left[-\frac{x(2,023x^2 - 76,670x - 662,480)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(2,023 \cdot 15^2 - 76,670 \cdot 15 - 662,480)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(2,023 \cdot 6^2 - 76,670 \cdot 6 - 662,480)}{10.000} \right]$$

$$= \frac{14.062.293}{10.000}$$

$$= 1.406,229 \text{ satuan luas}$$

7.5 Q Rekomendasi 1–South Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	113,40	1.005,00	5,65	643.913,55
9:00	113,40	1.005,00	6,20	706.595,40
12:00	113,40	1.005,00	6,85	780.673,95
15:00	113,40	1.005,00	6,95	792.070,65

7.6 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 1 South Room

Diketahui: $y = -0,3958x^2 + 13,114x + 113,4$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,3958x^2 + 13,114x + 113,4 dx$$

$$= \left[-\frac{x(1,979x^2 - 98,355x - 1.701.000)}{15.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(1,979 \cdot 15^2 - 98,355 \cdot 15 - 1.701.000)}{15.000} \right] + \left[-\frac{6(1,979 \cdot 6^2 - 98,355 \cdot 6 - 1.701.000)}{15.000} \right]$$

$$= \frac{4.607.739}{2.500}$$

$$= 1.843,096 \text{ satuan luas}$$

Lampiran 8 Analisis Rekomendasi 2

	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,40	29,60	29,50	25,60
JAM 9	29,50	30,30	30,10	30,00
JAM 12	30,90	30,80	30,80	33,20
JAM 15	33,40	30,30	30,80	31,10

	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,00	28,60	28,30	24,30
JAM 9	28,60	29,50	28,90	28,80
JAM 12	30,30	30,00	29,70	29,80
JAM 15	29,00	29,70	29,70	29,90

8.1 Q Rekomendasi 2– Suite Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	166,32	1.005,00	3,70	618.460,92
9:00	166,32	1.005,00	5,55	927.691,38
12:00	166,32	1.005,00	7,10	1.186.776,36
15:00	166,32	1.005,00	7,70	1.287.067,32

8.2 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 2 North Room

Diketahui: $y = -1.6122x^2 + 54.827x - 100.64$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -1.6122x^2 + 54.827x - 100.64 dx$$

$$= \left[-\frac{x(5.374x^2 - 4274.135x + 1.006.400)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(5.374 \cdot 15^2 - 4274.135 \cdot 15 + 1.006.400)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(5.374 \cdot 6^2 - 4274.135 \cdot 6 + 1.006.400)}{10.000} \right]$$

$$= \frac{25.777.449}{10.000}$$

$$= 2.5777,745 \text{ satuan luas}$$

8.3 Q Rekomendasi 2– North Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	86,94	1.005,00	5,60	489.298,32
9:00	86,94	1.005,00	6,40	559.198,08
12:00	86,94	1.005,00	6,90	602.885,43
15:00	86,94	1.005,00	6,50	567.935,55

8.4 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 2 North Room

Diketahui: $y = -0,809x^2 + 19,578x + 46,843$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,809x^2 + 19,578x + 46,843 dx$$

$$= \left[-\frac{x(809x^2 - 29.367x - 140.529)}{3.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(809 \cdot 15^2 - 29.367 \cdot 15 - 140.529)}{3.000} \right] + \left[-\frac{x(809 \cdot 6^2 - 29.367 \cdot 6 - 140.529)}{3.000} \right]$$

$$= \frac{1.419.831}{1.000}$$

$$= 1.419,831 \text{ satuan luas}$$

8.5 Q Rekomendasi 2– South Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	113,40	1.005,00	5,40	615.421,80
9:00	113,40	1.005,00	6,00	683.802,00
12:00	113,40	1.005,00	6,75	769.277,25
15:00	113,40	1.005,00	6,75	769.277,25

8.6 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 2 South Room

Diketahui: $y = -0,5276x^2 + 16,145x + 91,648$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,5276x^2 + 16,145x + 91,648 dx$$

$$= \left[-\frac{x(5.276x^2 - 242.175x + 2.749.440)}{30.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(5.276 \cdot 15^2 - 242.175 \cdot 15 + 2.749.440)}{30.000} \right] + \left[-\frac{6(5.276 \cdot 6^2 - 242.175 \cdot 6 + 2.749.440)}{30.000} \right]$$

$$= \frac{17.343.717}{10.000}$$

$$= 1.794,972 \text{ satuan luas}$$

Lampiran 9 Analisis Rekomendasi 3

HARI 1	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	27,60	29,10	29,50	25,60
JAM 9	29,80	30,00	30,10	30,00
JAM 12	31,00	30,50	30,80	33,20
JAM 15	32,50	30,10	31,10	31,10

HARI 3	SUITE	NORTH	SOUTH	LUAR
JAM 6	26,60	28,30	28,40	24,30
JAM 9	28,40	29,20	29,00	28,80
JAM 12	30,50	29,80	29,80	29,80
JAM 15	29,20	29,30	29,70	29,90

9.1 Q Rekomendasi 3– Suite Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	166,32	1.005,00	3,60	601.745,76
9:00	166,32	1.005,00	5,60	936.048,96
12:00	166,32	1.005,00	7,25	1.211.849,10
15:00	166,32	1.005,00	7,35	1.228.564,26

9.2 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 3 Suite Room

Diketahui: $y = -2.4505x^2 + 71.426x - 175.97$

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

$$L = \int_6^{15} -2.4505x^2 + 71.426x - 175.97 dx$$

$$= \left[-\frac{x(4.901x^2 - 214.278x + 1.055.820)}{6.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(4.901 \cdot 15^2 - 214.278 \cdot 15 + 1.055.820)}{6.000} \right] + \left[-\frac{6(4.901 \cdot 6^2 - 214.278 \cdot 6 + 1.055.820)}{6.000} \right]$$

$$= \frac{5.171.301}{2.000}$$

$$= 2.585,651 \text{ satuan luas}$$

9.3 Q Rekomendasi 3– North Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	86,94	1.005,00	5,20	454.348,44
9:00	86,94	1.005,00	6,10	532.985,67
12:00	86,94	1.005,00	6,65	581.041,76
15:00	86,94	1.005,00	6,20	541.723,14

9.4 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 3 North Room

Diketahui: $y = -0,9102x^2 + 21,985x + 26,273$

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,9102x^2 + 21,985x + 26,273 dx$$

$$= \left[-\frac{x(3.034x^2 - 109.925x - 262.730)}{10.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(3.034 \cdot 15^2 - 109.925 \cdot 15 - 262.730)}{10.000} \right] + \left[-\frac{6(3.034 \cdot 6^2 - 109.925 \cdot 6 - 262.730)}{30.000} \right]$$

$$= \frac{13.555.989}{10.000}$$

$$= 1.355,599 \text{ satuan luas}$$

9.5 Q Rekomendasi 1–South Room

Waktu	m (kg)	c (J/kg°C)	ΔT (°C)	Q (Joule)
6:00	113,40	1.005,00	5,45	621.120,15
9:00	113,40	1.005,00	6,05	689.500,35
12:00	113,40	1.005,00	6,80	774.975,60
15:00	113,40	1.005,00	6,90	786.372,30

9.6 Perhitungan Integral Energi Rekomendasi 1 South Room

Diketahui: $y = -0,4397x^2 + 14,6158x + 99,405$

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

$$L = \int_6^{15} -0,4397x^2 + 14,6158x + 99,405 dx$$

$$= \left[-\frac{x(4.397x^2 - 219.225x - 2.982.150)}{30.000} \right]_6^{15}$$

$$= \left[-\frac{15(4.397 \cdot 15^2 - 219.225 \cdot 15 - 2.982.150)}{30.000} \right] + \left[-\frac{6(4.397 \cdot 6^2 - 219.225 \cdot 6 - 2.982.150)}{30.000} \right]$$

$$= \frac{1.132.974}{625}$$

$$= 1.812,758 \text{ satuan luas}$$

Lampiran 10 Hasil Perbandingan

10.1 Tabel Perbandingan Suhu Eksisting & Simulasi Hari Ke-1

T Eksisting (°C)			T Simulasi (°C)		
Suite	North	South	Suite	North	South
26,92	26,96	27,00	27,90	29,50	29,70
28,98	28,58	28,44	31,00	30,50	30,40
30,46	27,64	27,14	31,40	31,70	31,00
29,56	26,56	27,04	33,20	30,50	31,20

10.2 Tabel Perbandingan Suhu Eksisting & Simulasi Hari ke-3

T Eksisting (°C)			T Simulasi (°C)		
Suite	North	South	Suite	North	South
26,58	25,74	25,50	28,00	28,70	29,60
28,96	27,58	26,32	30,00	29,40	29,20
31,90	28,74	27,72	31,50	29,90	30,10
31,76	28,26	27,98	30,00	29,60	30,00

10.3 Perbandingan Suhu Rekomendasi Hari ke-1

T Rekomendasi 1 (°C)			T Rekomendasi 2 (°C)			T Rekomendasi 3 (°C)		
Suite	North	South	Suite	North	South	Suite	North	South
27,50	29,60	29,70	27,40	29,60	29,50	29,20	29,10	29,50
29,30	30,20	30,30	29,50	30,30	30,10	29,80	30,00	30,10
30,80	30,70	31,00	30,90	30,80	30,80	31,10	30,50	30,80
33,70	30,50	31,10	33,40	30,30	30,80	33,20	30,10	31,10

10.4 Perbandingan Suhu Rekomendasi Hari ke-3

T Rekomendasi 1 (°C)			T Rekomendasi 2 (°C)			T Rekomendasi 3 (°C)		
Suite	North	South	Suite	North	South	Suite	North	South
27,10	28,70	28,60	27,00	28,60	28,30	26,60	28,30	28,40
28,90	29,40	29,10	28,60	29,50	28,90	28,80	29,20	29,00
30,50	29,90	29,70	30,30	30,00	29,70	30,70	29,80	29,80
29,40	29,60	29,80	29,00	29,70	29,70	29,20	29,30	29,70

10.5 Tabel Perbandingan Suhu Rekomendasi Rata-rata

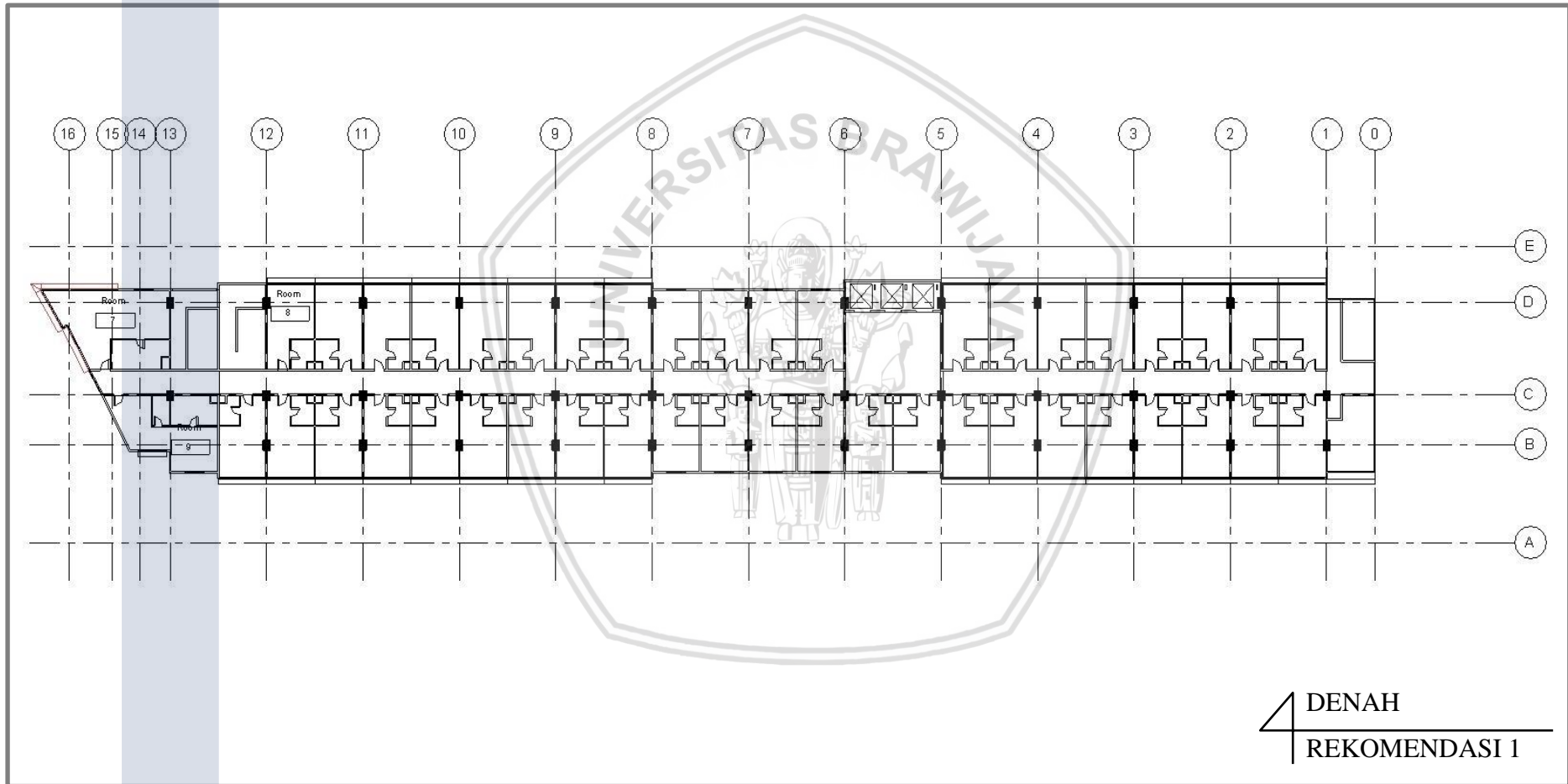
ENERGI KALOR (J)					
KAMAR	EKSISTING	SIMULASI	REK 1	REK 2	REK 3
SUITE	9.375.822,00	10.793.700,00	9.420.865,20	9.999.882,00	9.308.343,60
NORTH	3.398.310,00	5.249.016,00	5.062.424,40	5.111.391,60	4.880.156,40
SOUTH	3.870.612,00	6.833.955,60	6.635.145,60	6.461.899,20	6.525.928,80

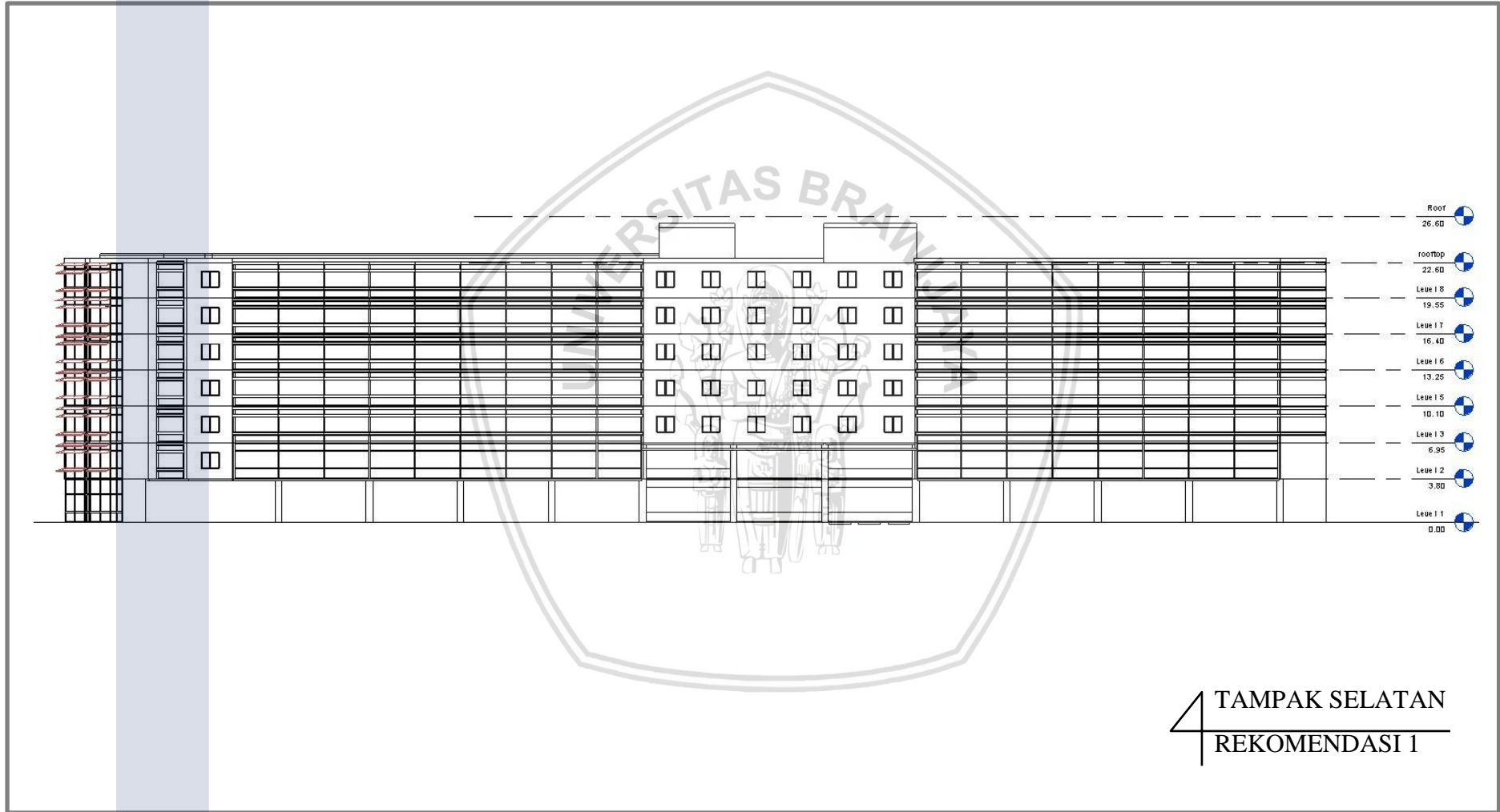
ENERGI KALOR (Wh)					
KAMAR	EKSISTING	SIMULASI	REK 1	REK 2	REK 3
SUITE	2.604,395	2.998,250	2.616,907	2.777,745	2.585,651
NORTH	943,975	1.458,060	1.406,229	1.419,831	1.355,599
SOUTH	1.075,170	1.898,321	1.843,096	1.794,972	1.812,758



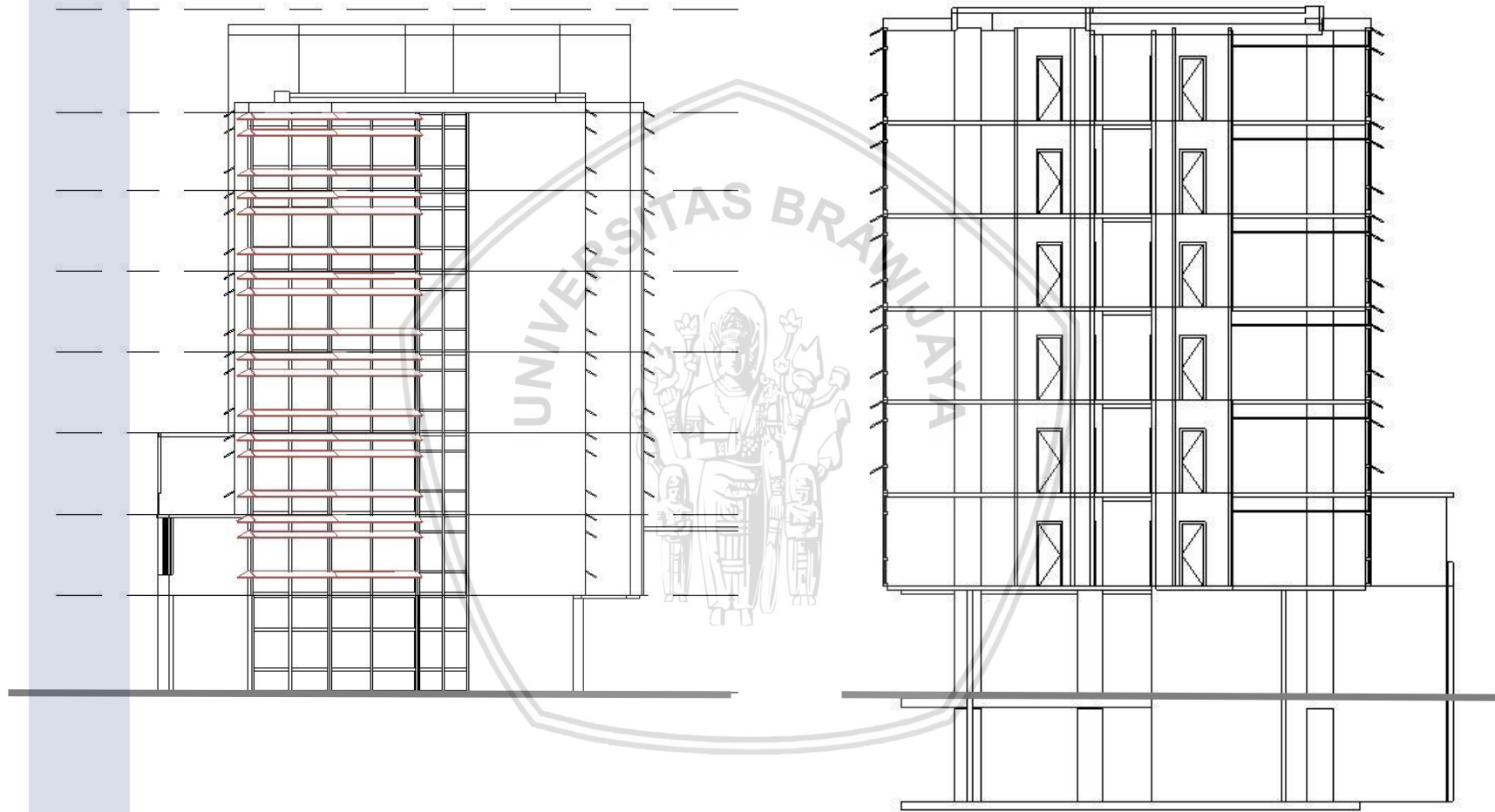
Lampiran 11 Gambar Kerja Hasil Rekomendasi

11.1 Rekomendasi 1





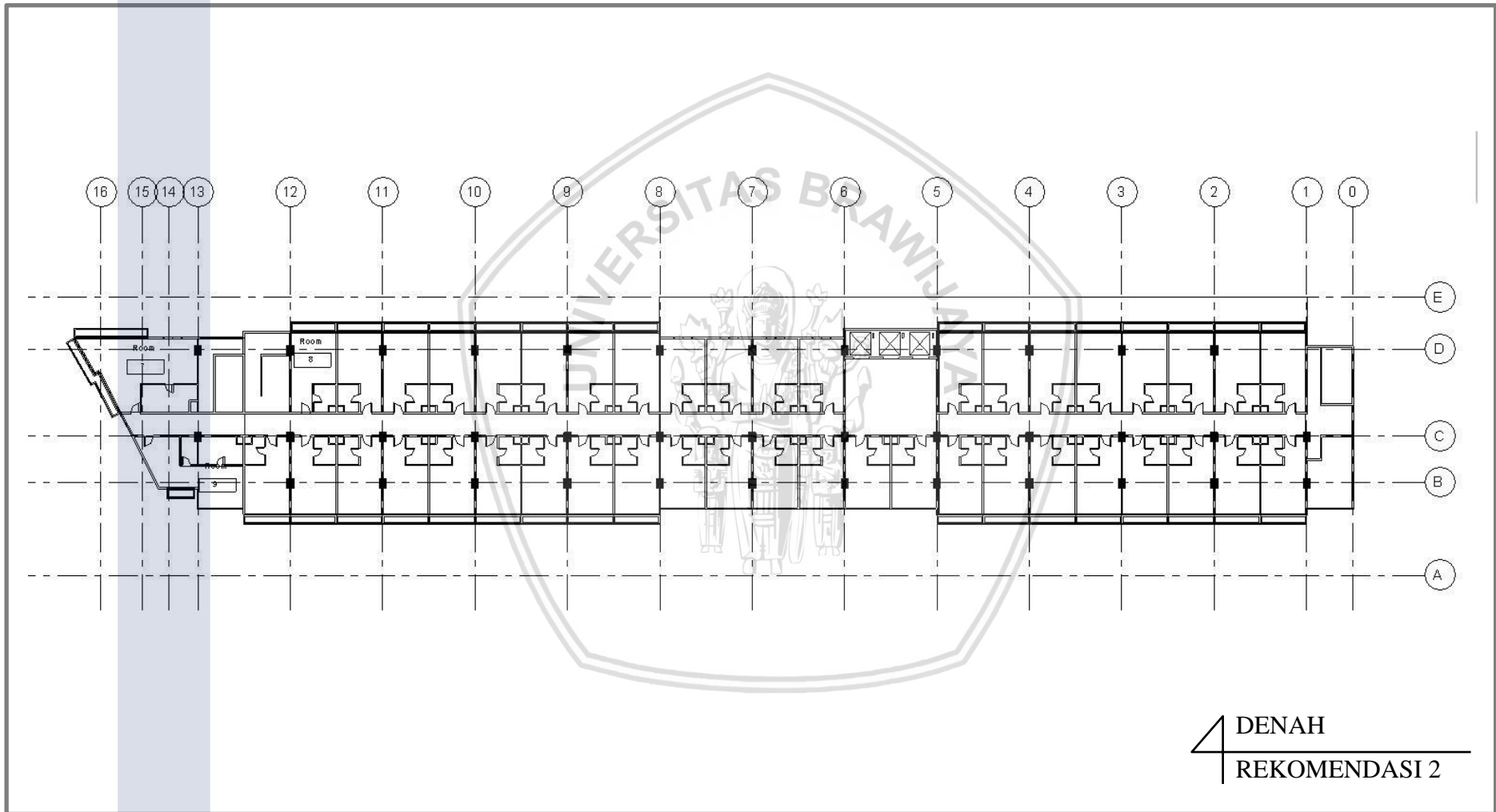
TAMPAK SELATAN
REKOMENDASI 1

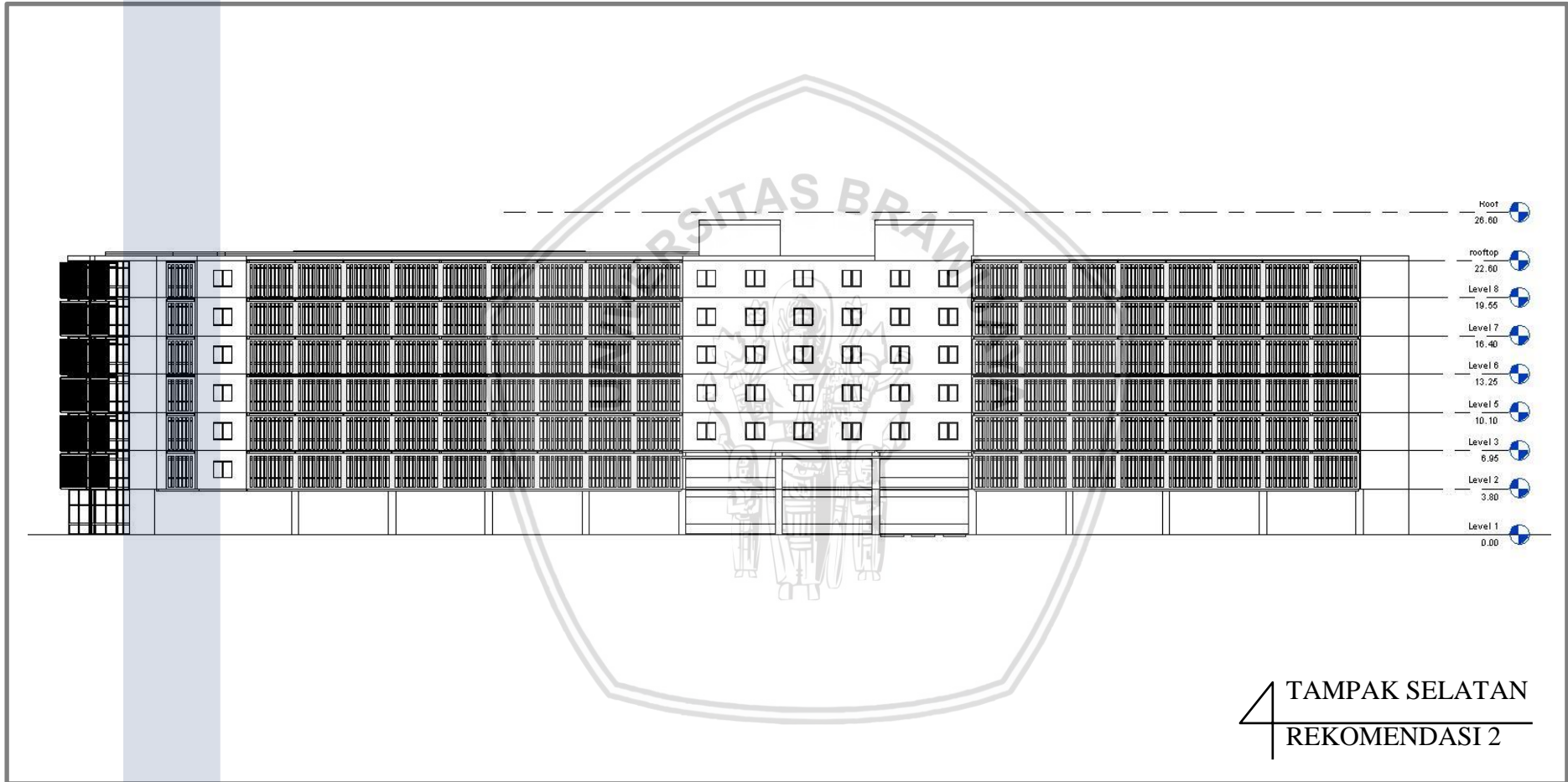


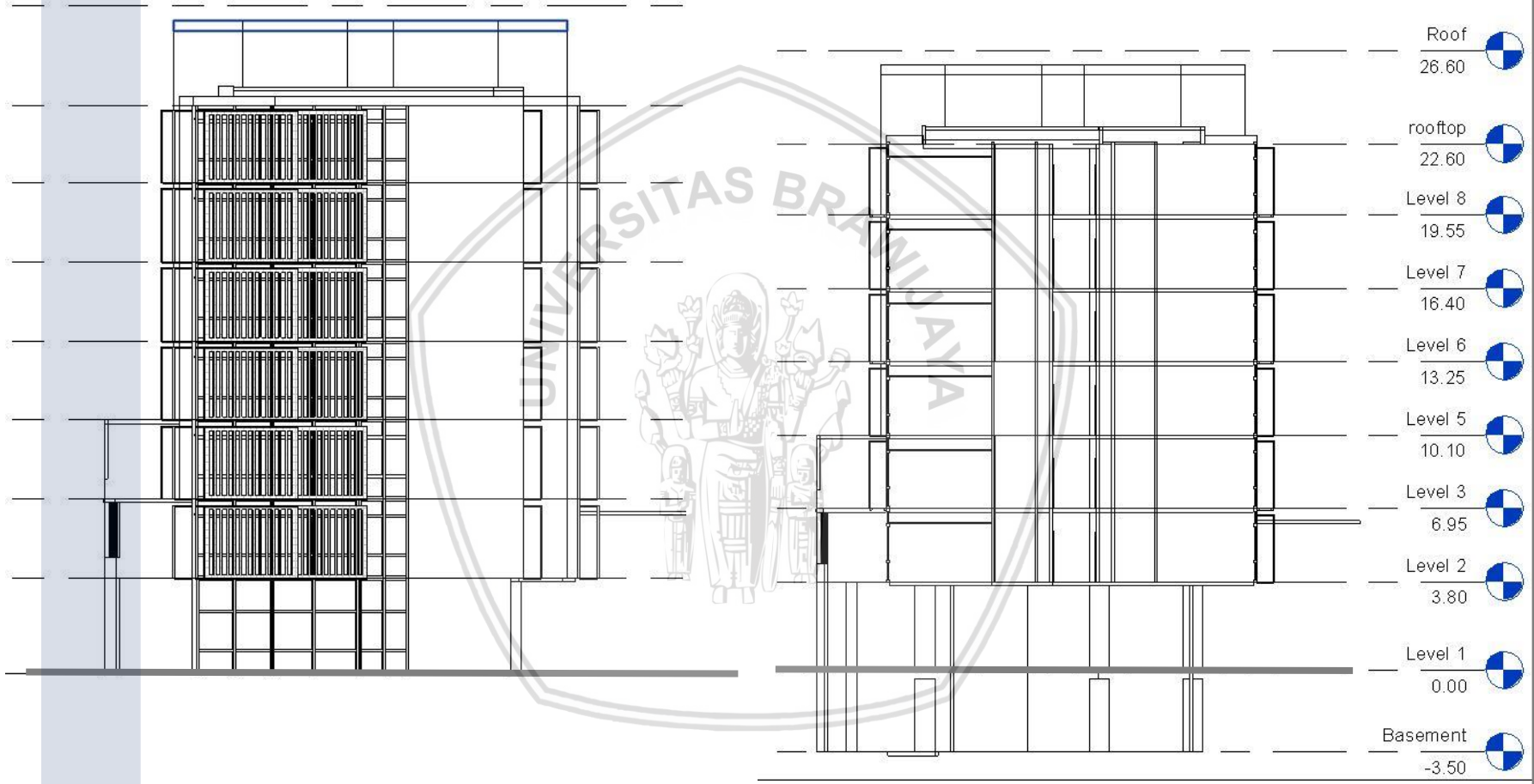
TAMPAK BARAT
REKOMENDASI 1

POTONGAN
REKOMENDASI 1

11.2 Rekomendasi 2







TAMPAK BARAT
REKOMENDASI 2

POTONGAN
REKOMENDASI 2

11.3 Rekomendasi 3

