TESIS – DA185401

PENGARUH GEOMETRI *MOVABLE LOUVERS* TERHADAP KINERJA PENERANGAN ALAMI PADA HUNIAN RUMAH SUSUN DI SURABAYA

ASTRINI HADINA HASYA
08111850040003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
FX Teddy Badai Samodra, S.T.,M.T., Ph.D.

Departemen Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – DA185401

PENGARUH GEOMETRI *MOVABLE LOUVERS* TERHADAP KINERJA PENERANGAN ALAMI PADA HUNIAN RUMAH SUSUN DI SURABAYA

ASTRINI HADINA HASYA
08111850040003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
FX Teddy Badai Samodra, S.T.,M.T., Ph.D.

Departemen Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

Dibiayai dari Dana DRPM- ITS berdasar:
Surat Perjanjian Pendanaan Penelitian Pascasarjana
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun 2020
Nomor: 915/PKS/ITS/2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Arsitektur (M.Ars.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

ASTRINI HADINA HASYA
NRP: 08111850040003

Tanggal Ujian: 1 Juli 2020
Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
   NIP: 19670301 199203 2 002 .....

2. FX Teddy Badai Samodra, S.T., M.T., Ph.D.
   NIP: 19800406 200801 1 008 .....

Penguji:

1. Dr-Eng.Ir.Dipl-Ing. Sri Nastiti NE, M.T.
   NIP: 19611129 198601 2 001 .....

2. Prof.Dr.Ir. Vincentius Totok N, M.T.
   NIP: 19551201 198103 1 003 .....

Kepala Departemen Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian

Dr. Dewi Septanti, S.Pd., S.T., M.T.
NIP: 19690907 1997022 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Astrini Hadina Hasya

NRP : 08111850040003

Program Studi : Magister (S2)

Jurusan : Arsitektur

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul:

"**PENGARUH GEOMETRI *MOVABLE LOUVERS* TERHADAP KINERJA PENERANGAN ALAMI PADA HUNIAN RUMAH SUSUN DI SURABAYA**"

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Agustus 2020

Astrini Hadina Hasya

NRP. 08111850040003

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tesis ini, laporan Tesis dengan judul "Pengaruh Geometri Movable Louvers Terhadap Kinerja Penerangan Alami pada Hunian Rumah Susun di Surabaya ". Maka dari itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasihnya atas segala ilmu, bimbingan, dan bantuannya kepada:

1) Ibu Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env., selaku dosen pembimbing utama yang dengan tulus telah membantu dan membimbing sampai terselesaikannya Tesis ini.
2) Bapak FX Teddy Badai Samodra, S.T.,M.T., Ph.D., selaku dosen co-pembimbing yang juga dengan tulus telah membantu dan membimbing sampai terselesaikannya Tesis ini.
3) Ibu Dr-Eng.Ir.Dipl-Ing. Sri Nastiti NE, M.T. dan Bapak Prof.Dr.Ir. Vincentius Totok N, selaku dosen penguji Tesis.
4) Ibu Dr. Dewi Septanti, S.Pd., S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Arsitektur ITS.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tesis ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dari semua pihak yang ingin memberikan saran baiknya demi perkembangan positif bagi penulis.

Demikian Tesis ini disusun, semoga bermanfaat dan menginspirasi bagi semua pihak, akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Surabaya, Agustus 2020

Astrini Hadina Hasya

NRP : 08111850040003

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGARUH GEOMETRI *MOVABLE LOUVERS* TERHADAP KINERJA PENERANGAN ALAMI PADA HUNIAN RUMAH SUSUN DI SURABAYA

Nama mahasiswa : Astrini Hadina Hasya
NRP : 08111850040003
Pembimbing : 1. Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
2. FX Teddy Badai Samodra, S.T.,M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Bangunan Rumah susun memiliki permasalahan penerangan alami dinamis yang kompleks. Kinerja penerangan alami yang baik pada rumah susun dapat memberikan kenyamanan visual sehingga menunjang produktivitas dan kesehatan penghuni. Rumah susun di daerah tropis memiliki kondisi iklim yang dinamis karena pengaruh pola pergerakan matahari. Bukaan hanya dari satu sisi dan luasan bukaan terbatas menimbulkan penerangan alami yang tidak merata sehingga diperlukan strategi peningkatan kinerja penerangan alami. Berdasarkan konflik penerangan alami tersebut strategi yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja penerangan alami dalam ruang, yaitu dengan sistem *shading* dinamis yang dapat menyesuaikan kondisi lingkungan. Dengan pertimbangan keterbatasan penggunaan metode penerangan alami tersebut, maka dipilih geometri *movable louvers* sebagai strategi *shading* dalam penelitian ini. Hal ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi penggunaan sarana penerangan alami pasif yang dinamis, efisien dan tepat guna. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami di rumah susun iklim tropis khususnya di Surabaya.

Metode eksperimental semu (quasi) digunakan dengan bantuan simulasi *software Ecotect 2011* dan *plug-in Dekstop Radiance 1.02*. Rancangan inovasi geometri berfokus pada bentuk yang tercipta dari bidang-bidang pantul tertentu dan kemampuan sitem operasionalnya. Analisis dari eksperimen ini untuk mendeteksi pemerataan distribusi penerangan alami.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa geometri *movable louvers* yang diujikan memberikan peningkatan kinerja penerangan alami. Geometri zig-zag yang berperan sebagai *shading device* menghasilkan distribusi penerangan alami yang lebih merata karena memberikan bentuk dengan banyak bidang pantul sehingga memiliki permukaan reflektan lebih banyak dari bentuk lain. Kemudian geometri zig-zag juga memberikan hasil maksimal dalam pendistribusian penerangan alami bila di integrasikan dengan sistem operasional rotasi 30˚ dan 45˚, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif teknologi sistem *shading* dinamis untuk penerangan alami.

Kata kunci: Kenyamanan Visual, *Shading Device*, Simulasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

AN EFFECT OF GEOMETRY MOVABLE LOUVERS TOWARDS DAYLIGHTING PERFORMANCE IN A RURAL FLAT IN SURABAYA

Author : Astrini Hadina Hasya
NRP : 08111850040003
Tutor : 1. Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
2. FX Teddy Badai Samodra, S.T.,M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Flats have a complex dynamic daylighting problem. The good performance of daylighting in flats can provide visual comfort to support the productivity and health of residents. Flats in the tropics have dynamic climatic conditions due to the influence of solar movement patterns. Openings are only from one side and the extent of limited openings results in uneven daylighting distribute, so strategies for improving daylighting performance are needed. Based on the daylighting conflict, a dynamic shading system that can adjust environmental conditions is needed as a strategy to improve the performance of natural lighting in space. Considering the limitations of using the daylighting method, the movable louvers geometry was chosen as the shading strategy in this study. This is expected to be one of the solutions to the use of passive, dynamic, and efficient daylighting facilities. The purpose of this study was to evaluate the effect of movable louvers geometry on the performance of daylighting in tropical climate flats, especially in Surabaya.

Quasi-experimental methods are used with the help of Ecotect 2011 software simulation and Radiance Desktop plug-in 1.02. The design of geometry innovations focuses on the shapes created by certain reflective planes and their operating system capabilities. The analysis of this experiment is to detect the equitable distribution of daylight.

The tested results of the study indicate that the movable louvers geometry gives an increase in the performance of daylighting. Zig-zag geometry which aims as a shading device results in a more even distribution of daylighting because it provides shapes with many reflective planes so that it has more reflective surfaces than other forms. Then the zig-zag geometry also provides maximum results in the distribution of daylighting when integrated with the operational system rotation 30˚ and 45˚, so that it can be used as an alternative dynamic shading system technology for daylighting.

Keywords: Shading Device, Simulation, Visual Comfort

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS iii
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xix
DAFTAR LAMPIRAN xxi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.1.1 Desain Arsitektur Rumah susun di Iklim Tropis 1
1.1.2 Sistem *Shading Device* untuk Penerangan Alami 2
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 7
2.1 Pengertian Penerangan Alami 7
2.1.1 Tujuan dan Manfaat Penerangan Alami 7
2.1.2 Sumber Penerangan Alami 9
2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penerangan Alami 10
2.2 Penerangan Alami pada Iklim Tropis 13
2.2.1 Pola Pergerakan Matahari di Iklim Tropis 13
2.2.2 Karakteristik Penerangan Alami di Daerah Tropis 15
2.2.3 Strategi Peningkatan Kualitas Kinerja penerangan Alami 17
2.2.4 Parameter Pengukuran Kinerja Penerangan Alami 18
2.3 Bangunan Rumah susun 19
2.3.1 Aktivitas dan Standar Rumah susun 20
2.3.2 Tipe Ruang dalam Rumah susun 20
2.3.3 Tipologi Bangunan Rumah susun 21
2.3.4 Penerangan Alami pada Hunian Rumah susun 31
2.4 Sistem *Shading* Dinamis 33

2.5 *Louvers* 34
2.5.1 Tipe *Louvers* 34
2.5.2 Mekanisme *Movable Louvers* 35
2.5.3 Geometri *Movable Louvers* 36
2.6 *State of the Art* 39
2.7 Sintesis Teori 43
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 45
3.1 Paradigma Penelitian 45
3.2 Metode Penelitian 46
3.2.1 Variabel Penelitian 47
3.2.2 Definisi Variabel 52
3.3 Subjek dan Objek Penelitian 53
3.3.1 Subjek Penelitian 53
3.3.2 Objek Penelitian 54
3.3.3 Bangunan Eksisting 54
3.4 Data Penelitian 56
3.4.1 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data 56
3.4.2 Analisis Data 57
3.4.3 Persentasi Data 60
3.5 Rancangan Eksperimen 60
3.5.1 Prosedur Eksperimen 61
3.6 Prosedur Pengukuran 61
3.7 Prosedur Simulasi 64
3.7.1 Perlakuan Eksperimen dalam Simulasi 65
BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN 71
4.1 Hasil Pengamatan Lapangan 71
4.1.1 Deskripsi Kondisi Eksisting Bangunan 71
4.2 Hasil Pengamatan dan Pengukuran Lapangan 75
4.2.1 Analisis Kuantitas dan Distribusi Penerangan Alami dalam Unit Rumah susun Siwalankerto II 75
4.3 Kesimpulan Hasil Pengamatan Lapangan 84
BAB 5 ANALISIS DAN HASIL SIMULASI 87
5.1 Verifikasi Hasil Simulasi Komputer 87
5.1.1 Deskripsi Bangunan pada Simulasi Komputer 88

5.1.2 Deskripsi Variabel Geometri *Movable Louvers* pada Simulasi Komputer 90
5.2 Analisis Nilai Iluminan Variabel Geometri Movable Louvers terhadap Peningkatan Kinerja Penerangan Alami pada unit Rusun Siwalankerto II 91
5.3 Analisis Nilai DF Variabel Geometri Movable Louvers terhadap Peningkatan Kinerja Penerangan Alami pada unit Rusun Siwalankerto II 96
5.4 Analisis Pengaruh Variabel Movable Louvers 103
5.5 Analisis Sistem Movable Louvers 104
5.6 Kesimpulan Hasil Simulasi..... 106
BAB 6 KESIMPULAN 109
6.1 Kesimpulan 109
6.1.1 Pengaruh Geometri Movable Louvers Terhadap Kinerja Penerangan Alami Rusun di Iklim Tropis 109
6.1.2 Desain Geometri Movable Louvers yang Paling Sesuai untuk Rusun di Iklim Tropis 110
6.2 Saran 111
DAFTAR PUSTAKA..... 113

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Gambar 2. 1 Sumber Penerangan Alami 10
Gambar 2. 2 Penjelasan Jarak "d" 12
Gambar 2. 3 Tropic of Cancer 14
Gambar 2. 4 Tropic of Capricorn 14
Gambar 2. 5 Rotasi Bumi pada Orbitnya Terhadap Matahari 15
Gambar 2. 6 Distribusi penerangan pada kondisi langit overcast 16
Gambar 2. 7 Sistem koridor eksterior/ *single loaded system* 21
Gambar 2. 8 Sistem koridor sentral/ *double loaded system* 22
Gambar 2. 9 *Point block system* 22
Gambar 2. 10 *Multicore system* 23
Gambar 2. 11 Tipe *simplex* 23
Gambar 2. 12 Tipe *duplex* 24
Gambar 2. 13 Tipe *triplex* 24
Gambar 2. 14 Denah Rumah susun SIER 25
Gambar 2. 15 Mekanisme *louvers* 36
Gambar 2. 16 Pergerakan Geometri Dasar 36
Gambar 2. 17 Simulasi Geometri *Louvers* Horizontal (a) dan Vertikal (b) 37
Gambar 2. 18 Simulasi Konfigurasi Geometri *Louvers* Horizontal 37
Gambar 2. 19 Geometri *Louvers* yang Diusulkan Gutiérrez 38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3. 1 Urutan Penentuan Variabel 48
Gambar 3. 2 Geometri Kisi *Louvers* 51
Gambar 3. 3 Dimensi Kisi *Louvers* 51
Gambar 3. 4 (E) Dimensi Kedalaman Kisi *Louvers* (*depth blade*) 52
Gambar 3. 5 *Site Plan* Rusun Siwalankerto II 55
Gambar 3. 6 Denah (gambar kiri), dan Potongan (gambar kanan) Rusun Siwalankerto II 55
Gambar 3. 7 Grafik rata-rata kecerlangan/*luminance* 58
Gambar 3. 8 Koefisien Kolerasi (a) korelasi negatif, (b) korelasi positive, (c) tidak ada korelasi 59
Gambar 3. 9 Posisi Titik Pengukuran pada Denah 62
Gambar 3. 10 Lux Meter 63
Gambar 3. 11 Meteran 64

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN

Gambar 4. 1 Koridor Rumah susun Siwalankerto II dengan *courtyard* 72
Gambar 4. 2 Material interior unit rusun Siwalankerto II 73
Gambar 4. 3 Denah Ruang Siwalankerto II 74
Gambar 4. 4 Bentuk Bukaan dan Dimensinya pada rusun Siwalankerto II 74
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Iluminan Indoor (Ei) Hasil Pengukuran Langsung Rusun Siwalankerto II *Partly cloudy* 76

Gambar 4. 6 Grafik Nilai Iluminan Indoor (Ei) Hasil Pengukuran Langsung Rusun Siwalankerto II *Overcast* 76
Gambar 4. 7 Informasi Titik Pengukuran dan Potongan Unit Rusun Siwalankerto II 77
Gambar 4. 8 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Partly cloudy* 78
Gambar 4. 9 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Overcast* 78
Gambar 4. 10 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy* 79
Gambar 4. 11 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast* 80
Gambar 4. 12 Distribusi Nilai DF *Indoor* Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy* 81
Gambar 4. 13 Distribusi Nilai DF *Indoor* Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast* 81
Gambar 4. 14 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Partly cloudy* 82
Gambar 4. 15 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Overcast* ... 82
Gambar 4. 16 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy* 83
Gambar 4. 17 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast* 84

BAB 5 ANALISA DAN HASIL SIMULASI

Gambar 5. 1 Grid Kontur Penerangan Alami pada Pengukuran Lapangan (kiri) dan Simulasi Komputer (kanan) 87
Gambar 5. 2 Grafik Korelasi Pengukuran Lapangan Eksisting dengan Simulasi Eksisting 88
Gambar 5. 3 Simulasi Bangunan Eksisting dengan *Sunpath* Pukul 09.00 88
Gambar 5. 4 Dari Kiri Tampak Depan, Tampak Perspektif, Tampak Samping, dan Tampak Atas Simulasi Bangunan Eksisting 89
Gambar 5. 5 Input Data Iklim Surabaya 2017 pada *Ecotect Analysis 2011* 90
Gambar 5. 6 Pemasangan Variabel Bebas dari kiri Variabel 1, Variabel 2, Variabel 3 90
Gambar 5. 7 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 30˚ pada Kondisi Langit Partly cloudy pukul 09.00 dan 12.00 91
Gambar 5. 8 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 30˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 15.00 92
Gambar 5. 9 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 45˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 93
Gambar 5. 10 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 60˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 09.00 94

Gambar 5. 11 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 60˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 12.00 dan 15.00 95
Gambar 5. 12 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 90˚ pada Kondisi Langit *Partly Cloudy* Pukul 09.00 96
Gambar 5. 13 Grafik Nilai DF Varian Geometri Persegi panjang 97
Gambar 5. 14 Informasi Titik Pengukuran dan Potongan Unit Rusun Siwalankerto II 97
Gambar 5. 15 Kurva Distribusi Nilai DF Varian Persegi Panjang A-A' dan B-B' 98
Gambar 5. 16 Grafik Nilai DF Varian Zig-zag 99
Gambar 5. 17 Kurva Distribusi Nilai DF Varian Zig-zag A-A' dan B-B' 100
Gambar 5. 18 Grafik Nilai DF Varian Slat Segitiga 101
Gambar 5. 19 Kurva Distribusi Nilai DF Variabel 3 A-A' dan B-B' 102
Gambar 5. 20 (a) Sistem Orientasi Horizontal, (b) Sistem Orientasi Diagonal, (c) Sistem Ditarik Keatas 104
Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Sistem *Movable Louvers* 106

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Tabel 2. 1 Rekomendasi Daylight Factor (DF) 18
Tabel 2. 2 Jenis Rusun, sasaran pengguna & aktivitas yang paling pokok pada setiap jenis rusun 20
Tabel 2. 3 Tipe Rumah susun 21
Tabel 2. 4 Gambaran Blok Rumah susun di Surabaya. 25
Tabel 2. 5 Karakteristik Rumah susun di Surabaya. 28
Tabel 2. 6 Gambaran Denah dan Potongan Unit Rusun. 30
Tabel 2. 7 Rekomendasi *Daylight Factor* 31
Tabel 2. 8 *Fixed Louvers* 34
Tabel 2. 9 *Movable Louvers* 35
Tabel 2. 10 Penelitian tentang Geometri *Louvers* 41

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Tabel 3. 1 Jenis Variabel yang digunakan 49
Tabel 3. 2 Keterangan Dimensi Geometri Variabel *Louvers* 51
Tabel 3. 3 Tipologi Blok Rumah susun di Surabaya 54
Tabel 3. 4 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data 57
Tabel 3. 5 Pengukuran yang akan Dilakukan pada Variabel 62
Tabel 3. 6 Variasi Perlakuan Geometri *Louvers* 66
Tabel 3. 7 Kerangka Penelitian 69
Tabel 3. 8 Jadwal Rencana Penelitian 69

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN

Tabel 4. 1 Spesifikasi Material Unit Rumah susun Siwalankerto II 73
Tabel 4. 2 Perbandingan Rata-rata Nilai Iluminan dengan Standar Penerangan Alami Rumah Tinggal 75
Tabel 4. 3 Perbandingan Rata-rata *Daylight Factor (DF)* dengan Standar Penerangan Alami Rumah Tinggal 80

BAB 5 ANALISA DAN HASIL SIMULASI

Tabel 5. 1 Tabel Korelasi Spearmen Variabel Bentuk 103
Tabel 5. 2 Tabel Korelasi Spearmen Variabel Sudut 103
Tabel 5. 3 Perhitungan Fissure Free-area louvers 105

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Pagi 119
Lampiran 2 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Pagi..... 119
Lampiran 3 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Siang 120
Lampiran 4 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Siang..... 120
Lampiran 5 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Sore 121
Lampiran 6 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Sore..... 121
Lampiran 7 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Pagi 122
Lampiran 8 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Pagi..... 122
Lampiran 9 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Siang 123
Lampiran 10 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Siang..... 123
Lampiran 11 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Sore 124
Lampiran 12 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Sore..... 124
Lampiran 13 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Pagi 125
Lampiran 14 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Siang 125
Lampiran 15 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Sore 126
Lampiran 16 Hasil Simulasi Eksisting Overcast DF 126
Lampiran 17 Hasil Simulasi V1 Rotasi DF 127
Lampiran 18 Hasil Simulasi V2 Rotasi DF 127
Lampiran 19 Hasil Simulasi V3 Rotasi DF 128

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Desain Arsitektur Rumah susun di Iklim Tropis

Indonesia terletak pada garis ekuator yang kaya akan sumber daya sinar matahari sepanjang tahun dengan rata-rata lama penyinaran 12 jam sehari sehingga penerangan alami merupakan aspek penting dalam bangunan yang dapat dimanfaatkan maksimal (Avesta, 2017). Namun, kenyataannya rumah susun di iklim tropis pada umumnya memiliki permasalahan penerangan alami yang kompleks. Terdapat rumah susun dengan masukan cahaya matahari melalui bukaan tidak merata dan cenderung menyebabkan silau bagi penghuni di dalamnya, sehingga timbul perilaku penghuni menutup jendela dengan berbagai *shading* dan memakai penerangan buatan untuk kenyamanan visual (Avesta, 2017). Pada kasus lainnya, rumah susun secara keseluruhan belum memenuhi standar tingkat penerangan alami, karena hanya sepertiga bagian ruang terpenuhi sehingga dapat dipastikan operasional bangunan tidak optimal (Indrani, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa sepanjang tahun, keadaan langit berubah karena pola pergerakan matahari yang mempengaruhi bagian iklim dalam atau luar (Mangkuto, 2019). Kondisi iklim yang dinamis ini menuntut teknologi pintar yang adaptif dan rensponsif pada fasad bangunan (Decker, 2013).

Berdasarkan konflik penerangan alami tersebut rumah susun membutuhkan strategi penerangan alami yang memadai untuk kenyamanan visual dan produktivitas sehari-hari melalui penggunaan *shading device* pada desain penerangan alami dalam bangunan (Indrani, 2008; Mangkuto, 2019). Namun karena kondisi langit dan lingkungan yang berubah, penggunaan *shading device* yang adaptif dan dinamis lebih ideal karena menyeimbangkan penerangan alami yang masuk, memberikan efek krusial kenyamanan visual tanpa membuat silau (*glare*) dan meneyediakan pemandangan luar (Wiggington, 2002; Yao, 2014; Konstantoglou, 2016). Selain itu *shading device* dinamis memiliki banyak keuntungan karena sifatnya yang dapat digerakkan (O'Brien, 2013; Kirimtat, 2016;

Mangkuto, 2019), dan dapat dikontrol personal sesuai preferensi pengguna (Nicol 2002; Karjalainen, 2009).

1.1.2 Sistem *Shading Device* untuk Penerangan Alami

Berbagai penelitian tentang *shading device* dan *dynamic shading device* baik yang diletakkan di dalam (*internal*) maupun diluar (*external*) telah banyak diulas (Kirimtat, 2016; Konstantoglou, 2016; Al-Masrani, 2019). Telah banyak penelitian yang menawarkan penggunaan *movable shading device* seperti *venetian blinds*, *vertical blinds*, *roller shade*, dan *movable louvers* untuk mengontrol penerangan alami, termal, serta penghematan energi (Kim, 2007; Park, 2007; Hammed, 2010). Tipe *louvers* sendiri khususnya cukup memberikan hasil yang baik dalam menghadapi pola pergerakan matahari dengan dimensi optimal tergantung pada jarak *louvers*, lokasi *latitude* bangunan, dan kondisi iklim daerah tersebut (Kirimtat, 2016). Penelitian mengenai *louvers* telah banyak dilakukan, namun pada konteks sistem *shading* statis, mengkaji mengenai kinerja termal dan energi, dan menggunakan metode simulasi (Datta, 2001; Palmero-Marrero, 2010; He, 2019). Terdapat penelitian *louvers* yang mengkaji kinerja penerangan alami, pada sistem *shading* statis, namun menggunakan metode simulasi (Hien, 2003). Penelitian tentang geometri *movable louvers* juga telah dilakukan, namun dengan geometri yang berbeda-beda, mengkaji mengenai penghematan energi (Hammad, 2010; Brennan, 2012), penerangan alami dan kenyamanan visual (Gutiérrez, 2019), dengan metode simulasi dan pada kodisi iklim non-tropis (Hammad, 2010; Brennan, 2012; Gutiérrez, 2019).

Berdasarkan kajian dari penelitian-penelitian sebelumnya, mayoritas meneliti sistem *shading device*, khususnya *louvers* baik yang statis dan dinamis terhadap kinerja termal, energi dan penerangan alami dengan menggunakan metode simulasi. Kemudian subjek penelitian telah banyak meneliti pada konteks kantor. Pada iklim tropis, penelitian tentang *movable external shading device* atau sistem *shading* dinamis masih tergolong terbatas (Al-Masrani, 2018) terutama tipe pengaruh geometri *movable louvers* dengan mengkaji kinerja penerangan alami pada Rumah susun. *Movable louvers* yang digerakkan secara konvensional atau manual sesuai dengan karakter low cost pada Rumah susun. Sebagai tambahan, pengaruh dari performa bentuk geometri *shading device* yang adaptif pada iklim

tropis belum dilakukan (Al-Masrani, 2018), sehingga memiliki potensi dikembangkan. Penelitian yang sekarang dilakukan ini difokuskan membahas pengaruh geometri *movable louvers* sebagai sistem *shading* dinamis pada hunian rumah susun dengan mempelajari kualitas penerangan alami dalam interor rumah susun dan iklim sekitar menggunakan metode eksperimen. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini menjadi salah satu alternatif sitem *shading* dinamis dalam pemanfaatan pencahayan alami pada bangunan khususnya hunian Rumah susun yang sesuai kebutuhan dan tepat guna.

1.2 Rumusan Masalah

Surabaya yang merupakan Kota di Indonesia memiliki kondisi klimat dinamis, dimana ada dua musim, yakni musim kemarau dan musim penghujan. Kondisi klimat yang dinamis akan mempengaruhi penerangan alami. Hal ini dikarenakan pergerakan matahari yang khas di iklim tropis. Kebutuhan elemen arsitektur yang dinamis untuk merespon penerangan alami yang dinamis sangat diperlukan. Hunian rumah susun memiliki konflik penerangan alami. Kondisi bangunan dengan bukaan hanya dari satu sisi dan luasan bukaan terbatas menimbulkan penerangan alami yang tidak merata. Berdasarkan konflik penerangan alami ini, dibutuhkan teknologi kontrol yang tepat terhadap penyesuaian klimat yang dinamis. *Movable Louvers* merupakan suatu bentuk perkembangan *shading* dinamis. Penerapan *movable louvers* utamanya mengkaji pada bentuk geometrinya masih tergolong baru dan perlu dikaji lebih lanjut khususnya pada konteks Rumah susun di iklim tropis. Sehingga penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami khususnya pada Rumah susun di Surabaya sangat diperlukan.

Dari perumusan masalah di atas, maka diperoleh pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami di rumah susun ?
2. Bagaimana desain geometri *movable louvers* yang paling efektif terhadap kinerja penerangan alami di rumah susun ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh geometri *movable louvers* sebagai sistem *shading* dinamis pada hunian Rumah susun. Hal-hal yang perlu dicapai sesuai tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami di Rumah susun.
2. Menghasilkan desain geometri *movable louvers* yang paling sesuai dengan kebutuhan penerangan alami di Rumah susun.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoretis untuk peneliti di bidang arsitektur lingkungan dan desain interior :
    - Memperkaya kajian teori mengenai strategi peningkatan kualitas penerangan dengan elemen fasad bangunan, khususnya mengenai kinerja geometri *movable louvers* pada hunian rumah susun.
2. Manfaat bagi praktisi (desainer dan kontraktor) :
    - Sebagai bahan pertimbangan para praktisi dalam penerapan geometri *movable louvers* pada hunian Rumah susun.
3. Manfaat bagi institusi :
    - Berkontribusi dalam memperkaya kajian teori geometri *movable louvers* yang termasuk dalam *roadmap* penelitian Laboratium Sains dan Teknologi Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

1.5 Batasan Masalah

Demi tercapainya arah dan sasaran penelitian yang diharapkan, maka ditetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada wilayah dengan iklim tropis dan Surabaya dipilih sebagai lokasi penelitian yang dapat mewakili daerah dengan kondisi iklim tropis secara umum.
2. Subjek penelitian akan dilakukan pada bangunan rumah susun bertingkat rendah (*walk-up flat*) 5 lantai dengan ketinggian kurang dari 16 m dari permukaan tanah yang dilakukan pada ruang eksperimen dengan

menggunakan permodelan (*mockup*), yang disesuaikan dengan kondisi asli seperti pada 1 unit bangunan rumah susun yang ada di Surabaya pada umumnya.

3. Objek penelitian hanya berfokus pada tipe geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami rumah susun.
4. Adapun teori pada penelitian ini berfokus pada teori kinerja penerangan alami atau penerangan pasif.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA

Pengkajian berbagai teori ahli dilakukan sebagai bahan pertimbangan dan pemikiran dalam melakukan penelitian ini. Pengkajian penelitian ini terkait kinerja penerangan alami pada hunian rumah susun di iklim tropis dengan menyelidiki pengaruh geometri *movable louvers*.

Bab ini membahas tentang kondisi daerah di iklim tropis dengan pergerakan matahari yang khas, yang umumnya memiliki cahaya matahari melimpah, sehingga penerangan alami dapat dimanfaatkan pada hunian rumah susun dengan mengkaji standar-standar iluminasi yang sesuai untuk hunian. Kajian tentang tipe hunian rumah susun, serta kajian *louvers* utamanya *movable louvers* digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini.

2.1 Pengertian Penerangan Alami

Penerangan alami adalah penerangan yang menggunakan sinar matahari langsung pada waktu pagi dan siang hari (Snyder dkk, 1989). Penerangan dibutuhkan untuk membantu aktivitas manusia sehari-hari dan mengenali lingkungan sekitar (Frick, 2008). Penerangan alami lebih dari sekedar memasang beberapa *skylight*. Penerangan alami merupakan sistem kontrol atau pengendalian matahari yang masuk ke dalam ruang melalui jendela, dan mengoptimalisasi sistem jendela dapat meningkatkan distribusi penerangan alami pada bangunan untuk mengurangi beban *electric lighting* atau penerangan buatan (Arasteh dkk, 2006). Penerangan alami yang optimal Akibat dari penerangan alami yang tidak terkontrol menimbulkan silau dan ketidaknyamanan secara visual yang menjadi masalah pada iklim tropis (Denan, 2015). Penerangan alami mempertimbangkan beban panas, kesilauan, variasi dari ketersediaan cahaya, dan penetrasi cahaya ke dalam bangunan (Ander, 1995).

2.1.1 Tujuan dan Manfaat Penerangan Alami

Menurut Lechner (2015), tujuan dari penerangan alami dapat dijelaskan menjadi dua tujuan, baik secara kuantitatif dan kualitatif. Adapun tujuan kuantitatif

adalah untuk mendapatkan cahaya yang cukup agar mendukung performa visual sehingga mengurangi penggunaan penerangan buatan (*artificial light*). Sedangkan tujuan kualitatif dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Mengurangi kesilauan (*glare*)

  Kondisi silau terjadi karena adanya perbedaan kontras kecerlangan yang berlebih pada area pandang. Perbedaan yang tinggi tersebut dapat mengurangi kemampuan visibilitas untuk melihat suatu objek. Dalam hal ini diperlukan usaha untuk menghindari kesilauan yang berlebihan sebagai akibat dari permasalahan penerangan alami utamanya di iklim tropis (Denan, 2015).

- Meminimalkan terjadinya refleksi terselubung (*veiling reflection*)

  Menurut (Evans, 1981) dalam bukunya yang berjudul mengatakan bahwa refleksi terselubung dapat terjadi ketika kondisi cahaya tepat jatuh mengenai permukaan bidang kerja pada sudut cermin, kemudian cahaya tersebut dipantulkan kembali ke mata manusia. Akibat kondisi ini kemampuan mata manusia untuk melihat menjadi berkurang dan mengalami kesulitan dalam memahami bagian-bagian yang sifatnya kecil dan detail. Oleh karena itu sistem teknologi penerangan alami dengan menghindari refleksi sinar langsung dibutuhkan untuk menghentikan sinar jatuh langsung pada pengguna (Gutierrez, 2019).

- Menghindari rasio kecerlangan dan mendistribusikan cahaya secara merata

  Tujuan dari penerangan alami adalah memaksimalkan masuknya cahaya dan menyelaraskan *uniformity* cahaya di dalam ruangan. Umumnya setiap bangunan mengandalkan penerangan melalui bukaan sebagai sidelighting. Kondisi demikian memiliki kekurangan dalam proses pendistribusian cahaya. Hal ini dikarenakan pemanfaatan cahaya alami melalui jendela (*sidelighting*) pada bangunan memiliki keterbatasan, dimana level distribusi daylight akan menurun dari jendela luar ke dalam ruang dan kontras yang besar antara daerah ruang yang dekat dari jendela dengan daerah yang jauh dari jendela, sedangkan penetrasi cahaya lagit yang

masuk melalui jendela hanya dapat menjangka kedalaman maksimal 1,5-2 kali dari tinggi jendela (Evans, 1981). Hal ini juga serupa dengan kasus rumah susun mayoritas di Surabaya dimana pendistribusian penerangan alami kedalam bangunan tidak merata sehingga operasional bangunan tidak maksimal (Indrani, 2008).

Manfaat penerangan alami, yaitu :

1. Meningkatkan semangat kerja

   Cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan dapat memberikan kesan hangat, meningkatkan keceriaan, dan semangat dalam ruang (Bean, 2004).
2. Sebagai penanda waktu

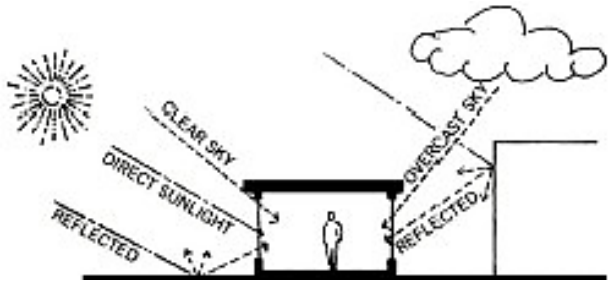
   Berada dalam suatu ruang yang tertutup dan tidak mendapat cahaya matahari dapat mengacaukan orientasi waktu, disorientasi, dan terkucil dari perubahan kondisi sekitar. Kondisi ini berpengaruh tidak baik terhadap psikologis dan mengganggu jam biologis manusia (Pilatowicz, 1995).
3. Manfaat bagi kesehatan tubuh

   Sinar matahari berfungsi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan seseorang.

2.1.2 Sumber Penerangan Alami

Penerangan merupakan faktor untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang aman dan nyaman sehingga dapat mendukung kegiatan manusia. Matahari dianggap sebagai faktor penting dan merupakan sumber penerangan alami untuk kesejahteraan penghuni di lingkungan (Sharifah, 2011). Menurut (Egan dkk, 2002) untuk tujuan perancangan, terdapat tiga jenis sumber penerangan alami, yaitu *sunlight*, *daylight*, dan *reflected light*. Cahaya yang terpancar secara langsung dari matahari tanpa adanya halangan dari awan disebut sunlight. Cahaya yang berasal dari permukaan kubah langit yang memanfaatkan awan sebagai *diffuser* bagi cahaya matahari yang terpencar disebut *daylight*. *Reflected light* merupakan cahaya yang berasal dari pemantulan cahaya melalui permukaan alami kondisi alam atau buatan manusia.

Serupa dengan Egan dkk. (2002) menurut Lechner (2015) penerangan alami yang memasuki jendela dapat memiliki beberapa sumber, yaitu sinar matahari langsung, langit cerah, awan, dan refleksi dari tanah dan bangunan di dekatnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Cahaya dari setiap sumber bervariasi tidak hanya dalam jumlah tetapi juga dalam kualitas seperti warna, persebaran, dan efisiensi.



Gambar 2. 1 Sumber Penerangan Alami

Sumber : Lechner, 2015

2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penerangan Alami

Menurut SNI No.03-2396-2001 Tentang tata Cara Perancangan Sistem Penerangan Alami, Faktor penerangan alami siang hari adalah perbandingan tingkat penerangan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat penerangan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut. Faktor penerangan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :

1. Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen penerangan langsung dari cahaya langit.

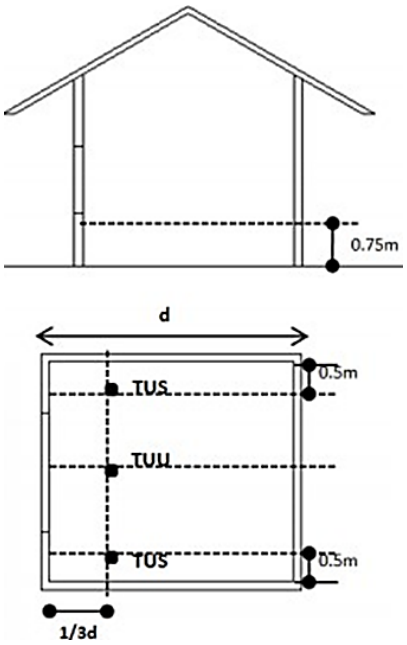
   Faktor langit (fl) suatu titik pada suatu bidang di dalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat penerangan langsung dari langit di titik tersebut dengan tingkat penerangan oleh Terang Langit pada bidang datar di

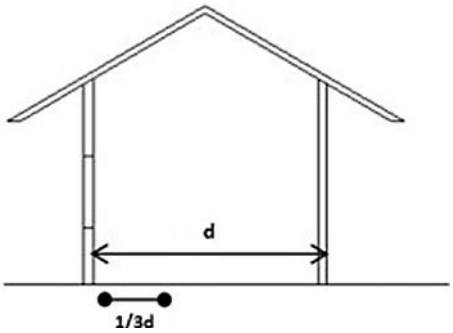
lapangan terbuka. Pengukuran kedua tingkat penerangan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai berikut :

- Dilakukan pada saat yang sama.
- Keadaan langit adalah keadaan Langit Perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan penerangan yang cukup memuaskan maka Faktor Langit (fl) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangannya seperti pada Gambar 2.2. Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur:

- Titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berado pada jarak 1/3 d dari bidang lubang cahaya efektif,
- Titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak 1/3 d dari bidang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung penerangannya.





Gambar 2. 2 Penjelasan Jarak “d”

Sumber : SNI No.03-2396-2001

- Jarak “ d " pada dinding tidak sejajar Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak ditengah antara kedua dinding samping tadi, atau diambil jarak rata-ratanya.
- Ketentuan jarak "1/3 .d" minimum Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang dari pada 6 meter, maka ketentuan jarak 1/3.d diganti dengan jarak minimum 2 meter.

2. Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl), yakni komponen penerangan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
3. Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen penerangan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit.

Lebih dalam lagi, Lechner (2015) mengungkapkan tentang *daylight factor* (DF), yaitu rasio antara iluminan di dalam ruang dengan iluminasi di luar ruang pada sebuah kondisi langit *overcast*. *Daylight factor* merupakan sebuah indikasi dari keefektifan sebuah desain dalam memasukkan cahaya alami ke dalam ruang. Menurut Szokolay (2004), cahaya alami dapat mencapai sebuah titik dari bidang kerja melalui tiga cara, yang kemudian menjadi tiga komponen DF, yakni :

- SC, *Sky Component*, atau faktor langit menurut SNI, yakni cahaya dari sebuah jalur langit yang dapat diamti dari titik yang ditetapkan.

- ERC, *External Reflection Component*, atau komponen refleksi luar menurut SNI, yakni cahaya yang direfleksikan oleh objek diluar ruang, misalnya bangunan lain.
- IRC, *Internal Reflection Component*, atau komponen refleksi dalam menurut SNI, yakni cahaya yang memasuki ruang, tetapi tidak mencapai bidang kerja secara langsung, melainkan setelah direfleksikan oleh permukaan internal, misalnya plafon.

DF Kemudian dirumuskan menjadi :

$$\mathbf{DF = SC + ERC + IRC} \qquad (2.1.3)$$

Dengan :

DF = *Daylight factor*

SC = *Sky component*

ERC = *External Reflection Component*

IRC = *Internal Reflection Component*

Iluminan pada kondisi langit *overcast* bervariasi, sedangkan perbandingan antara iluminan pada sebuah titik dalam bangunan tetap konstan. Perbandingan di ekspresikan dalam sebuah persentase (Szokolay, 2004)

$$\mathbf{DF = (Ei / Eo) \times 100\%} \qquad (2.1.3)$$

DF = *Daylight Factor*

Ei = *iluminan interior*

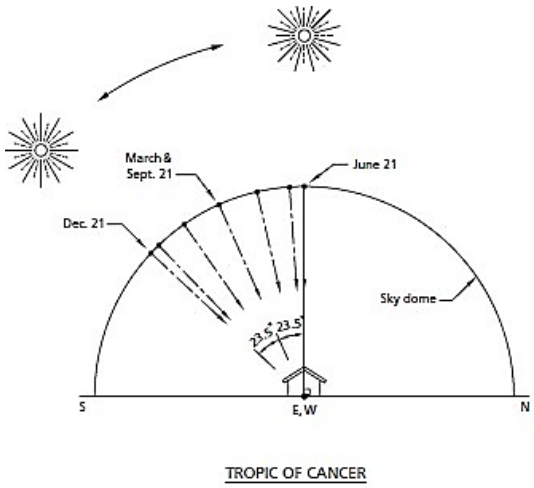
Eo = *iluminan eksterior*

2.2 Penerangan Alami pada Iklim Tropis

2.2.1 Pola Pergerakan Matahari di Iklim Tropis

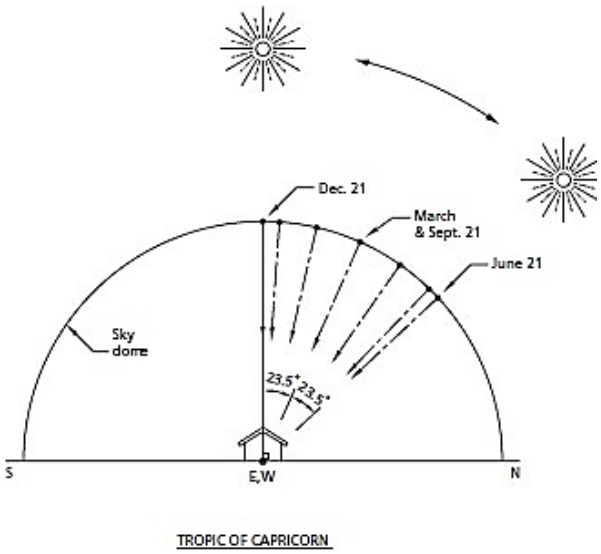
Posisi matahari dapat mempengaruhi lamanya penyinaran dan besarnya penerangan alami yang diterima bangunan baik dalam skala harian maupun tahunan. Menurut Lechner (2015), posisi matahari dibedakan menjadi empat, yaitu *Spring Equinox*, *Autumn Equinox, Summer Solstice*, dan *Winter Solstice*. Pada 21

Maret sampai 21 Desember matahari berada di sebelah Selatan khatulistiwa, dengan sudut deklinasi 23,5º LS seperti Gambar 2.3, sedangkan pada 21 September sampai 21 Juni berada di sebelah Utara khatulistiwa dengan sudut deklinasi 23,5º LU. Matahari berada di atas khatulistiwa pada tanggal 21 Maret dan 21 September seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 3 Tropic of Cancer

Sumber : Lechner, 2015

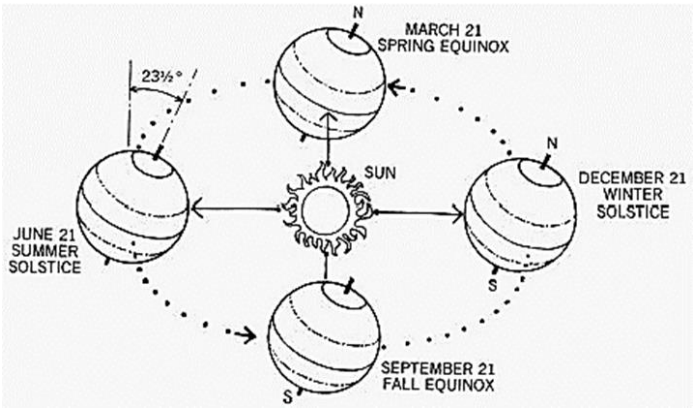


Gambar 2. 4 Tropic of Capricorn

Sumber : Lechner, 2015

Perubahan posisi matahari pada bumi disebabkan oleh perputaran bumi mengelilingi matahari pada bidang orbitnya selama satu tahun, dan perputaran bumi pada sumbu rotasinya selama satu hari, sehingga kedudukan matahari yang

berubah-ubah akan sangat berpengaruh pada hasil pengukuran cahaya alami dalam suatu ruangan. Sudut deklinasi terjadi karena sumber rotasi bumi membentuk sudut 23,5º bidang orbit, sudut ini bervariasi antara 23,5º LS sampai 23,5º LU seperti gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Rotasi Bumi pada Orbitnya Terhadap Matahari

Sumber : Lechner, 2001

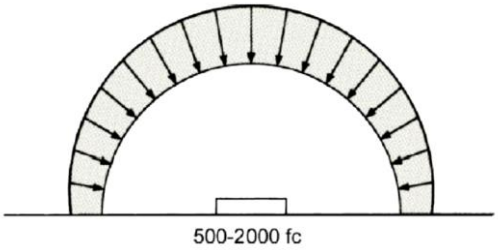
2.2.2 Karakteristik Penerangan Alami di Daerah Tropis

Menurut Lechner (2015) penerangan alami bisa lebih sukses di daerah tropis daripada di daerah beriklim *temperate* karena tidak ada musim dingin. Juga fasad Utara di daerah tropis menerima jauh lebih banyak sinar matahari daripada di siang hari zona iklim *temperate*, dan di khatulistiwa fasad Utara dapat menerima penerangan alami sebanyak-banyaknya seperti fasad Selatan. Strategi penerangan alami di daerah tropis sama seperti di zona beriklim *temperate*, kecuali untuk fasad Utara, di mana bukaan juga harus memiliki semacam *shading* yang ringan yang sama dengan bukaan Selatan di khatulistiwa. Seperti di zona beriklim *temperate*, bukaan Timur dan Barat sebaiknya diminimalkan untuk manfaat penerangan alami dan naungan.

Bangunan yang akan di teliti berada di negara Indonesia yang berada pada latitude 6º Lintang Utara, 11º Lintang Selatan, serta 96º bujur Timur dan 141º bujur Barat dimana iklim tropis lembab di Indonesia memiliki karakteristik (Koenigsberger dkk, 1973) yaitu :

- Kondisi langit

Kondisi langit pada iklim tropis secara umum adalah *overcast* dan *partly coudy* sepanjang tahun dengan *cloud cover* bervariasi antara 60-90%. Pada kondisi langit *overcast* akan mengurangi lebih dari 90% cahaya matahari dan intensitas iluminan bervariasi dengan kepadatan awan dan altitude matahari (Lam, 1985). Iluminasi pada langit mendung relatif rendah yaitu 5,000-20,000 lux seperti Gambar 2.6. Distribusi penerangan adalah tiga kali lebih besar pada bagian puncak/zenith dibandingkan horizon.



Gambar 2. 6 Distribusi penerangan pada kondisi langit overcast

Sumber : Lechner, 2015

Sedangkan pada kondisi langit *partly cloudy* memiliki 30% hingga 80% kubah langit yang ditutupi oleh awan. Kuat penerangan cahaya bervariasi dari satu area ke area lain dan mengalami perubahan yang cepat. Pada kondisi langit ini, cahaya matahari langsung memerlukan waktu untuk mencapai bangunan dikarenakan kondisi langit yang berawan (Givoni, 1998).

- Luminasi

  Luminasi langit mencapai 7000 cd/m². Nilai iluminasi langit dapat lebih tinggi lagi apabila kondisi langit sedikit *overcast* atau ketika matahari disertai awan cumulus putih. Sebaliknya, jika kondisi langit sangat *overcast*, langit akan memudar dengan iluminasi rendah hingga 850cd/m². Pada saat kondisi langit cerah, dapat memberikan cahaya yang sesuai, namun dengan luminasi yang tinggi dapat menyebabkan silau.

Berdasarkan fakta diatas, ketersediaan cahaya matahari yang melimpah merupakan suatu kelebihan sendiri bagi hunian di daerah iklim tropis. Daerah tropis memiliki potensi pemanfaatan penerangan alami untuk penerangan di siang hari, sehingga akan mengurangi penggunaan energi buatan. Namun perlu diperhatikan

pemanfaatan penerangan alami dengan strategi yang mengakomodasi kondisi dua langit yakni *partly cloudy* dan *overcast*.

2.2.3 Strategi Peningkatan Kualitas Kinerja penerangan Alami

Berikut ini adalah lima strategi dalam merancang untuk penerangan matahari efektif (Egan dkk, 2002):

1. Naungan *(shade),* naungi bukaan pada bangunan untuk mencegah silau (*glare*) dan panas yang berlebihan karena terkena cahaya langsung.
2. Pengalihan (*redirect),* alihkan dan arahkan cahaya matahari ketempat-tempat yang diperlukan. Pembagian cahaya yang cukup dan sesuai dengan kebutuhan adalah inti dari penerangan yang baik.
3. Pengendalian (*control),* kendalikan jumlah cahaya yang masuk kedalam runag sesuai dengan kebutuhan dan pada waktu yang diinginkan. Jangan terlalu banyak memasukkan cahaya ke dalam ruang, terkecuali jika kondisi untuk visual tidaklah penting atau ruangan tersebut memang membutuhkan kelebihan suhu dan cahaya tersebut (contoh : rumah kaca).
4. Efisiensi, gunakan cahaya secara efisien, denag membentuk ruang dalam sedemikian rupa sehingga terintegrasi dengan penerangan dan menggunakan material yang dapat disalurkan dengan lebih baik dan dapat mengurangi jumlah cahaya masuk yang diperlukan.
5. Intefrasi, integrasikan bentuk penerangan dengan arsitektur bangunan tersebut. Karena jika bukan untuk masuk cahaya matahari tidak mengisi sebuah peranan dalam arsitektur bangunan tersebut, nukan itu cenderung akan ditutupi dengan tirai atau penutup lainnya dan akan kehilangan fungsinya.

Selain itu, strategi penerangan alami telah dikembangkan. Strategi penerangan alami yang paling banyak diteliti diantaranya tentang naungan berupa *fixed shading device* hingga *movable shading device* maupun gabungan keduanya yakni *hybrid system* yang cocok di iklim tropis (Al-Masrani, 2018) serta yang yang terbaru adalah dengan teknik kontrol sistem *louver novel-ceramic* (Gutierrez, 2019).

2.2.4 Parameter Pengukuran Kinerja Penerangan Alami

Kinerja penerangan alami memiliki nilai bervariasi yang dipengaruhi oleh waktu, cuaca dan musim pada setiap tahun. Terdapat berbagai macam parameter yang dapat digunakan dalam pengukuran penerangan, salah satunya adalah Daylight Factor (DF). DF adalah rasio *illuminance interior* (Ei) ke *illuminance exterior* (Eo) yang berbeda dari satu gedung ke gedung lainnya sesuai fungsinya. *Illuminance* (E) merupakan konsentrasi dari insiden flux cahaya yang mencapai permukaan yang disinari (Moore, 1991). Definisi lain menyatakan bahwa DF adalah penerangan yang diterima ruang interior dari langit (*sky*) dengan distribusi penerangan tertentu (CIBSE, 1999). Perhitungan DF menurut Szokolay (2004) dirumuskan sebagai fungsi **DF= Ei/Eo*100%** sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub bab 2.1.3 sebelumnya. Beberapa penelitian menggunakan parameter pengukuran *daylight factor* diantaranya untuk mengetahui variabel geometri jendela untuk pemanfaatan penerangan alami dan pengurangan energi (Acosta, 2014; Mohapatra, 2018).

Daylight Factor (DF) tidak memiliki standar baku seperti termal di iklim tropis lembab utamanya. Namun, Jika nilai DF di bawah 2%, ruang tampak gelap dan dinilai membutuhkan penerangan listrik (pencahayan buatan). Sedangkan jika nilai DF adalah antara 2% dan 5% penerangan alami dinilai cukup dengan spesifikasi nilai 2.5% lebih disukai, lalu diatas 5% penerangan alami dinilai terlalu terang dan berpotensi menimbulkan silau (Dubois, 2001). Nilai-nilai DF yang direkomendasikan pada ruang-ruang bangunan residensial dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Rekomendasi Daylight Factor (DF)

Jenis Bangunan	Ruang/Area	Rata-rata DF (%)	Nilai minimal DF (%)
Residensial	Kamar Tidur	1	0.5
	Ruang tamu / area serbaguna	1.5	1
	Dapur	5	2
	Area kerja/belajar	5	3

Sumber : Lechner, 2015 dan Mehdizadeh, 2014

2.3 Bangunan Rumah susun

Menurut Undang – Undang RI No.20 Tahun 2011 pengertian Rumah susun, Rumah susun Umum, Rumah Susun Khusus, Rumah Susun Negara, dan Rumah Susun Komersial adalah sebagai berikut:

- Rumah susun adalah bangunan gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional, baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satuan-satuan yang masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama.
- Rumah Susun Umum adalah Rumah susun umum adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk memenuhi kebutuhan rumah bagi masyarakat berpenghasilan rendah.
- Rumah Susun Khusus adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk memenuhi kebutuhan khusus.
- Rumah Susun Negara adalah rumah susun yang dimiliki negara dan berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian, sarana pembinaan keluarga, serta penunjang pelaksanaan tugas pejabat dan/atau pegawai negeri.
- Rumah Susun Komersial adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk mendapatkan keuntungan.

Adapun di dalam Undang – Undang yang sama tercantum pula pengertian Satuan Rumah susun, Tanah bersama, Bagian bersama, dan Benda Bersama dengan pengertian sebagai berikut :

- Satuan Rumah susun yang selanjutnya di sebut dengan sarusun adalah unit rumah susun yang tujuan utamanya digunakan secara terpisah dengan fungsi utama sebagai tempat hunian dan mempunyai sarana penghubung ke jalan umum.
- Tanah Bersama adalah sebidang tanah hak atau tanah sewa untuk bangunan yang digunakan atas dasar hak bersama secara tidak terpisah yang di atasnya berdiri rumah susun dan ditetapkan batasnya dalam persyaratan izin mendirikan bangunan.

- Bagian bersama adalah bagian rumah susun yang dimiliki secara tidak terpisah untuk pemakaian bersama dalam kesatuan fungsi dengan satuan-satuan rumah susun.
- Benda bersama adalah benda yang bukan merupakan bagian rumah susun melainkan bagian yang dimiliki bersama secara tidak terpisah untuk pemakaian bersama.

2.3.1 Aktivitas dan Standar Rumah susun

Berdasarkan *review* Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia pada tahun 2018 mengelompokkan jenis Rumah susun dan aktivitas pokok yang dilakukan pada hunian tersebut pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jenis Rusun, sasaran pengguna & aktivitas yang paling pokok pada setiap jenis rusun

No	Jenis Rusun	Sasaran penghuni	ruang utk aktivitas paling pokok
1	Rumah Susun Umum	Keluarga masyarakat berpenghasilan rendah	Tidur, multifungsi, dapur, simpan, jemur, setrika, MCK.
2	Rumah Susun khusus	Mahasiswa, siswa santri, dan sejenisnya	Tidur, belajar, simpan, pantry, jemur, setrika, MCK.
3	Rumah Susun Negara	Tempat tinggal pejabat negara/pegawai negeri	Tidur, multifungsi, dapur, simpan, jemur, setrika, MCK
4	Rumah susun Komersial	Masyarakat umum	
	- Studio	- Single	Tidur, belajar, simpan, pantry, jemur, setrika, MCK.
	- Keluarga	- Keluarga	Tidur, multifungsi, dapur, simpan, jemur, setrika, MCK

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018

2.3.2 Tipe Ruang dalam Rumah susun

Menurut Rosfian (2009), tipe-tipe runit dalam rumah susun dibagi seperti pada Tabel 2.3. Lebih lanjut lagi, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia pada tahun 2018 mengemukakan tipe ruang dalam rumah susun berdasarkan berikut :

- Tipe studio, diisi 1 jiwa,
- Tipe asrama, diisi 2 jiwa - 4 jiwa
- Tipe keluarga, bisa diisi 3 jiwa (pasutri + 1 anak), dan atau 4 jiwa (pasutri + 2 anak)

Tabel 2. 3 Tipe Rumah susun

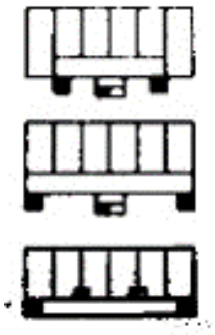
Tipe unit	Fasilitas
Tipe 18 m^2 Tipe 21 m^2 Tipe 24 m^2 keluarga muda atau seseorang yang belum memiliki keluarga	- 1 kamar tidur - ruang tamu/keluarga - kamar mandi - dapur/pantry
Tipe 30 m^2 Tipe 36 m^2 Tipe 42 m^2 Tipe 50 m^2 Keluarga dengan anak	- 2 kamar tidur - ruang tamu / keluarga - kamar mandi / WC - dapur / pantry - ruang makan

Sumber : Rosfian. 2009

2.3.3 Tipologi Bangunan Rumah susun

Berdasarkan pelayanan koridor menurut (Mascai, 1980), Rumah susun dibedakan menjadi :

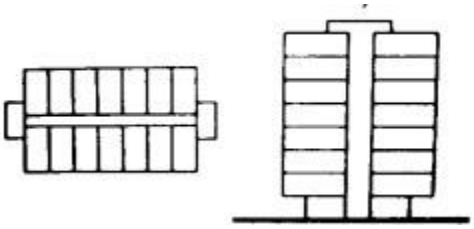
- *Exterior corridor system*, disebut juga *single loaded corridor*, merupakan system corridor yang melayani unit-unit hunian dari satu sisi saja. Ciri utama bangunan yang menggunakan system ini adalah tiap unit hunian memiliki dua wilayah ruang luar. Bentuk ini memungkinkan unit-unit apartemen mendapatkan ventilasi silang dan penerangan dari dua arah secara alamiah. Bentuk bangunan secara keseluruhan pada umumnya merupakan bentuk massa memanjang dan bukan merupakan tipe yang ekonomis seperti pada Gambar 2.7, karena dengan luasan yang sama hanya diperoleh jumlah unit hunian jika menggunakan *double louded system*.



Gambar 2. 7 Sistem koridor eksterior/ *single loaded system*

Sumber : Mascai, 1980

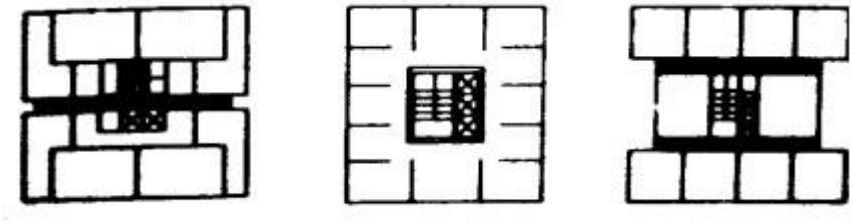
- *Central Corridor Syste*m, disebut juga dengan sistem *double loaded*, merupakan sistem koridor yang melayani unit-unit hunian dari dua sisi seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Sistem koridor sentral/ *double loaded system*

Sumber : Mascai, 1980

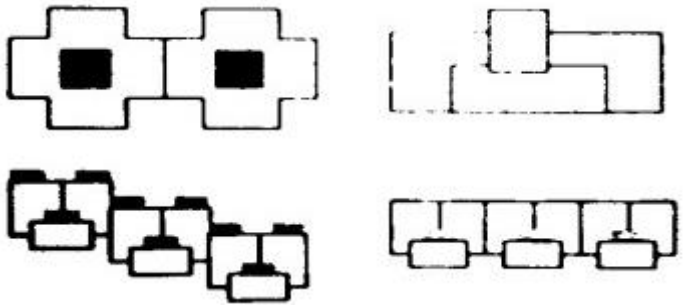
- *Point Block System* merupakan pengembangan dari sistem *double loaded* dengan koridor yang sangat pendek, sehingga terjadi perubahan dari koridor linier menjadi bujur sangkar. Sistem koridor ini memiliki *core* yang secara langsung berhubungan dengan unit-unit hunian yang tersusun mengelilingi core. Unit-unit hunian yang ada terbatas antara 4 sampai 6 unit. Bentuk bangunan secara keseluruhan pada umumnya merupakan bentuk menara seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 *Point block system*

Sumber : Mascai, 1980

- *Multicore System*, digunakan untuk memenuhi tuntutan yang lebih bervariasi dari bangunan hunian seperti pada Gambar 2.10. Faktor utama yang menentukan penggunaan jenis ini adalah kondisi tapak, pemandangan, dan jumlah unit.



Gambar 2. 10 *Multicore system*

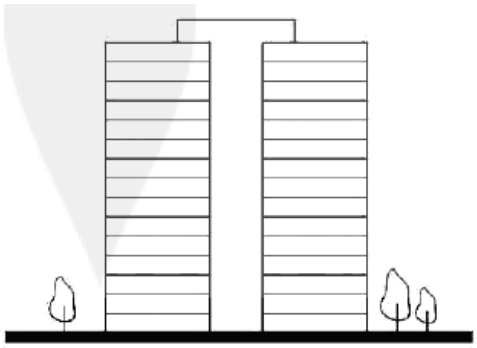
Sumber : Mascai, 1980

Selain berdasarkan pelayanan koridor, tipologi bangunan rumah susun dibedakan berdasarkan penyusunan lantai dan pencapaian secara vertikal (De Chiara, 1995). Kedua tipologi tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- Penyusunan Lantai

  a. *Simplex*

  Tipe ini memiliki bentuk paling sederhana dan ekonomis dimana satu unit hunian dilayani oleh satu lantai yang terdiri dari beberapa unit hunian seperti pada Gambar 211.



Gambar 2. 11 Tipe *simplex*

Sumber : De Chiara, 1995

b. *Duplex*

Dalam tipe ini kebutuhan satu hunian dilayani dalam dua lantai dan dalam setiap hunian terdapat tangga untuk menghubungkan lantai satu dan lantai dua hunian seperti pada Gambar 2.12. Dalam setiap area privat terpisah dengan area publik.

Gambar 2. 12 Tipe *duplex*

Sumber : De Chiara, 1995

c. *Triplex*

Dalam tipe ini kebutuhan satu hunian dilayani dalam tiga lantai dan kegiatan dalam setiap unit hunian dapat dilanjutkan dalam area yang terpisah seperti pada Gambar 2.13.

Gambar 2. 13 Tipe *triplex*

Sumber : De Chiara, 1995

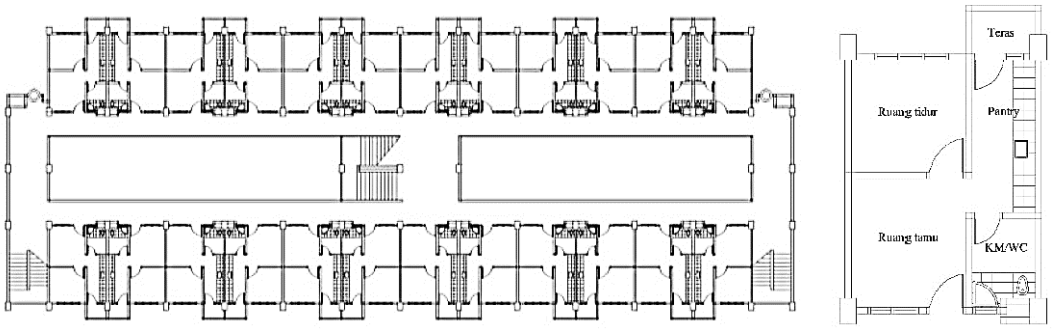
- Pencapaian secara Vertikal

Rumah susun dibedakan menjadi dua tipe berdasarkan pencapaian secara vertikal yaitu sebagai berikut

a. *Walk-up*, yaitu pencapaian vertikal dengan menggunakan tangga.
b. *Elevated,* yaitu pencapaian vertikal dengan menggunakan lift, umumnya digunakan untuk rumah susun dengan ketinggian lebih dari 4 lantai.

Rumah susun di Surabaya ada dimiliki oleh Pemerintah Kota Surabaya maupun swasta. Sebagai kajian, Rumah susun SIER merupakan salah satu rumah

susun yang dimiliki swasta, yaitu Surabaya Industrial Estate Rungkut yang dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Denah Rumah susun SIER

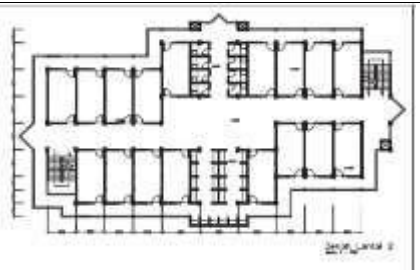
Sumber : Mufidah, 2016

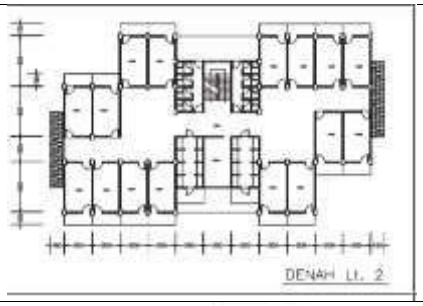
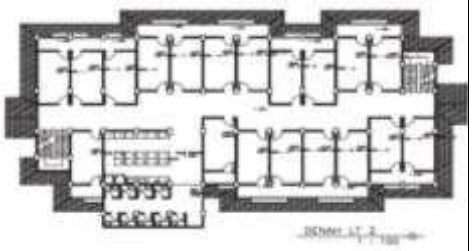
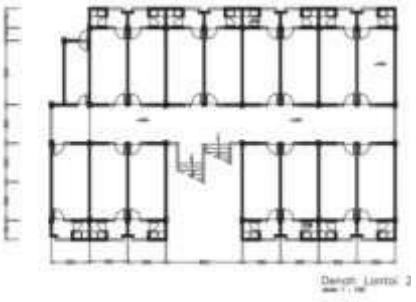
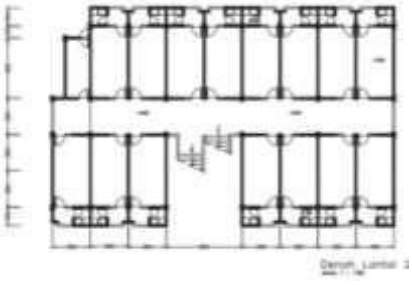
Rumah susun Pemerintah Kota Surabaya akan dijelaskan lebih terperinci yang telah dibahas dalam penelitian terdahulu oleh Kisnarini (2015) sebanyak 14 Rusun. Berikut penjalasan tipologi desain beberapa rusun yang ada di Surabaya:

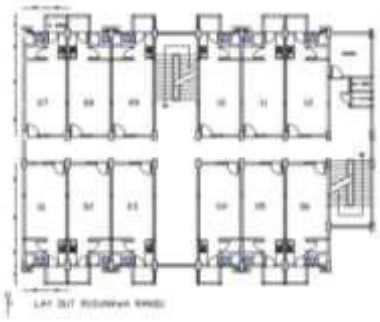
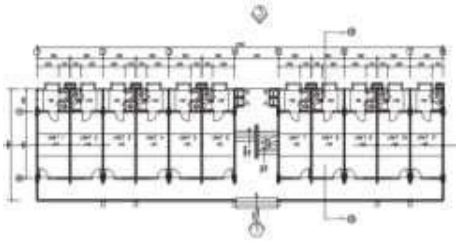
a. Desain Ruang Tiap Blok Bangunan

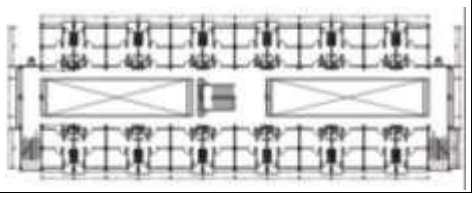
Penjelasan karakteristik dari situasi rumah susun sewa yang ada di Surabaya disajikan dalam Tabel 2.4. Dari 12 data rusun yang ada, 8 diantaranya dirancang dengan bentuk *double loaded*, 3 diantaranya dengan bentuk *single loaded*, dan sisanya dalam bentuk *twin blocks*. Sedangakn karakteristik masing-masing rumah susun dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 4 Gambaran Blok Rumah susun di Surabaya.

No	Site Plan	Tampilan Fasad	Denah Bangunan
1.	Sombo dan Simolawang	Sombo	

No	Site Plan	Tampilan Fasad	Denah Bangunan
	Sombo dan Simolawang	Simolawang	
2	Dupak		
3	Penjaringansari 1&2	Penjaringansari 1	
		Penjaringansari 2	
4	Wonorejo		

No	Site Plan	Tampilan Fasad	Denah Bangunan
5	Randu		
6	Gunung Sari		
7	Waru Gunung		
8	Urip Sumoharjo		
9	Tanah Merah		

No	Site Plan	Tampilan Fasad	Denah Bangunan
10	Penjaringansari 3		

Sumber : Kisnarini, 2015

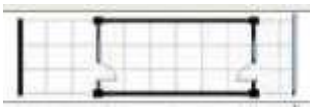
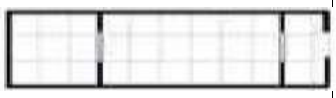
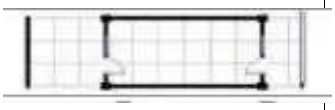
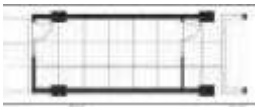
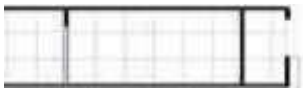
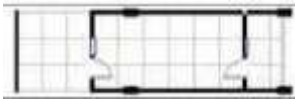
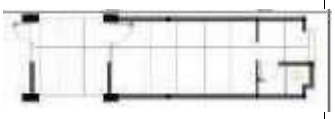
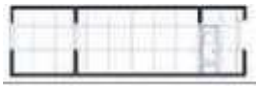
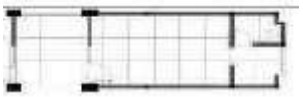
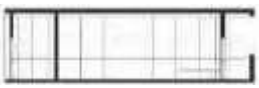
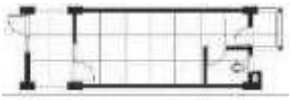
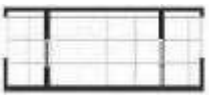
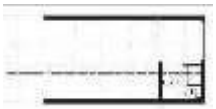
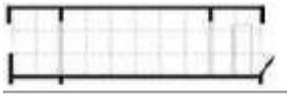
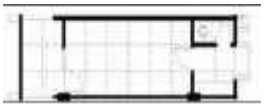
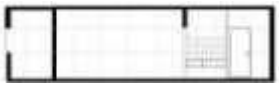
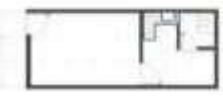
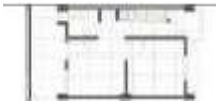
Tabel 2. 5 Karakteristik Rumah susun di Surabaya.

No	Nama Rusun	Lokasi dan Luasan	Jumlah Unit	Deskripsi Unit
1	Sombo	Kelurahan Simolawang , Kecamatan Simokerto dengan luas 25.000 m2. 10 blok tipe double loaded, dengan total unit 618 buah.	Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 17 unit per lantai, 68 unit per blok	Ukuran unit 18 m2, dengan 6x12 m2 Hall di tengah. Area servis bersama, dan memiliki balkon outdoor.
2	Simolawang		Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 16 unit per lantai, 64 unit per blok	Ukuran unit 18m2, dengan 2(9x6) m2 Hall di ujung dan terpisah. Area servis bersama, dan memiliki balkon outdoor.
3	Dupak	Kelurahan Dupak Kecamatan Krembangan dengan luas 3000 m2. 6 blok tipe double loaded	Tiap blok terdiri dari 3 lantai, 8 unit per lantai, 25 unit per blok	Ukuran unit 18 m2, dengan 5x6 m2 Hall di tengah. Area servis bersama, dan memiliki balkon outdoor.
4	Penjaringansari 1	Kelurahan Penjariangansari Kecamatan Rungkut dengan luas 9000 m2. 3 blok tipe double loaded	Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 19 unit per lantai, 76 unit per blok, dengan total 250 unit.	Ukuran unit 18 m2, dengan 5x12 m2 Hall di tengah. Area servis bersama, dan memiliki balkon outdoor.
5	Penjaringansari 2	Kelurahan Penjariangansari Kecamatan Rungkut dengan luas 9000 m2. 6 blok tipe *double loaded*	Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 15 unit per lantai, 60 unit per blok, dengan total 288 unit.	Ukuran unit 21 m2, dengan 5x6 m2 Hall di tengah. Area servis pribadi, dan memiliki balkon semi outdoor.
6	Wonorejo	Kelurahan Wonorejo Kecamatan Rungkut dengan luas 2500 m2. 6 blok tipe double loaded	Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 15 unit per lantai, 60 unit per blok, dengan total 288 unit.	Ukuran unit 21 m2, dengan 5x6 m2 Hall di tengah. Area servis pribadi, dan memiliki balkon semi outdoor.

No	Nama Rusun	Lokasi dan Luasan	Jumlah Unit	Deskripsi Unit
7	Randu	Kelurahan Sidotopo, Kecamatan Kenjeran dengan luas 6800 m2. 6 blok tipe double loaded	Tiap blok terdiri dari 5 lantai, 12 unit per lantai, 48 unit per blok, dengan total 288 unit.	Ukuran unit 21 m2, dengan 8x4 m2 Hall di tengah. Area servis pribadi, dan memiliki balkon outdoor.
8	Gunung Sari	Kelurahan Gunung sari, Kecamatan Wonocolo, dengan luas 6799 m2. 3 blok tipe double loaded	Tiap blok terdiri dari 5 lantai, 20 unit per lantai, 80 unit per blok, dengan total 268 unit.	Area servis pribadi, dan memiliki balkon indoor.
9	Waru Gunung	Kelurahan Waru Gunung Kecamatan Karang Pilang dengan luas 29.845 m2. 10 blok tipe single loaded	Tiap blok terdiri dari 5 lantai, 12 unit per lantai, 60 unit per blok, dengan total 480 unit.	Ukuran unit 21 m2, tidak ada Hall. Area servis pribadi, dan memiliki balkon indoor.
10	Urip Sumoharjo	Kelurahan Tegalsari Kecamatan Tegalsari dengan luas 3500 m2. 4 blok tipe single loaded	Tiap blok terdiri dari 4 lantai, 11 unit per lantai, 33 unit per blok, dengan total 120 unit.	Ukuran unit 21 m2, dengan 5x6 m2 Hall di tengah. Area servis pribadi, dan memiliki balkon semi indoor.
11	Tanah Merah	Kelurahan Kedinding Kecamatan Kenjeran dengan luas 6000 m2. 2x2 blok tipe single loaded	Tiap blok terdiri dari 5 lantai, 12 unit per lantai, 60 unit per blok, dengan total 192 unit.	Ukuran unit 21 m2, dengan 12x4 m2 galeri. Area servis pribadi, dan memiliki balkon indoor.
12	Penjaringansari 3	Kelurahan Penjaringansari Kecamatan Rungkut dengan luas 6000 m2. 1 blok twin	Tiap blok terdiri dari 5 lantai, 24 unit per lantai, dengan total 96 unit.	Ukuran unit 24 m2, dengan 3(8x4) m2 Hall terpisah. Area servis pribadi, dan memiliki balkon outdoor.

b. Desain Ruang Desain Ruang Tiap Unit Bangunan
Karakterisasi unit berupa gambaran denah dan potongan dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Gambaran Denah dan Potongan Unit Rusun.

No	Nama Rusun	Gambaran Potongan	Gambaran Denah
1	Sombo		
2	Simolawang		
3	Dupak		
4	Penjaringansari 1		
5	Penjaringansari 2		
6	Wonorejo		
7	Randu		
8	Gunung Sari		
9	Waru Gunung		
10	Urip Sumoharjo		
11	Tanah Merah		
12	Penjaringansari 3		

Sumber : Kisnarini, 2015

Studi tipologi fasad rumah susun di Surabaya menunjukkan bahwa terdapat kesamaan bentuk fasad meliputi unsur maju dan mundur pada fasad bangunan. Penelitian ini berfokus pada rumah susun yang dimiliki oleh Pemerintah Kota Surabaya untuk mempermudah menentukan keseragaman bentuk fasad yang akan menjadi acuan dalam meneliti. Kemudian tipe *double loaded* dengan bukaan satu sisi dan balkon semi *outdoor* juga lebih difokuskan karena karena jumlah tipe blok rusun ini cukup banyak ditemui di Surabaya dan memiliki permasalahan ukuran unit yang terbatas dan memiliki permasalahan penerangan alami dinamis yang kompleks.

2.3.4 Penerangan Alami pada Hunian Rumah susun

Penerangan alami pada unit hunian di rumah susun (rusun) bagi masyarakat berpenghasilan menengah-bawah sangat penting untuk dicermati, karena langsung berpengaruh pada kenyamanan visual penghuninya dalam beraktivitas sehari-hari, dan secara tidak langsung berpengaruh pada penggunaan energi untuk penerangan buatan yang harus dibiayai (Suriansyah, 2011). Ruang-ruang hunian memerlukan distribusi penerangan alam yang optimum untuk memenuhi kebutuhan kerja visual (*visual task*) yang memadai. Aktivitas dalam hunian membutuhkan kuantitas cahaya dalam intensitas tertentu yang harus dipenuhi agar kegiatan dapat berjalan dengan baik dan nyaman (Soegijanto, 1999).

Berikut adalah tabel rekomendasi *daylight factor* (Krishan, 2001) yang dapat digunakan sebagai pembanding terhadap penerangan alami yang didapat pada masing-masing unit hunian yang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Rekomendasi *Daylight Factor*

Bangunan	Rata-rata DF	Minimum DF
Rumah		
• Dapur secara umum		1
• Dapur, area utama		1,5
• Ruang tamu secara umum		0,5
• Ruang tamu, area meja untuk menulis		1,5
• Ruang tidur		0,25
• Ruang tidur, *dressing table*		1,0
• Sirkulasi		0,2
Hall pintu masuk dan area resepsionis	1,0	

Sumber : Krishan, 2001

Berdasarkan dari data Tabel 2.1 pada sub bab 2.2.4 sebelumnya dan Tabel 2.7 diatas maka pada penelitian ini rentang faktor penerangan alami (DF) yang digunakan yakni **2%-5%.**

Studi mengenai penerangan alami pada rumah susun telah dilakukan. Penelitian sebelumnya mengenai penerangan alami pada rumah susun umumnya berupa penilaian atau evaluasi terhadap kinerja penerangan alami rumah susun (Indrani, 2008; Risfawany, 2014; Rahadian, 2016). Masing-masing memaparkan kinerja penerangan alami pada rumah susun yang berbeda-beda. Rumah susun Dupak Bangunrejo Surabaya keseluruhan belum dapat memenuhi standar tingkat penerangan alami dan kenyamanan penglihatan, hanya 1/3 bagian ruang terpenuhi sehingga dapat dipastikan operasional bangunan tidak hemat energi (Indrani, 2008). Sedangkan pada studi rumah susun lain, yakni rumah susun mariso Makassar memiliki tingkat iluminasi yang tinggi pada unit di posisi sudut dibandingkan dengan hunian yang berdekatan dengan tangga (Risfawany, 2014). Pada studi lain, rumah susun yang sudah lama berdiri di Bandung, yakni rumah susun Sarijadi telah berubah dari bentuk denah dan mengalami perubahan penurunan kualitas penerangan alami (Rahadian, 2016). Melanjutkan penelitian rumah susun Sarijadi Bandung, penelitian lebih dalam dilakukan untuk mencari potensi penerangan alami rumah susun berupa konfigurasi fisik-spatial elemen arsitektural yang berpengaruh pada kinerja penerangan alami. Pada kasus penelitian rumah susun Sarijadi Bandung, unit hunian pada tipe blok pendek lebih direkomendasikan daripada unit di blok panjang untuk pencahayaan alami yang lebih baik, terkait dengan konfigurasi ruang dalam (Suriansyah, 2013).

Berdasarkan studi dari penelitian sebelumnya, penelitian mengenai *shading device* terhadap kinerja penerangan alami utamanya tipe *movable louvers* belum dilakukan, terutama pada rumah susun di Surabaya. Oleh karena itu, *movable louvers* memiliki potensi untuk dikembangkan.

2.4 Sistem *Shading* Dinamis

Sistem *shading* atau biasa disebut *shading device* / *sunshading* merupakan perangkat yang diperlukan untuk memberikan pembayangan dan meredam/menghalau dan mengontrol cahaya matahari agar cahaya matahari tidak secara langsung masuk kedalam ruangan, khususnya pada area tropis seperti Indonesia (Frick, 1998; Handayani, 2010). Sistem *shading* merupakan sebuah solusi gabungan dari arsitektur dan kondisi penerangan alami yang juga merepresentasikan komponen penting pada strategi fasad bangunan khususnya daerah tropis (Wei, 2009; Al-Tamimi, 2011; Lima et al., 2013). Berdasarkan kemampuan digerakkan, sistem dibagi menjadi dua, yakni sistem *static* / *fixed shading*, dan sistem *shading* dinamis / *movable*, baik secara konvensional maupun otomatis (Kirimtat, 2016).

Sistem *shading* dinamis memberikan lebih banyak keuntungan (Kim, 2007), karena kemampuan adaptasi sistem shading dinamis yang pergerakannya menyesuaikan dengan sudut *altitude* matahari yang terus bergerak setiap waktu juga dinilai efisien (Schittich, 2006). Sistem *shading* dinamis juga memiliki kontrol yang dikategorikan berdasarkan fungsi utama yakni untuk memberi pembayangan, untuk meneruskan penerangan alami masuk hingga kedalam ruangan, dan untuk meningkatkan kenyamanan visual (Konstantoglou, 2016).

Berdasarkan sistem kontrol geraknya, Al-Masrani (2018) membedakan sistem *shading* dinamis menjadi dua, yaitu:

1. Sistem Manual, pergerakan shading dapat dikendalikan dan dimodifikasi langsung oleh pengguna (Kim, 2009). Sistem ini umumnya menggunakan desain *shading* yang konvensional.
2. Sistem Mekanik, pergerakan *shading* dengan otomatis yaitu berupa respon langsung pada kondisi lingkungan, sistem ini mengadopsi teknologi otomatis aktif, seperti *intelligent dynamic systems* (Loonen, 2013). Sistem ini menggunakan mode kontrol yang dibagi menjadi dua yaitu:
    a. Kontrol personal oleh pengguna (*motorised*), pergerakan shading menggunakan motor elektrik yang dapat dioperasikan pengguna melalui tombol switch atau dengan *transmitter/wireless* (Maiman, 2014).

b. Kontrol otomatis (*automatic*), pergerakan shading menggunakan mode kontrol otomatis yang tergabung dengan teknologi intelijen (Giovannini, 2015).

Berdasarkan keterbatasan biaya dan kesesuaian konteks hunian rumah susun, maka pergerakan sistem shading dinamis secara konvensional dengan kontrol personal dipilih karena *low cost* (Kuhn, 2001; Indrani, 2008).

2.5 *Louvers*

Louvers menurut The Free Dictionary adalah kerai atau penutup jendela dengan bilah horizontal maupun vertikal yang dimiringkan untuk menerima cahaya dan udara, juga sebagai perlindungan dari hujan dan sinar matahari langsung. *Louvers* dengan kisi-kisi yang panjang tersebut berguna untuk mencegah atau merefleksikan sinar matahari yang berlebihan juga memungkinkan mentransmisikan atau memasukkan sinar matahari kedalam interior bangunan apabila dibutuhkan (Kirimtat, 2016).

2.5.1 Tipe *Louvers*

Nobert Lechner (2015) mengemukakan bahwa *louvers* terbagi atas dua tipe, yakni *fixed louvers* atau *louvers* statis yang tidak dapat digerakkan dan *movable louvers* atau *louvers* yang dapat digerakkan atau di sesuaikan. *Louvers* terbagi menjadi dua jenis menurut arah kisinya, yakni *louvers* horisontal dan *louvers* vertikal dan dijelaskan melalui Tabel 2.8 dan Tabel 2.9:

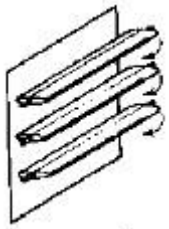
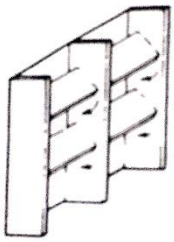
Tabel 2. 8 *Fixed Louvers*

No.	Nama Deskripsi	Orientasi Terbaik	Keterangan
1.	 *Overhang horizontal louvers in horizontal plane*	Selatan, Timur, Barat	- Gerakan udara bebas - Beban angin kecil

No.	Nama Deskripsi	Orientasi Terbaik	Keterangan
2.	*Overhang Horizontal louvers in vertical plane*	Selatan, Timur, Barat	- Mengurangi panjang overhang - Pembatasan penglihatan - Tersedia jalur hiasan pada jendel

Sumber : Lechner, 2015

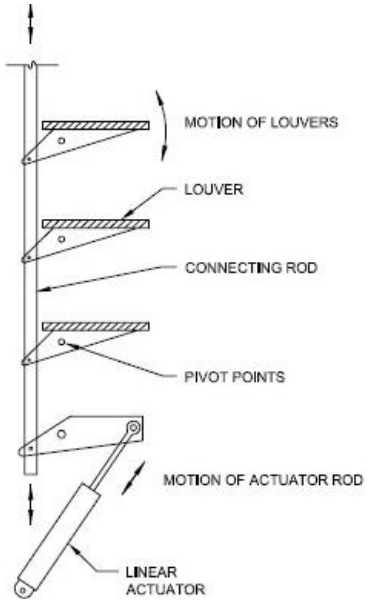
Tabel 2. 9 *Movable Louvers*

No.	Nama Deskripsi	Orientasi Terbaik	Keterangan
1.	 *Overhang rotating horizontal louvers*	Selatan, Timur, Barat	- Akan sedikit menutupi pemandangan
2.	 *Eggcrate rotating horizontal louvers*	Timur, Barat	- Pandangan keluar akan sangat terhalang, namun lebih baik daripada *fixed eggrate*, baik untuk *hot climate*

Sumber : Lechner, 2015

2.5.2 Mekanisme *Movable Louvers*

Pada *movable louvers*, penggunaan ini sangat efektif sebagai sun-control device, namun terkadang agak menghalangi pandangan ke luar, tidak seperti exterior *venetian blinds* yang dapat ditarik hingga keatas / terbuka penuh. Aktuator sering digunakan untuk memutar keseluruhan kolom atau baris dari *movable louvers* untuk membentuk sudut-sudut tertentu sesuai preferensi seperti pada Gambar 2.15 (Lechner, 2015).

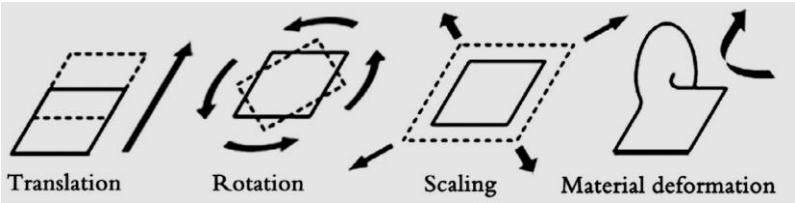


Gambar 2. 15 Mekanisme *louvers*

Sumber : Lechner, 2015

2.5.3 Geometri *Movable Louvers*

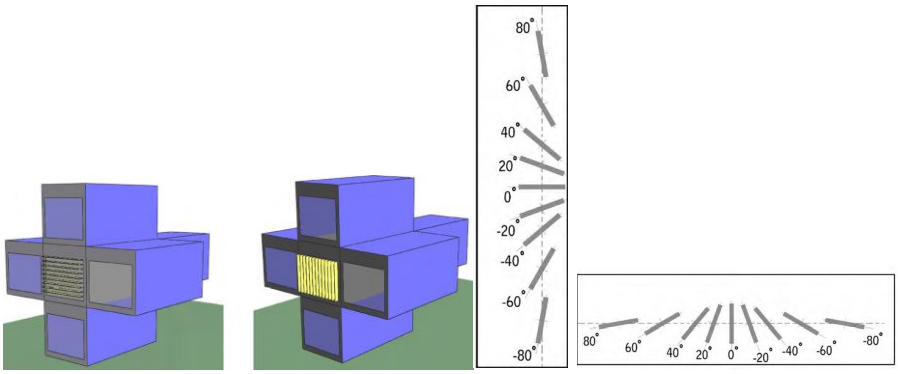
Geometri *movable louvers* adalah suatu bentuk *louvers* yang dapat bergerak membayangi/menaungi dan memasukkan cahaya matahari untuk diteruskan ke ruang pada bulan-bulan tertentu sesuai pergerakan matahari. Geometri *louvers* adalah bentuk, kedalaman, jarak, dan lebar *louvers* (Brennan, 2012). Pada gerakan *kinetic*, beberapa gerakan individual membuat pola gerak, dan desain sistem dapat dibatasi dalam satu pola atau dapat ditukar antar pola, sehingga muncul bentukan geometri dari macam-macam pergerakan dasar geometri seperti memperbesar bentuk, merotasi bentuk, pergerakan translasi, dan deformasi bentuk seperti yang ditunjukkan Gambar 2.16 (Moloney, 2011).



Gambar 2. 16 Pergerakan Geometri Dasar

Sumber : Moloney, 2011

Berbagai penelitian mengenai bentuk geometri *louvers* telah dilakukan. Bentukan geometri *movable louvers* yang standar dan banyak digunakan yaitu bentuk persegi panjang, yang telah diteliti oleh (Hammad, 2010) untuk mengetahui potensi penghematan energi seperti yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.17.



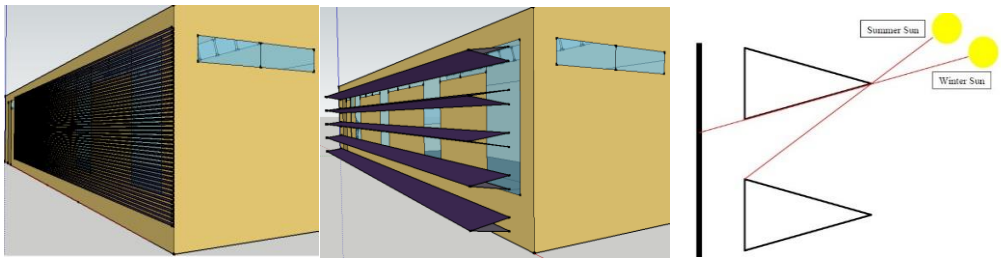
(a) (b) (a) (b)

Gambar 2. 17 Simulasi Geometri *Louvers* Horizontal (a) dan Vertikal (b)

Sumber : Hammad, 2010

Pada Gambar 2.17 terlihat bentuk geometri movable louvers persegi panjang yang bergerak dengan rotasi tertentu (0º, 20º, 40º, 60º, dan 80º). Berdasarkan simulasi tersebut, bahwa *movable louvers* tersebut menunjukkan potensi penghematan energi untuk orientasi selatan, timur dan barat masing-masing adalah 34.02%, 28.57% dan 30.31% (Hammad, 2010).

Penelitian bentuk geometri lain juga telah dilakukan, yakni bentuk tiga dimensi dari kisi *louvers* tersebut. Bentuk geometri segitiga diujikan dengan mengkonfigurasikan geometri *louvers* tersebut seperti pada Gambar 2.18.

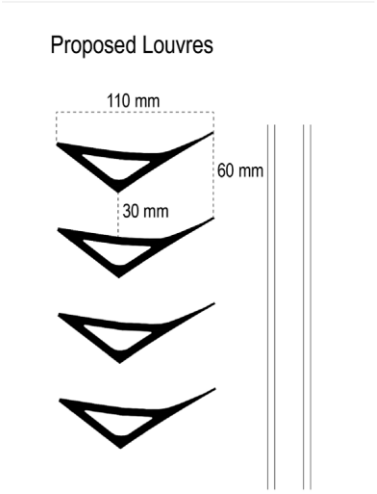


Gambar 2. 18 Simulasi Konfigurasi Geometri *Louvers* Horizontal

Sumber : Brennan, 2012

Pada Gambar 2.18 menunjukkan bahwa konfigurasi geometri *louvers* mempengaruhi pengurangan penggunaan energi, dimana yang paling optimal pada kedalaman 46.8%, tinggi 8.6%, offset 44.5%, dan lebar 0.1% dengan total penghematan energi 4728.6 kWh (Brennan, 2012).

Selanjutnya, masih pada penelitian bentuk tiga dimensi dari kisi louvers tersebut. Bentuk geometri dikombinasikan dengan penggunaan material baru yakni keramik diujikan dengan dibandingkan pada penggunaan material yang umum digunakan yakni aluminium seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 Geometri *Louvers* yang Diusulkan Gutiérrez

Sumber : Gutiérrez, 2019

Pada Gambar 2.19 diketahui bentuk geometri yang diusulkan tersebut dapat memberikan kinerja penerangan alami yang memuaskan dan kenyamanan visual di dalam ruangan, serta keramik menjanjikan menjadi bahan alternatif untuk digunakan dalam produksi teknologi penerangan alami selain aluminium (Gutiérrez,2019). Pengaruh dari performa bentuk geometri *shading device* yang adaptif pada iklim tropis belum dilakukan (Al-Masrani, 2018), sehingga *movable louvers* sebagai *shading device* dinamis memiliki potensi dikembangkan utamanya terhadap kinerja penerangan alami. Bentuk geometri sederhana seperti persegi panjang, slat segitiga, dan tipe zig-zag yang akan dijelaskan lebih detail pada bab berikutnya belum dilakukan pengujian pada iklim tropis utamanya di Kota

Surabaya. Oleh karena itu, dipilih geometri-geometri tersebut diujikan pengaruhnya pada kinerja penerangan alami rumah susun.

2.6 *State of the Art*

Penelitian sebelumnya mengevaluasi efek dari penerapan sarana pembayangan statis (*fixed shading device*) berupa *horizontal louver* dalam kinerjanya pada termal bangunan dengan bantuan simulasi TRNSYS. Hasilnya bahwa penerapan *horizontal louver* pada jendela efektif tidak hanya mengurangi beban pendinginan bangunan di musim panas tetapi keseluruhan beban energi primer tahunan bangunan, utamanya pada orientasi bangunan menghadap Selatan. Namun perlu diperhatikan dalam pemilihan *louvre shading system* agar optimal tergantung pada lokasi dan pertimbangan cuaca yang digunakan (Datta, 2001). Penelitian lain tentang *shading device* mengevaluasi efek dari enam jenis *fixed external shading device* pada bangunan residensial di iklim tropis lembab untuk upaya penerangan alami dan ventilasi alami dengan bantuan simulasi *software* LIGHTSCAPE untuk penerangan alami dan PHEONIX CFD untuk ventilasi alami. Hasilnya bahwa *shading device* dengan koefisien 0,5 dapat memasukkan penerangan alami melebihi yang direkomendasikan dan *vertical shading device* tidak efektif dalam meningkatkan cahaya matahari dan ventilasi alami (Hien, 2003). Masih pada penelitian *fixed external shading device* pada iklim tropis di Saudi Arabia untuk upaya penghematan energi, Alhuwayil (2018) meneliti lima tipe shading device berupa *overhang, louvers*, dan *fin*. Hasilnya menunjukkan bahwa desain *external shading device* yang diusulkan efektif menghemat 20.5% energi, dibanding bukaan dengan kaca yang hanya menghemat 5%. Desain ini sangat efektif bagi negara yang memiliki beban pendinginan. Selain itu biaya penambahan *shading device* dapat kembali setelah dua tahun.

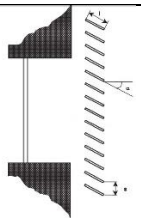
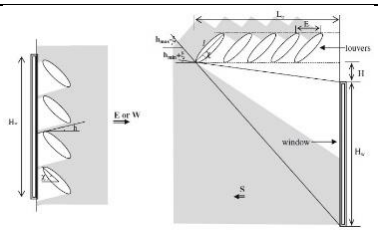
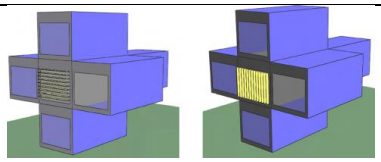
Serupa namun tak sama, penelitian lain juga meneliti *louver fixed shading device* pada kondisi iklim lima negara: Mexico (Mexico), Cairo (Egypt), Lisbon (Portugal), Madrid (Spain) and London (UK) dengan bantuan simulasi *software* TRNSYS untuk termal dan software EES untuk geometri *louvers*. Hasilnya mengungkapkan bahwa integrasi *louver shading device* dalam

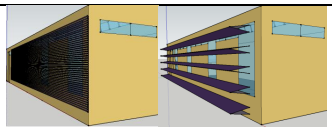
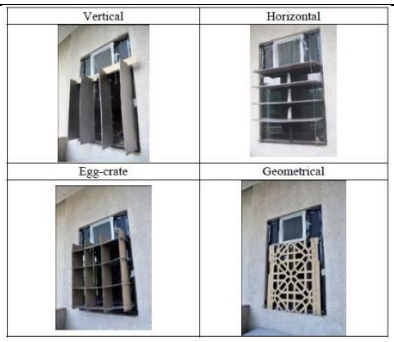
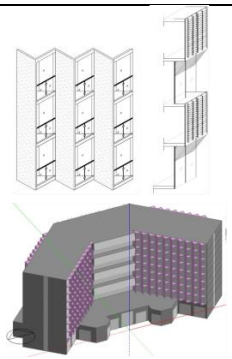
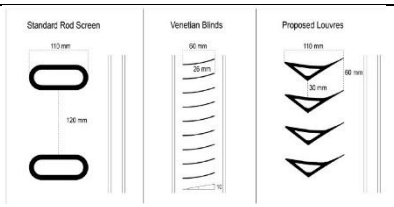
bangunan memberikan kenyamanan termal dan menyebabkan penghematan energi yang signifikan, dibandingkan dengan yang tidak menggunakan louver shading device (Palmero-Marrero, 2010). Masih pada *louver fixed shading device* penelitian yang baru dilakukan adalah mengintegrasikan louver dengan teknik *evaporative cooling* yang fokus pada struktur *louver* dan unit operasi *water spray* sebagai *evaporative cooling* dengan metode permodelan *mockup* dan bantuan simulasi untuk mencari kinerja termal. Hasilnya, dengan perangkat tersebut dapat mereduksi panas secara signifikan 5ºC dan 10ºC pada lingkungan *indoor* dan *outdoor* sekitar *louver* (He, 2019).

Penelitian mengenai geometri *louvers* juga perna dilakukan pada iklim tropis di Malaysia untuk kenyamanan visual pengguna bangunan Kantor. Hasilnya, bahwa keseluruhan louvers secara umum dapat diterapkan pada iklim tropis untuk memberikan kenyamanan visual pengguna dengan mengurangi silau, dan orientasi *louvers* vertikal memiliki nilai *daylight factor* (DF) dan iluminan terendah dibandingkan dengan geometri *louvers* lainnya (Denan, 2015). Penelitian lain tentang *movable louvers*/ *dynamic louvers* juga pernah dilakukan untuk penghematan konsumsi energi dengan simulasi IES-VR untuk mengevaluasi konsumsi energi pada modul representatif kantor di Abu Dhabi, UAE. Penelitian dilakukan pada tiga orientasi bangunan, Selatan, Timur, dan Barat. Hasilnya menunjukkan potensi penghematan energi untuk orientasi Selatan, Timur dan Barat masing-masing adalah 34.02%, 28.57% dan 30.31%. Penghematan energi pada fasilitas menghadap ke selatan meningkat dari 34,02% menjadi 37,73% ketika *glaze's SC* meningkat dari 0,41 menjadi 0,746. Ini menunjukkan bahwa penggunaan *movable louvers* lebih menguntungkan saat diterapkan pada kaca dengan nilai SC tinggi (Hammad, 2010). Selanjutnya, penelitian lain mengenai geometri *louvers* untuk penghematan energi juga pernah dilakukan, namun pada konteks *static louvers*, dengan metode simulasi Energy Plus, pada konteks bangunan universitas, serta mengintegrasikan geometri *louvers* dengan konfigurasinya. Hasilnya menunjukkan bahwa konfigurasi geometri *louvers* mempengaruhi pengurangan penggunaan energi, dimana yang paling optimal pada kedalaman 46.8%, tinggi 8.6%, offset 44.5%,

dan lebar 0.1% dengan total penghematan energi 4728.6 kWh (Brennan, 2012). Penelitian lain mengenai geometri *rod screen* dan *venetian blinds* yang prinsip rotasi pada kisinya menyerupai *louvers* untuk penerangan alami dan kenyamanan visual juga telah dilakukan, namun pada konteks iklim non tropis pada bangunan kantor, dan mendalami bentuk geometri baru dengan bahan keramik sebagai alternatif. Penelitian ini menggunakan metode simulasi tradisional *Daylight Factor* and *climate-based daylighting metrics* (*Daylight Autonomy DA* and *Useful Daylight Illuminance UDI*). Hasilnya menunjukkan bahwa geomteri dengan bahan keramik tersebut memberikan kinerja penerangan alami dan kenyamanan visual yang memuaskan dalam ruang, serta bahan keramik dapat dijadikan bahan alternatif produksi selain aluminium (Gutiérrez,2019). Penelitian-penelitian terdahulu ini dijelaskan melalui Tabel 2.10 berikut.

Tabel 2. 10 Penelitian tentang Geometri *Louvers*

Peneliti	**Geometri louvers**	**Kinerja**	**Metode**	**Konteks Iklim**
Datta (2001)		Penghematan energi	Simulasi	Temperate, sub tropic
Palmero-Marrero, (2010)		Termal dan penghematan energi	Simulasi	Hot Arid, temperate, dan Tropis
Hammad (2010)		Penghematan energi	Simulasi	Hot Arid

Peneliti	Geometri louvers	Kinerja	Metode	Konteks Iklim
Brennan (2012)		Penghematan energi	Simulasi	Sub-tropical
Dennan (2015)		Penerangan alami (evaluasi *glare*)	Mockup 1:1 dan Simulasi	Tropis
Alhuwayil (2018)		Penghematan Energi	Simulasi	Tropis
Gutiérrez (2019)		Penerangan alami dan kenyamanan visual	Simulasi	Non-tropis

Sumber : Penulis, 2020

Penelitian *louvers* statis paling banyak dilakukan baik di iklim tropis dan non tropis untuk mencari kinerja termal, energi, maupun penerangan alami. Terdapat penelitian *movable louvers* namun dengan tujuan penghematan konsumsi energi dan dilakukan pada iklim non tropis. Pada iklim tropis, penelitian tentang *movable external shading device* atau sistem *shading* dinamis belum dilakukan (Al-Masrani, 2018) terutama pengaruh tipe geometri *movable louvers* dengan mengkaji kinerja penerangan alami pada Rumah susun yang digerakkan secara konvensional atau manual sesuai dengan karakter low cost pada Rumah susun.

2.7 Sintesis Teori

Keadaan iklim mempengaruhi penerangan alami suatu bangunan. Faktor paling signifikan yang mempengaruhi arsitektur lingkungan di kawasan tropis adalah energi matahari. Sepanjang tahun, energi matahari menimpa bangunan yang mempengaruhi bagian iklim dalam atau luar (Al-Mofeez, 1991). Penerangan alami bisa lebih sukses di daerah tropis daripada di daerah beriklim *temperate zone* karena tidak ada musim dingin. Juga fasad Utara di daerah tropis menerima jauh lebih banyak sinar matahari daripada di siang hari zona iklim *temperate*, dan di khatulistiwa fasad Utara dan Selatan dapat menerima penerangan alami lebih banyak (Lechner, 2015), sehingga sesuai dengan penelitian pada Rumah susun Siwalankerto II dimana fasad jendela utama menghadap Utara.

Penerangan merupakan faktor untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang aman dan nyaman sehingga dapat mendukung kegiatan manusia. Untuk tujuan perancangan, terdapat tiga jenis sumber penerangan alami, yaitu *sunlight*, *daylight*, dan *reflected light* (Egan & Olgyay, 2002). Faktor penerangan alami (*daylight factor*) merupakan sebuah indikasi dari keefektifan sebuah desain dalam memasukkan cahaya alami ke dalam ruang. Cahaya alami dapat mencapai sebuah titik dari bidang kerja melalui tiga cara, yakni melalui komponen langit (SC), komponen refleksi eksternal (ERC), dan komponen refleksi internal (IRC) (Skozolay, 2004).

Louvers merupakan salah satu sarana pembayangan dan pengkontrolan (*sun-control/ shading device*) yang digunakan untuk keperluan penerangan alami. *Louvers* terbagi atas dua tipe, yakni *fixed louvers* atau *louvers* tetap yang tidak dapat digerakkan dan *movable louvers* atau *louvers* yang dapat digerakkan atau di sesuaikan. Penggunaan *movable louvers* sangat efektif sebagai *shading device*, namun terkadang agak menghalangi pandangan ke luar (Lechner, 2015).

Variabel pada louvers meliputi : sudut kemiringan *louvers*, geometri *louvers*, konfigurasi *louvers*, material *louvers*, orientasi *louvers*, serta sudut *altitude* matahari. Tipe penerapan geometri *movable louvers* diharapkan dapat membantu

dalam pendistribusian penerangan alami ruang dalam rumah susun secara efisien dan tepat guna.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai metodologi yang diterapkan pada penelitian diantaranya paradigma penelitian, metode penelitian, variabel penelitian, subjek dan objek penelitian, data penelitian, serta prosedur metode penelitian. Pada bagian akhir juga dilakukan pembahasan mengenai tahapan penelitian.

3.1 Paradigma Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh geometri *movable louvers* pada kinerja penerangan alami hunian rumah susun. Analisis dan penjelasan pada penelitian ini difokuskan pada penerapan sistem *dynamic shading* menggunakan *movable louvers* dalam penerangan alami yang dihasilkan pada rumah susun di kondisi iklim tropis. Karakteristik yang dimiliki oleh penelitian ini dapat digolongkan dalam penelitian jenis kuantitatif. Hal ini berdasarkan pada kesamaan karakteristik penelitian dengan pernyataan Groat dan Wang (2013) mengenai penelitian kuantiatif, yaitu :

1. Prosesnya bersifat deduktif, dimana penelitian ini mencari hubungan sebab akibat dari pencahayaan alami dalam Rumah susun terhadap penenerapan geometri *movable louvers*.
2. Fenomena yang dapat diukur dengan angka, dalam hal ini kinerja pencahayaan alami yang dilihat dari data iluminan cahaya matahari berupa angka.
3. Realitas bersifat objektif, yaitu berupa realitas kinerja pencahayaan alami yang dihasilkan pada variasi geometri *louvers* yang diintegrasikan dengan orientasi bukaan kisi *louvers* dan kondisi langit.

Penelitian ini menggunakan paradigma *positivism* sebagai pedoman dalam pemilihan metodologi penelitian. Adapun pemilihan paradigma *positivism* pada penelitian ini didasari pada pertimbangan sebagai berikut :

- Penelitian menggunakan objektivitas (Groat dan Wang, 2013)

- Penelitian mengungkapkan validitas internal
- Penelitian mengungkapkan validitas eksternal
- Penelitian menggunakan reliabilitas

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan sebab-akibat dari geometri *movable louvers* terhadap pengaruhnya pada kualitas penerangan alami di Rumah susun. Untuk itu, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *experimental quasi* menggunakan bantuan simulasi. Menurut Groat dan Wang (2013), metode eksperimental quasi digunakan dengan pertimbangan adanya:

- Fokus pada hubungan sebab akibat dalam hal ini geometri *movable louvers* yang diintegrasikan dengan orientasi bukaan kisi *louvers* terhadap pergerakan matahari pada rumah susun di iklim tropis, dalam hal ini khususnya di Surabaya.
- Penggunaan variabel kontrol dalam penelitian ini grup kontrol yang ditentukan berupa dimensi bukaan di rumah susun, warna, jenis material (baik dinding, lantai, plafond, dan louvers), serta bukaan pada satu sisi saja, konfigurasi *louvers* dan layout furnitur.
- Pengguanan *treatment* atau variabel bebas, dalam hal ini geometri *movable louvers*, serta orientasi kemiringan *louvers*, dan kondisi langit.
- Pengukuran hasil atau variabel terikat, dalam hal ini pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami pada rumah susun.
- Pemilihan sampel dan tempat merupakan *non-random assignment*

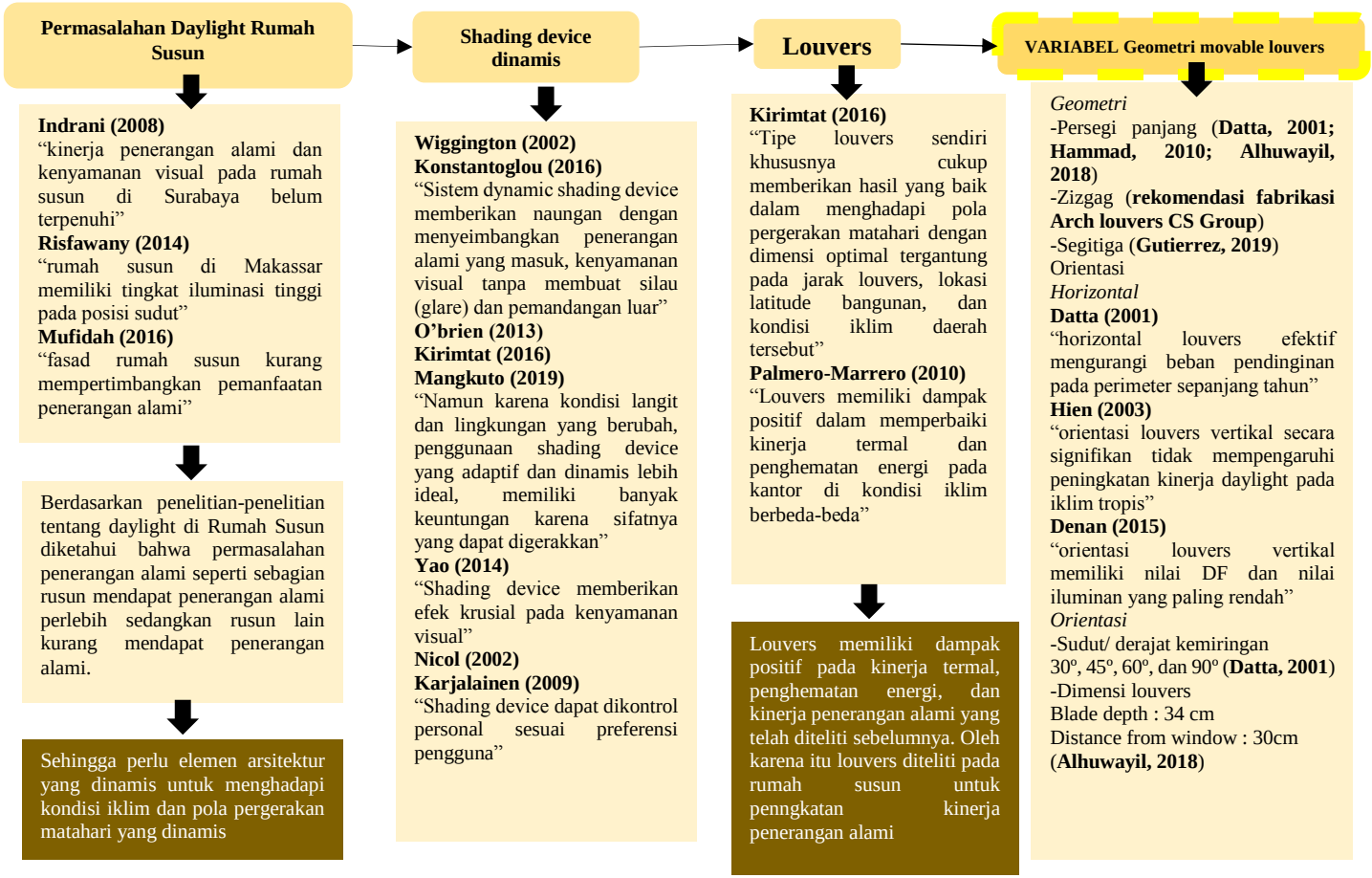
Untuk memudahkan pengendalian kondisi lingkungan eksperiman, properti bahan, dan perubahan model (Satwiko, 2010), maka simulasi digunakan sebagai alat bantu dalam penelitian ini. Penggunaan bantuan simulasi ini memiliki fungsi utama sebagai validasi variabel bebas yang diujikan, sehingga mendapatkan hasil dari kinerja penerangan alami yang paling baik. Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan metode simulasi, yakni :

- Simulasi bertujuan meniru cara keseluruhan setting (Groat and Wang, 2013) dalam hal ini perilaku distribusi dan iluminan cahaya alami dalam variasi jenis geometri *louvers*, orientasi bukaan kisi pada *louvers*, terhadap pergerakan matahari dan kondisi langit pada rumah susun di iklim tropis.
- Ruang yang dihasilkan dari setiap variasi jenis tidak memerlukan ruang fisik yang besar (Satwiko, 2010) dalam hal ini ruang-ruang pada rumah susun.
- Perekaman visual dan numerik sangat mudah disimpan dalam laporan (Satwiko, 2010) dalam hal ini visualisasi distribusi penerangan alami dan rata-rata iluminan dari simulasi variabel bebas dengan menggunakan software *Ecotect Analysis 2011* dengan *plug-in Dekstop Radiance 1.02.* penggunaan *software Ecotect Analysis 2011* berfungsi untuk pembuatan model bangunan serta model variabel bebas, sedangkan analisa penerangan dilakukan dengan *plug-in software Dekstop Radiance 1.02*.

3.2.1 Variabel Penelitian

Variabel adalah simbol yang menggunakan angka atau nilai. Disebutkan juga bahwa variabel merupakan sifat kasus (*case*) yang mempunyai kemungkinan lebih dari satu kategori. Variabel juga merupakan konsep yang mempunyai variasi nilai (Yusuf, 2014). Berdasarkan posisi dan fungsi, Variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga, yakni variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat. Variabel kontrol merupakan variabel yang dibiarkan apa adanya, tidak dirubah, tidak dimanipulasi atau yang diperlakukan sama pada semua eksperiman. Variabel bebas adalah variabel sebagai *treatment* yang dapat dimanipulasi. Sedangkan variabel terikat merupakan hasil atau respon dari pengaruh *treatment* tersebut. Sebelum menentukan variabel penelitian, terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap permasalahan penelitian yang dijabaekan pada Gambar 3.1 berikut :

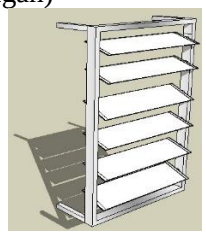
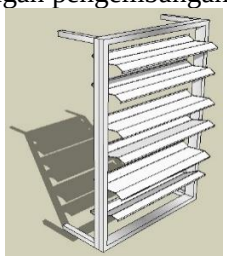
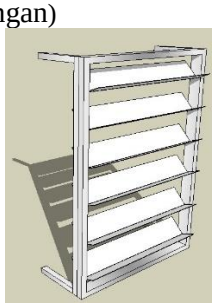
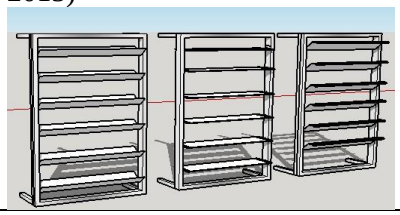
Gambar 3. 1 Urutan Penentuan Variabel

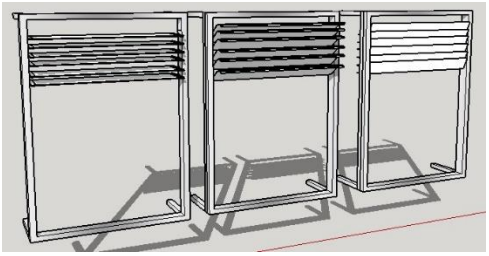
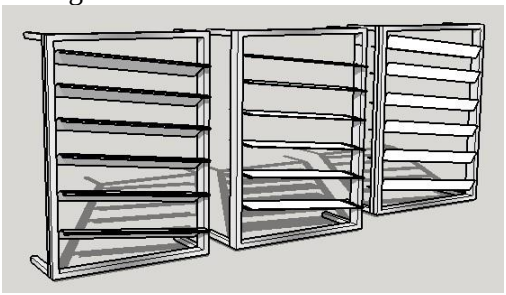


Sumber : Penulis, 2020

Variabel-variabel pada penelitian ini dijabarkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

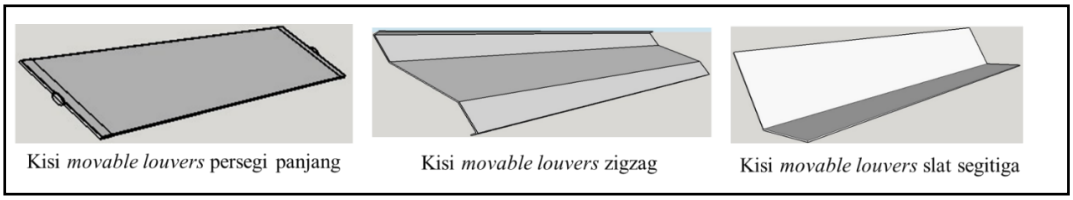
Tabel 3. 1 Jenis Variabel yang digunakan

Jenis	Variabel	Sub variabel
Variabel Bebas	Geometri *Louvers*	- Tipe geometri persegi panjang (Rekomendasi Hammad, 2010 dengan pengembangan)  - Tipe geometri zig-zag (Rekomendasi fabrikasi *Architectural louvers, CS Group* dengan pengembangan)  - Tipe geometri slat segitiga (Rekomendasi Gutiérrez, 2019 dengan pengembangan) 
Variabel Bebas	Sistem Operasional *Louvers*	- Horizontal, karena secara signifikan orientasi vertikal tidak mempengaruhi peningkatan kinerja penerangan alami pada iklim tropis (Hien, 2003; Denan, 2015) 

Jenis	Variabel	Sub variabel
Variabel Bebas	Sistem Operasional *Louvers*	- Ditarik ke atas  - Diagonal  - Derajat kemiringan : 30º, 45º, 60º, dan 90º (Datta, 2001)
	Kondisi Langit	- *Partly cloudy* - *Overcast*
Variabel Terikat	Kinerja penerangan alami	Rata-rata intensitas cahaya : -Illuminance indoor -Illuminance outdoor Distribusi cahaya : -Illuminance dalam ruang (lx) -Daylight factor (DF)
Variabel Kontrol	Dimensi bukaan di rusun	
	Ketinggian plafon	
	Warna (dinding, lantai, plafond, louvers)	
	Material (dinding, lantai, plafond, louvers)	
	Konfigurasi louvers (susunan, jarak, letak/posisi)	
	Bukaan pada satu sisi saja	
	Layout furniture	

Sumber : Penulis, 2019

Selanjutnya, ketentuan geometri variabel penelitian dijabarkan pada Gambar 3.2, 3.3, 3.4 dan Tabel 3.2 sebagai berikut :



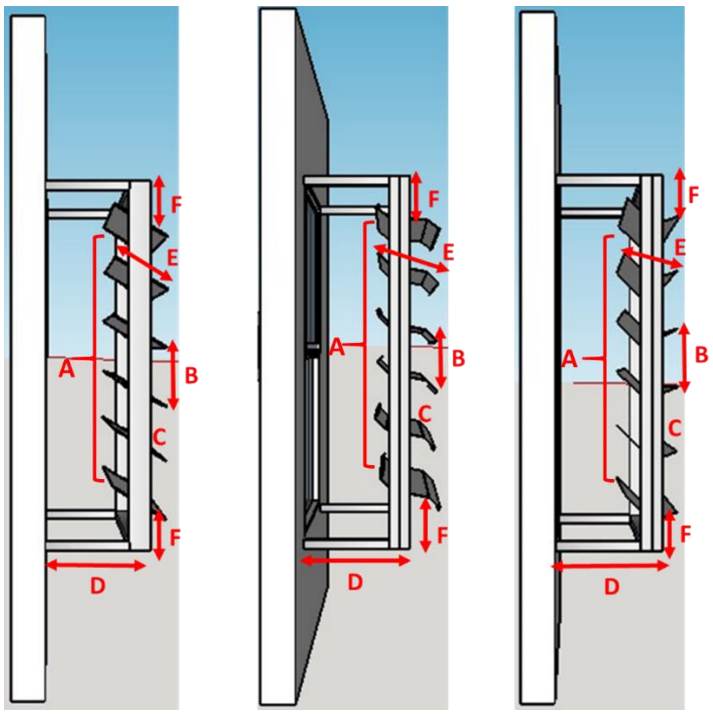
Gambar 3. 2 Geometri Kisi *Louvers*

Sumber : Penulis, 2019

Tabel 3. 2 Keterangan Dimensi Geometri Variabel *Louvers*

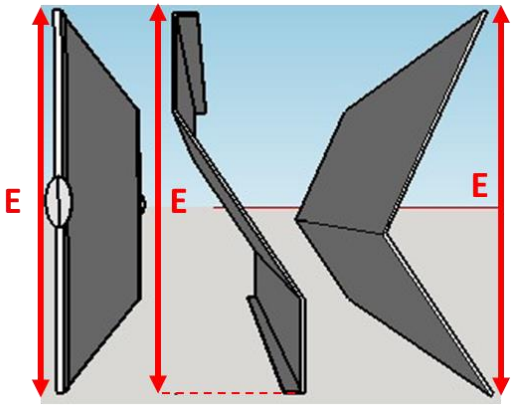
No.	**Dimensi Geometri Kisi Louvers (*louvers blade*)**	
A	Jumlah kisi	6
B	Jarak vertikal (cm)	27
C	Sudut (*angle*) (cm)	30˚,45˚,60˚,90˚
D	Jarak dari jendela (cm)	30
E	Kedalaman kisi (*blade depth*) (cm)	34
F	Jarak vertikal kisi louvers dari atas dan bawah jendela (cm)	17.5

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3. 3 Dimensi Kisi *Louvers*

Sumber : Penulis, 2020



Gambar 3. 4 (E) Dimensi Kedalaman Kisi *Louvers* (*depth blade*)

Sumber : Penulis, 2020

3.2.2 Definisi Variabel

Pendefinisian variabel dilakukan untuk memperjelas maksud dari masing-masing variabel yang akan digunakan pada penelitian ini. Adapun definisi operasional variabel-variabel sebagai berikut:

1. Variabel Bebas merupakan geometri louvers, orientasi bukaan kisi louvers, dan kondisi langit. Adapun penjabarannya berikut ini:
   - Geometri *louvers* yaitu bentuk louvers, juga ukuran baik dari panjang, lebar, dan tebal *louvers*
   - Sistem operasional louvers yang dimaksud, yaitu sistem kontrol *louvers* yang digerakkan berputar (berotasi) dengan keragaman derajat kemiringan *louvers* atau digerakkan dengan cara ditarik keatas/bawah.
   - Kondisi langit yang dimaksud adalah keadaan langit pada saat berawan (*partly cloudy*) dan pada saat berawan tipis (*overcast sky*).

2. Variabel Terikat berupa kinerja penerangan alami yang terjadi akibat variabel bebas. Kinerja penerangan alami diamati berdasarkan distribusi dan intensitas cahaya yang dijabarkan sebagai berikut :
   - Distribusi cahaya :
     - *Illuminance* : suatu densitas atau konsentrasi dari aliran cahaya yang terkena permukaan bidang ruang.

- *Daylight factor* : yang dimaksud dengan *daylight factor* yaitu nilai iluminan yang dihasilkan cahaya alami dari matahari yang berada di titik ukur utama bidang transparan, dan nilai iluminan yang berada di titik ukur samping dari bidang transparan.

- Rata-rata Intensitas Cahaya
  - Rasio *illuminance* pada interior bangunan dengan *illuminance* pada eksterior bangunan.

3. Variabel Kontrol berupa:
   a. Dimensi bukaan : ukuran tiap pintu dan jendela pada ruang-ruang di rumah susun.
   b. Ketinggian plafon : jarak dari lantai ke langit-langit, yang ditetapkan 3 m.
   c. Warna : warna dinding putih
   d. Material : material bangunan yang akan digunakan dalam simulasi, baik dinding, lantai, plafon, jenis kaca, dsb.
   e. Konfigurasi *louvers* : macam-macam susunan louvers tiap kisinya.
   f. Bukaan pada satu sisi saja : bukaan berupa jendela di satu sisi bangunan saja.
   g. *Layout* furnitur : *layout* segala furnitur yang ada di rumah susun.

3.3 Subjek dan Objek Penelitian

3.3.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian merupakan penanda atau sesuatu yang akan diteliti. Penentuan subjek bertujuan untuk mengeneralisasikan hasil penelitian yang akan dilakukan terhadap berbagai kondisi yang berhubungan dengan variabel – variabel sejenis. Pada penelitian ini, subjek penelitian adalah hunian Rumah susun yang ada di Kota Surabaya, yakni Rumah susun Siwalankerto II sebagai bangunan eksisting. Adapun kriteria bangunan tipikal Rumah susun yang menjadi subjek penelitian adalah sebagai berikut :

a. Bangunan berlokasi di Kota Surabaya, dengan iklim tropis.

b. Bangunan tergolong dalam *walk-up flat* , yaitu bangunan dengan ketinggian maksimal lima lantai dengan akses menggunakan tangga.
c. Fasad bangunan tiap Rumah susun memiliki sistem satu sisi bukaan jendela dan memiliki balkon yang akan disimulasikan.

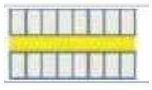
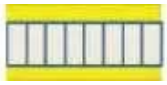
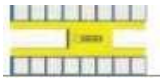
3.3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan pokok persoalan yang hendak diteliti untuk mendapatkan data secara lebih terarah. Objek penelitian ini adalah pengaruh geometri *movable louvers* terhadap penerangan alami pada rumah susun. Objek geometri *movable louvers* dipilih karena memiliki potensi sarana *dynamic shading* yang berpengaruh dalam menghasilkan kualitas kinerja penerangan alami di Rumah susun.

3.3.3 Bangunan Eksisting

Data tipologi rumah susun di Surabaya yang telah didapat pada kajian pustaka menjadi dasar dalam penentuan *base case* penelitian. Dalam penelitian Kisnarini (2015), Rusun yang ada di Surabaya memiliki 3 tipe blok yaitu *double loaded space design, single loaded space design,* dan *twin blok space design* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3. Adapun *base case* yang diambil berupa tipe blok *double loaded*, karena jumlah tipe blok rusun ini cukup banyak ditemui di Surabaya dan memiliki permasalahan ukuran unit yang terbatas, dan kondisi permasalahan penerangan alami yang kompleks karena bukaan dari salah satu sisi fasad saja.

Tabel 3. 3 Tipologi Blok Rumah susun di Surabaya

		
double loaded space design*:* 1.Sombo; 2.Dupak; 3.Simo; 4. Penjaringansari1 5.Penjaringansari2; 6.Wonorejo; 7.Randu 8.Gunungsari	***single loaded space design****: 1.Waru Gunung 2.Urip Sumoharjo 3.Tanah Merah*	***twin blok*** *space design*: Penjaringansari 3

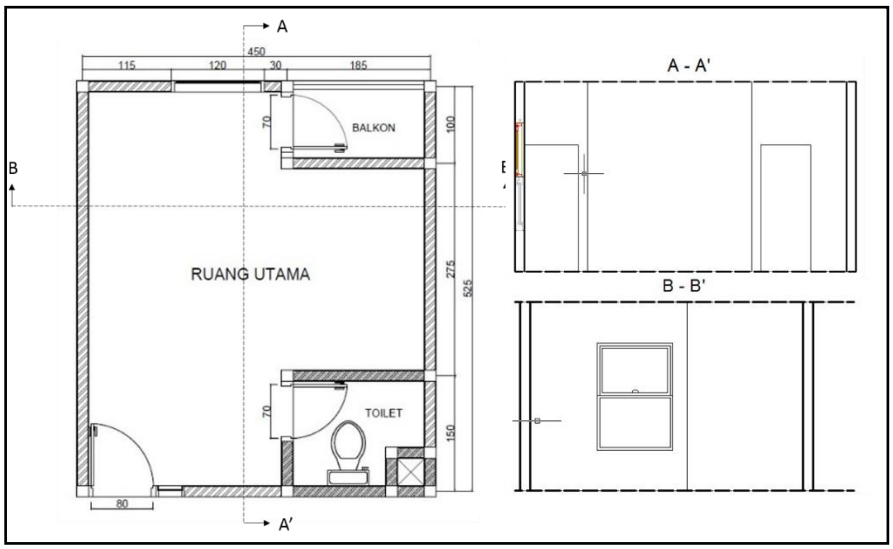
Sumber : Kisnarini, 2015

Rusun Siwalankerto II dipilih sebagai bangunan *base case* karena memiliki kriteria yaitu blok dengan jenis *double loaded*, unit rusun berukuran terbatas (tipe studio), dan memiliki balkon semi *indoor* seperti yang dapat dilihat

pada Gambar 3.5 dan 3.6. Rusun Siwalankerto II berlokasi di Kelurahan Siwalankerto, Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya yang terletak pada koordinat geografis antara 7,09˚-7,21˚ LS dan 112,36˚-112,54˚ BT. Bangunan ini terdiri dari 1 blok tipe *double loaded*, dengan total 5 lantai, 14 unit per lantai masing-masing 7 unit di tiap sisi, dengan total 70 unit. Ukuran unit 23 m², dan terdapat *courtyard* di tengah bangunan *double loaded*. Terdapat area servis pribadi, dan memiliki balkon semi outdoor.

Gambar 3. 5 *Site Plan* Rusun Siwalankerto II

Sumber : Penulis, 2020 dan DPBT 2020



Gambar 3. 6 Denah (gambar kiri), dan Potongan (gambar kanan) Rusun Siwalankerto II

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan karakteristik di atas, salah satu unit tersebut akan dilakukan eksperimen dengan simulasi pada penelitian ini. Bangunan dibuat sesuai dimensi dan material aslinya pada *software* kemudian dilakukan validasi berupa pengukuran eksisting dan simulasi eksisting dengan *software Ecotect Analysis 2011* dengan *plug-in Radiance 1.02* pada komputer. Selanjutnya dilakukan validasi

pengujian variabel bebas pada simulasi komputer sehingga didapatkan hasil terbaik. Ruang eksperimen pada *software* simulasi akan diperlakukan mirip dengan kondisi dan karakteristik bangunan rumah susun.

3.4 Data Penelitian

3.4.1 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Adapun penjelasan data-data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung dan dimaksudkan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian (Sugiyono, 2017). Data primer diperoleh dari melakukan eksperimen, namun dapat juga diperoleh dari dari survey dan sensus, data pengukuran, observasi, dan data pengalaman atau perekeman (Kothari 2004; Walliman 2011). Data-data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa data *layout* dan *site plan* bangunan Rumah susun, data kondisi fisik bangunan interior dan eksterior bangunan Rumah susun, data iklim mikro setempat, serta data intensitas dan distribusi cahaya Rumah susun.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan secara tidak langsung dimaksudkan untuk mendukung data primer (Sugiyono, 2017). Data sekunder berupa dokumentasi baik yang telah dipublikasikan maupun yang belum dapat diperoleh dari arsip data pemerintah, buku, dan jurnal-jurnal (Kothari, 2004; Walliman, 2011). Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data iklim makro Kota Sutrabaya, data studi literatur faktor-faktor pencahayaan alami, serta data studi literature tentang *geometri movable louvers*.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian yang disusun sesuai dengan variabel penelitian dan teknik pengumpulan data dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut :

Tabel 3. 4 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Variabel bebas	**Jenis Data**	**Teknik Pengumpulan Data**
- Geometri louvers - Sistem operasional *louvers* - Kondisi langit	- Data Primer - Data sekunder	- Pengukuran - Observasi - Studi literature terkait geometri *movable louvers*
Variabel terikat	**Jenis Data**	**Teknik Pengumpulan Data**
Kinerja pencahayaan alami dengan parameter : - Distribusi cahaya	- Distribusi cahaya dinilai dari data illuminance dalam ruang - Distribusi *daylight factor* nilai iluminan yang dihasilkan cahaya alami dari matahari yang berada di titik ukur utama bidang transparan, dan nilai iluminan yang berada di titik ukur samping dari bidang transparan.	- Pengukuran dengan menggunakan Lux meter. - Perhitungan dengan menggunakan Microsoft Excel berupa tabel dan kurva.

Sumber : Penulis, 2020

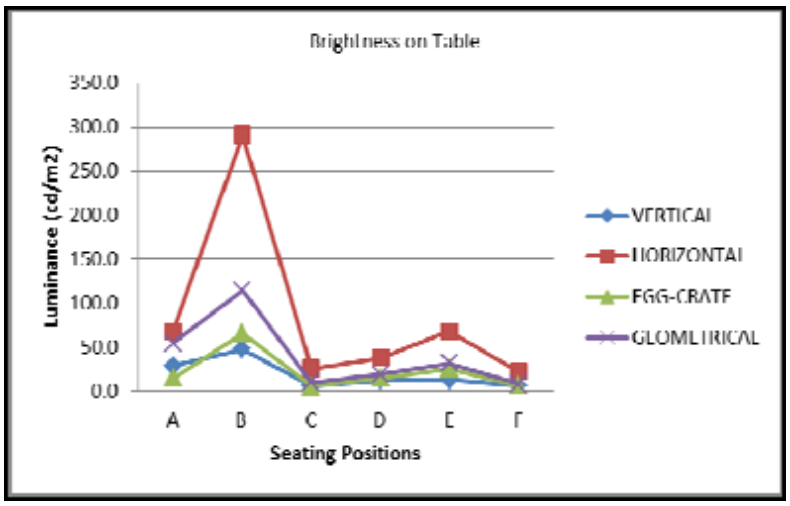
3.4.2 Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk menjawab permasalahan dan mencapai tujuan penelitian, yaitu analisis kinerja penerangan alami yang dipengaruhi oleh geometri *movable louvers* dan orientasi bukaan tiap kisi *louvers*. Analisis berdasarkan eksperimen yang dilakukan dengan permodelan pada kondisi yang menyerupai eksisting dan hasil variasi geometri *louvers* yang diintegrasikan dengan orientasi bukaan tiap kisi *louvers*, serta kondisi langit yang ditetapkan melalui kajian preseden dan kajian pustaka. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2009). Teknik analisis data

dengan statistik deskriptif pada penelitian ini berupa paparan data hasil eksperimen pengaruh penerapan geometri *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami yang dianalisis lebih lanjut melalui deskripsi paragraf dan analisis korelasi.

Analisis dilakukan berdasarkan data hasil observasi pada Rumah susun sebagai eksisting dan data hasil eksperimen. Adapun analisis yang dilakukan, yaitu:

1. **Analisis Kinerja Penerangan Alami**
   - Menganalisis hasil penerapan geometri *movable louvers* berdasarkan bentuk, posisi, dan integrasinya dengan sudut kemiringan tiap kisi *louvers*, pergerakan rotasi horizontal, serta penerapannya pada dua kondisi langit (*overcast sky* dan *partly cloudy*) berupa tabel dan kurva rata-rata insensitas cahaya dengan menghitung rasio persentase dari *indoor illuminance* dengan *outdoor illuminance*.
   - Menganalisis kinerja penerangan alami yang dihasilkan dari *treatment* geometri *movable louvers* pada eksperimen berupa distribusi cahaya dalam Rumah susun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 berikut.



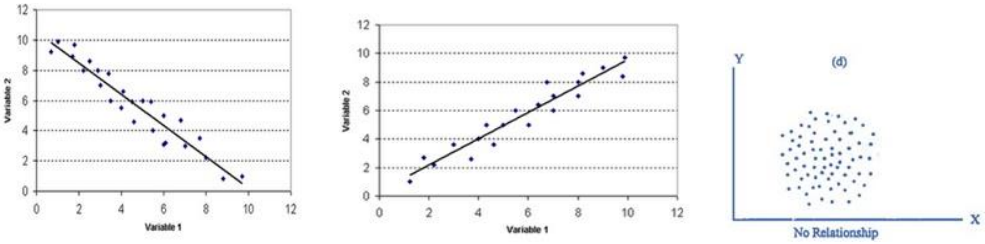
Gambar 3. 7 Grafik rata-rata kecerlangan/*luminance*

Sumber : Denan dkk, 2015

2. **Analisis Korelasi Regresi**

Analisis korelasi digunakan untuk memvalidasi hubungan antara hasil pengukuran langsung di lapangan dengan hasil simulasi komputer. Analisis

korelasi dilakukan menggunakan bantuan software *Microsoft Excel 2013*. Kuat lemahnya hubungan antar variabel dalam hal ini hasil simulasi komputer terhadap pengukuran lapangan diukur dengan range yang bernilai 0 hingga 1. Koefeisien korelasi positif memiliki hubungan kedua variabel searah, koefisien negatif membuat hubungan kedua variabel tidak searah, sedangkan apabila tidak ada korelasi membuat hubungan kedua variabel terpencar. Sehingga nilai koefisien yang mendekati 1 semakin menggambarkan bahwa antara penngukuran langsung dan simulasi komputer berhubungan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



(a) (b) (c)

Gambar 3. 8 Koefisien Kolerasi (a) korelasi negatif, (b) korelasi positive, (c) tidak ada korelasi

Sumber : Vina, 2011

3. Analisis Korelasi Spearmen

Analisis korelasi spearmen digunakan untuk mencari variabel yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami. Analisis korelasi spearmen dilakukan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel 2013*. Sama halnya dengan analisis korelasi regresi, kuat lemahnya hubungan antar variabel dalam hal ini variabel *movable louvers* terhadap kinerja penerangan alami diukur dengan range yang bernilai 0 hingga 1. Koefeisien korelasi positif memiliki hubungan kedua variabel searah, koefisien negatif membuat hubungan kedua variabel tidak searah, sedangkan apabila tidak ada korelasi membuat hubungan kedua variabel terpencar. Perbedaan analisis korelasi spearmen dan analisis korelasi regresi terletak pada pengurutan peringkat. Data pada nalisis korelasi spearmen diurutkan sesuai peringkat, kemudian baru dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \qquad (3.4.2)$$

Dimana,

ρ = koefisien korelasi *Spearman Rank*

di = beda antara dua pengamatan berpasangan (x dan y)

N = total pengamatan

Kemudian sama halnya dengan analisi korelasi regresi bahwa nilai koefisien yang mendekati 1 semakin menggambarkan bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami.

4. Analisis *Fissure*

Analisis *fissure* atau celah bukaan digunakan untuk mencari sistem *movable louvers* mana yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami. Analisis fissure dilakukan dengan cara menghitung luas celah bukaan. Bukaan celah yang dimaksud adalah lubang-lubang yang tidak terhalangi oleh kisi louvers (*Free-area louvers*). Perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan luas jendela. Standar *Free-area louvers* yakni pada rentang 35%-60%.

3.4.3 Persentasi Data

Presentasi data dari eksperimen menjelaskan gambaran hasil dari variabel terikat berupa grafik, kurva dan tabel. Presentasi hasil pengukuran distribusi cahaya berupa grafik nilai tertinggi dan nilai terendah serta serta grafik rata-rata iluminan dari ketiga posisi bidang transparan dan tabel-tabel terkait. Sedangkan presentasi hasil pengukuran intensitas cahaya berupa *luminous intensity* dengan menggunakan grafik.

3.5 Rancangan Eksperimen

Demi menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian, maka dirancang metode eksperimen. meliputi :

3.5.1 Prosedur Eksperimen

Pada penelitian ini eksperimen dilakukan dengan beberapa tahap. Tahapan-tahapan tersebut berupa :

1. Tahap pertama, yaitu tahap awal pengumpulan data iklim makro Kota Surabaya, data iklim mikro lingkungan rumah susun setempat, cuaca, faktor langit, suhu, radiasi matahari, dan pergerakan matahari.
2. Tahap kedua, yaitu tahap pengumpulan data terkait bangunan rumah susun berupa *layout* dan *site* plan rumah susun.
3. Tahap ketiga, yaitu tahap pengumpulan data dari geometri *movable louvers* dan orientasi kemiringan *louvers* yang akan dilakukan eksperimen.
4. Tahap keempat, dilakukan proses eksperimen dengan bantuan simulasi komputer untuk menguji alternatif model yang dijadikan variabel bebas, selanjutnya dianalisa dari hasil tersebut.

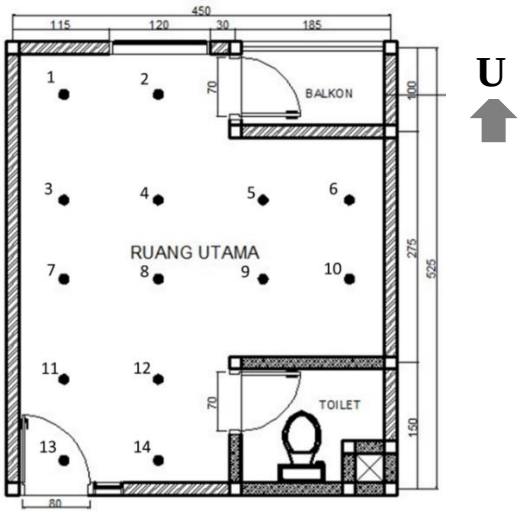
Adapun setelah tahapan diatas dilakukan, selanjutnya yaitu dilakukan analisa untuk mendapatkan hasil dari eksperimen dan hubungan sebab-akibatnya. Analisis dilakukan berdasarkan data primer, data sekunder, dan data hasil eksperimen.

3.6 Prosedur Pengukuran

Penelitian ini menggunakan teknik pengukuran untuk mendapatkan data variabel terkait penelitian, yang meliputi data illuminance (lx) dan dikonversikan ke *daylight factor* (DF) untuk mengevaluasi kinerja penerangan alami. Prosedur pengukuran yang dilakukan pada bangunan eksisting dan simulasi komputer dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan pada bangunan eksisting dilakukan dengan ketinggian ±15 meter dari permukaan tanah (pada lantai 5 rusun Siwalankerto II) dan 1,5 meter dari permukaan lantai ruang.
2. Pengukuran menggunakan sistem grid, yang disesuaikan dengan panjang dan lebar bangunan eksisting.

3. Pengukuran dilakukan sepanjang hari yang diwakili oleh tiga waktu yakni pagi hari (09.00), siang hari (12.00) dan sore hari (15.00).
4. Pengukuran diulang selama 3 hari dengan kondisi langit *overcast* dan *partly cloudy*. Penelitian dilakukan dengan pengukuran secara berulang-ulang pada masing-masing model sehingga menghasilkan variasi data. Titik pengukuran terletak pada 14 titik yang dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 9 Posisi Titik Pengukuran pada Denah

Sumber : Penulis, 2020

5. Titik pengukuran dilakukan sepanjang hari yang diwakili tiga waktu selama 3x untuk mengamati kecenderungan kondisi iklim pada ruang eksperimen yang dijelaskan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Pengukuran yang akan Dilakukan pada Variabel

Variabel Terikat	**Base Case (pada bangunan eksisting dan simulasi bangunan eksisting dengan computer)**	**Variabel 1 (pada simulasi komputer)**	**Variabel 2 (pada simulasi komputer)**	**Variabel 3 (pada simulasi komputer)**
Distribusi cahaya				
Titik 1 dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 2 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 3 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik4 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 5 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x

Variabel Terikat	Base Case (pada bangunan eksisting dan simulasi bangunan eksisting dengan computer)	Variabel 1 (pada simulasi komputer)	Variabel 2 (pada simulasi komputer)	Variabel 3 (pada simulasi komputer)
Titik 6 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 7 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 8 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 9 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 10 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 11 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 12 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 13 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Titik 14 Dalam Ruang	3x	3x	3x	3x
Jumlah Pengukuran	42x	42x	42x	42x

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui populasi data jumlah pengukuran secara keseluruhan adalah 168x sebanyak 3 waktu (3x). Jika pengukuran dilakukan selama 3 hari maka jumlah data menjadi 1512.

Teknik pengukuran pada bangunan eksisting menggunakan beberapa jenis alat ukur yaitu:

1. Lux Meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya yang terjatuh pada suatu permukaan tempat (lihat Gambar 3.10). Pada penelitian ini, Lux meter digunakan untuk memperoleh data illuminance (lx).

Gambar 3. 10 Lux Meter

Sumber : Monotaro, 2019

2. Alat ukur panjang (meteran)

Meteran adalah alat yang digunakan untuk mengukur jarak (lihat Gambar 3.11). Pada penelitian ini, meteran digunakan untuk mengukur dimensi ruang pada rusun dan mengukur jarak antar titik grid.

Gambar 3. 11 Meteran

Sumber : Blibli, 2019

Sedangkan teknik pengukuran pada simulasi komputer menggunakan *software Radiance 1.02* untuk mengukur distribusi penerangan alami variabel bebas pada tiap titik grid, dan selanjutnya keseluruhan data diolah dengan *Microsoft Excel 2013*.

3.7 Prosedur Simulasi

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan pada tahap keempat setelah tahap pertama dan kedua berupa pengumpulan data primer (observasi eksisting) dan tahap ketiga berupa pengumpulan data sekunder (studi literature terakit). Simulasi ini dilakukan untuk memvalidasi pengukuran eksisting dan simulasi eksisting, kemudian juga menguji variabel-variabel bebas dari geometri *movable louvers*. Permodelan simulasi menggunakan program *Ecotect Analysis 2011* yang saat ini diakuisisi oleh *Autodesk*. *Ecotect* merupakan program analisis lingkungan yang berfungsi untuk mensimulasi geometri *movable louvers* terhadap kinerja bangunan pada tahap awal desain dan menyediakan visualisasi analitikal (*feedback*) untuk model yang sederhana hingga kompleks. *Ecotect* memiliki kemampuan mensimulasi pencahayaan, termal, dan akustik, dan memiliki kelebihan sebagai alat desain model (*drafting*) sekaligus berkemampuan menganalisis dan simulasi. Pada penelitian ini, *Ecotect* digunakan untuk mensimulasikan bentuk atau model bangunan rumah susun,

serta variasi variabel bebas. Kemudian penggunaan *plug-in Dekstop Radiance 1.02* digunakan untuk mensimulasikan hasil analisa tabel *grid* penerangan alami pada ruang dari alternatif model geometri *movable louvers* yang diujikan.

Penelitian ini menggunakan satu unit ruang eksperimen dengan dua kondisi langit berbeda, yakni pada saat langit mendung (*overcast sky*) dan pada saat langit setengah berawan (*partly cloudy*) untuk disimulasikan. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan kondisi langit terhadap kinerja pencahayaan alami yang dihasilkan oleh penerapan geometri *movable louvers*. Adapun *layout,* posisi dan jumlah furnitur dari tiap unit ruang eksperimen, serta bukaan pada satu sisi berperan sebagai variabel kontrol yang dibuat sama.

Pengkondisian waktu pada eksperimen yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut :

1. Eksperimen dilakukan pada kondisi langit mendung (*overcast sky*) dan pada saat langit setengah berawan (*partly cloudy*).
2. Eksperimen dilakukan dengan pengukuran sepanjang hari yang diwakili oleh tiga waktu yakni pagi hari (09.00), siang hari (12.00) dan sore hari (15.00).

3.7.1 Perlakuan Eksperimen dalam Simulasi

Perlakuan eksperimen dalam simulasi komputer dilakukan pada variabel bebas dengan cara yang berbeda untuk mengetahui pengaruh yang dapat dihasilkan. Penempatan variabel bebas pada ruang eksperimen dalam simulasi dijelaskan sebagai berikut:

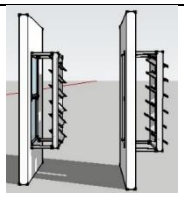
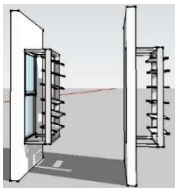
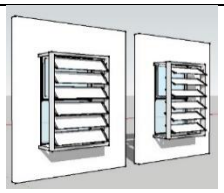
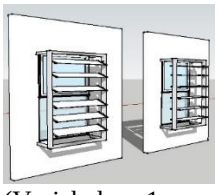
1. Simulasi geometri *louvers* dipasang pada bukaan fasad eksterior bangunan ruang eksperimen yang tidak berhubungan dengan balkon.
2. Simulasi geometri *louvers* dipasang dengan menggunakan *frame* yang dipasang ke dinding eksterior tepat pada jendela utama dengan rangka *hollow* aluminium.

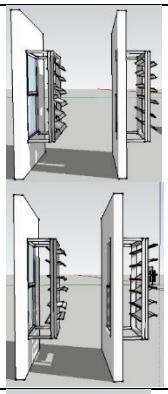
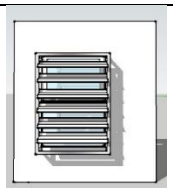
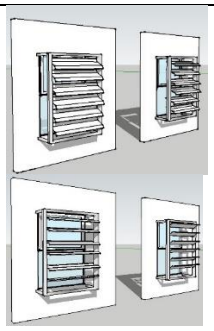
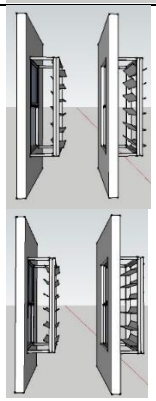
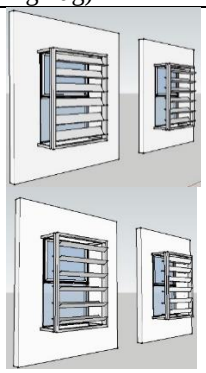
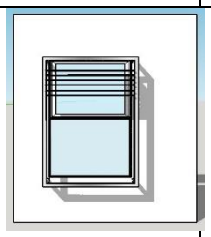
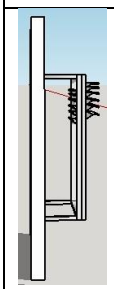
3. Mekanisme geometri *movable louvers* dalam simulasi menggunakan sistem konvensional yang dapat digerakkan dengan semacam tuas/motor dari dalam ruang.

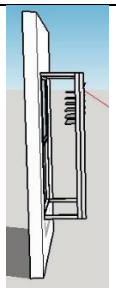
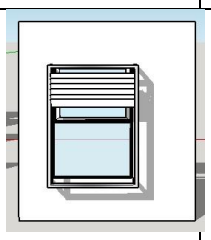
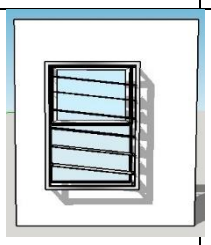
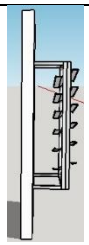
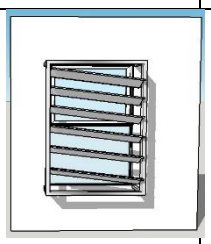
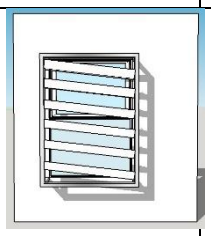
Perlakuan yang dilakukan terhadap variabel bebas, yaitu geometri *louvers* ditampilkan pada Tabel 3.6. Adapun penjelasan dari perlakuan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memasang tiga jenis geometri *louvers* yang memiliki bentuk berbeda dengan dimensi kisi yang sama untuk mengamati perbedaan distribusi cahaya yang dihasilkan pada bentukan horizontal, ditarik keatas, dan diagonal pada simulasi komputer.
2. Mengoperasikan geometri *louvers* untuk mengamati perbedaan distribusi cahaya yang dihasilkan pada sudut 30º, 45º, 60º, dan 90º pada simulasi komputer.

Tabel 3. 6 Variasi Perlakuan Geometri *Louvers*

Orientasi *louvers*	**Sudut kemiringan kisi *louvers***	**Tampak Samping**	**Tampak Depan**	**Perspektif Geometri 3D**
Horizontal	30º, 45º, 60º, 90º	 		  (Variabel 1 persegi panjang)

Orientasi *louvers*	**Sudut kemiringan kisi *louvers***	**Tampak Samping**	**Tampak Depan**	**Perspektif Geometri 3D**
Horizontal	30º, 45º, 60º, 90º			 (Variabel 2 zig-zag)
Horizontal	30º, 45º, 60º, 90º			 (Variabel 3 slat segitiga)
Ditarik ke atas	90º			(Variabel 1 persegi panjang)
				(Variabel 2 zig-zag)

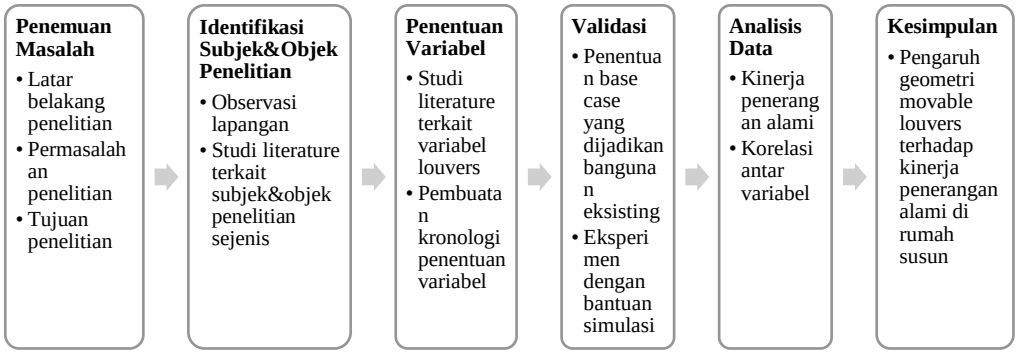
Orientasi *louvers*	**Sudut kemiringan kisi *louvers***	**Tampak Samping**	**Tampak Depan**	**Perspektif Geometri 3D**
Ditarik ke atas	90º			(Variabel 3 slat segitiga)
Diagonal	90º			(Variabel 1 persegi panjang)
				(Variabel 2 zig-zag)
Diagonal	90º			(Variabel 3 slat segitiga)

Sumber : Penulis, 2020

3.8 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah suatu konsep yang menjelaskan langkah-langkah yang disusun agar tujuan penelitian dilakukan dengan baik. Kerangka penelitian dijelaskan pada Tabel 3.7 lebih lanjut sebagai berikut :

Tabel 3. 7 Kerangka Penelitian



Sumber : Penulis, 2019

Setelah kerangka penelitian dibuat, selanjutnya adalah membuat rencana penelitian untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian pada Tabel 3.8 sebagai berikut :

Tabel 3. 8 Jadwal Rencana Penelitian

Data	**Teknik Pengumpulan**		**Waktu**
Kajian pustaka	Studi literatur		Bulan Agustus 2019
Observasi bangunan eksisting	Pengamatan kondisi fisik dan lingkungan Rumah susun terkait orientasi bangunan, material interior bangunan, dan dimensi bukaan	Pengukuran dan studi lapangan	Bulan Oktober 2019
	Pembuatan grid di lapangan untuk mengetahui intensitas dan distribusi cahaya pada kondisi real rumah susun	Pengukuran	Bulan Oktober 2019
Simulasi	Simulasi bangunan eksisting yang divalidasi dari pengukuran lapangan	Simulasi dengan software *Ecotect Analysis 2011 + plug-in Radiance 1.02*	Bulan November 2019
	Simulasi variabel geometri movable louvers dibandingkan simulasi bangunan eksisting		
Kinerja penerangan alami	Distribusi cahaya : - Daylight factor - Illuminance	Perhitungan dan analisa	Mulai bulan Desember 2019

Sumber : Penulis, 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
ANALISA DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN

Pada bab ini akan di bahas hasil pengamatan lapangan berupa pengukuran kinerja penerangan alami pada bangunan yang dijadikan eksisting. Hasil pengukuran berupa iluminasi pada tiap titik grid yang telah di *plot* dalam ruang, dimensi dan letak bukaan, serta bentuk arsitektur dan layout bangunan. Selanjutnya akan dilakukan analisis dan pembahasan serta diketahui hubungan sebab-akibat yang terjadi pada masing-masing waktu pengukuran.

4.1 Hasil Pengamatan Lapangan

Hasil dari pengamatan lapangan berupa hasil pengamatan terhadap kondisi fisik eksisiting bangunan, aktivitas penggunanya, kondisi lingkungan sekitar, serta hasil kinerja penerangan alami di dalam maupun diluar unit Rumah susun Siwalankerto II. Adapun hasil yang didapatkan dari pengamatan lapangan ini adalah data fisik dari eksisting bangunan dan data kinerja penerangan alami dari hasil pengukuran langsung dengan bantuan alat ukur *lux meter*.

4.1.1 Deskripsi Kondisi Eksisting Bangunan

Bangunan yang menjadi subjek utama penelitian adalah salah satu unit di Rumah susun Siwalankerto II. Pemilihan unit berdasarkan kriteria kebutuhan penelitian dimana diperlukan unit di lantai tertinggi bangunan, dalam hal ini unit di lantai 5 Rumah susun Siwalankerto II. Adapun unit tersebut berada di sisi paling ujung, sesuai ketersediaan unit kosong dari pemerintah Kota Surabaya untuk kebutuhan penelitian mahasiswa. Bangunan Rumah susun Siwalankerto II berada di Kota Surabaya yang terletak pada koordinat geografis antara 7,09˚-7,21˚ LS dan 112,36˚-112,54˚ BT. Rumah susun Siwalankerto II berada pada lingkungan lahan kosong di pinggir daerah Siwalankerto, Surabaya Selatan dimana terdapat banyak area lapang yang merupakan kombinasi area hijau dengan sedikit peopohan di sebelah Barat, perkerasan berupa paving dan lapangan di sebelah Timur, terdapat kolam pancing yang sekaligus ternak ikan pada sebelah Utara, dan dilintasi jalan

Tol Waru-Juanda di sebelah Selatan. Orientasi utama (pintu masuk unit) bangunan adalah Selatan, sedangkan orientasi bukaan jendela utama ada pada sisi Utara.

- Detail Fisik Bangunan

  Unit Rumah susun Siwalankerto II merupakan unit rusun tipe double loaded system, dimana terdapat sistem koridor yang melayani unit-unit pada dua sisi bangunan dengan *courtyard* di tengah-tengah seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4. 1 Koridor Rumah susun Siwalankerto II dengan *courtyard*

Sumber : Penulis 2020

Rumah susun Siwalankerto II ini bertipe studio dengan satu kamar mandi dalam dan balkon. Lantai unit rusun ini berupa *ceramic tiles* 40x40 cm dengan motif granit. Pada bagian dinding seluruhnya menggunakan finishing cat berwarna hijau kekuningan. Pada bagian plafon bangunan berupa plafon beton yang *finishing* cat berwarana putih dengan *list* gipsum mengelilingi unit rusun. Desain pintu rangka kayu sederhana dengan finishing lapisan HPL motif kayu berwarna coklat gelap dan jendela aluminium seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Adapun deskripsi jenis dan material bangunan yang digunakan lebih detail dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Gambar 4. 2 Material interior unit rusun Siwalankerto II

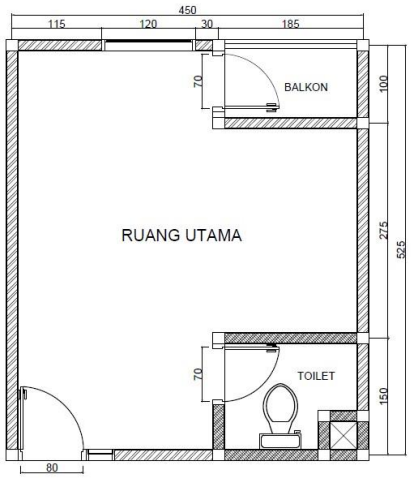
Sumber : Penulis 2020

Tabel 4. 1 Spesifikasi Material Unit Rumah susun Siwalankerto II

Elemen Bangunan	**Jenis Material**	**Warna**	**Reflektansi (Suptandar, 2006)**
Plafon	Cor beton	Cat Putih	70-90%
Lantai	Granit	Putih	20-25%
Dinding	Cor beton	Cat hijau kekuningan	50%
Pintu	HPL motif kayu	Cokelat gelap	6-12%
Jendela	Kaca bening	Bening/ transparan	20-80%
	Aluminium	Abu-abu	55-58%

Sumber : Penulis 2020

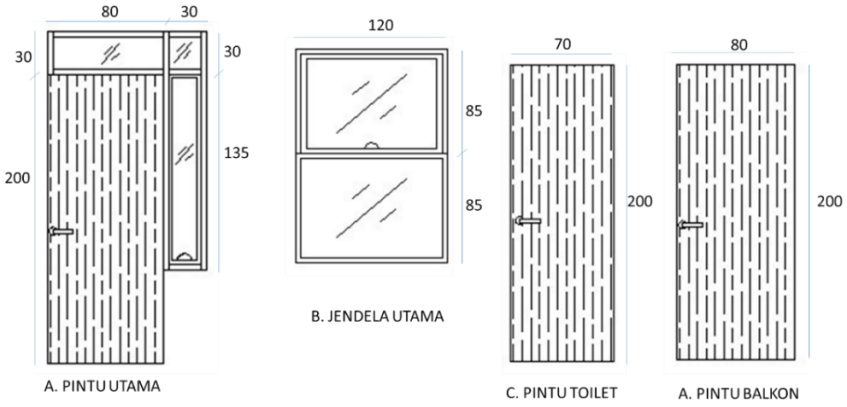
Material juga berperan dalam pendistribusian penerangan alami karena jika tujuannya adalah mengurangi sinar matahari langsung maka permukaan material dengan reflektansi tinggi diperlukan sehingga sebagian besar sinar matahari yang menimpa dipantulkan dan hanya sebagian kecil yang akan diserap dan di distirbusikan secara merata (Yao dkk, 2014). Penggunaan cat putih memberikan reflektansi yang cukup, namun perlu ditingkatkan *treatment* pada jendela utama. Hasil pengamatan lapangan yang dilakukan oleh penulis bahwa Rumah susun Siwalankerto II memiliki denah ruang seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Denah Ruang Siwalankerto II

Sumber : Penulis 2020

Denah ruang Rumah susun Siwalankerto II memiliki pembagian area sangat sederhana karena merupakan tipe studio, yakni terdiri dari ruang utama, toilet, dan balkon. Adapun jenis bukaan pada unit rusun Siwalankerto II ini terdiri dari tiga pintu yang memiliki dimensi berbeda, yakni pintu utama memiliki dimensi 80x200cm, serta pintu toilet dan pintu balkon yang memiliki dimensi sama yakni 70x200cm. Jendela utama pada unit rusun ini adalah jendela aluminium di ketinggian 65cm dari lantai dengan total dimensi 120x170cm. Jendela utama terbagi dua yakni jendela hidup pada bagian atas dan jendela mati pada bagian bawah dengan dimensi yang sama rata masing-masing 120x85cm. detail dimensi dan bukaan rumah susun Siwalankerto II dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Bentuk Bukaan dan Dimensinya pada rusun Siwalankerto II

Sumber : Penulis 2020

4.2 Hasil Pengamatan dan Pengukuran Lapangan

4.2.1 Analisis Kuantitas dan Distribusi Penerangan Alami dalam Unit Rumah susun Siwalankerto II

Analisa penerangan alami dilakukan dengan cara melihat data nilai-nilai iluminan dan *daylight factor* (DF) yang dihasilkan ruangan dari proses pengukuran lapangan. Data tersebut nantinya akan dilihat bagaimana distribusi penerangan alami pada eksisting bangunan.

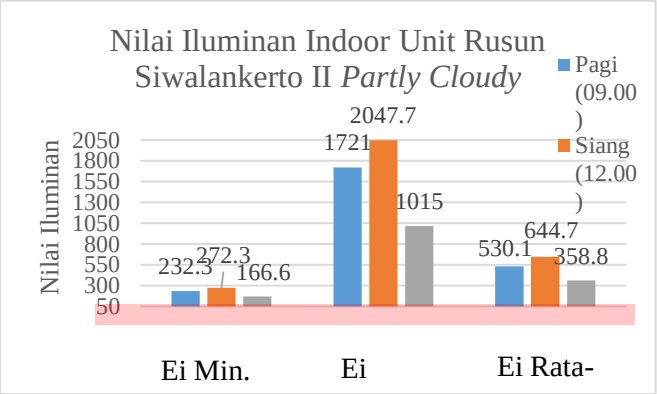
Nilai iluminan yang dihasilkan dari jendela utama unit rusun Siwalankerto II bervariasi dengan nilai rata-rata *indoor* sekitar 358.8 - 644.8 lux. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 tentang perbandingan rata-rata nilai iluminan dengan standar penerangan alami rumah tinggal (SNI:2001 Penerangan Rumah Tinggal).

Tabel 4. 2 Perbandingan Rata-rata Nilai Iluminan dengan Standar Penerangan Alami Rumah Tinggal

Pengukuran	Tipe Langit	Waktu	Nilai Iluminan Minimum	Nilai Iluminan Maksimum	Rata-rata Iluminan pada Bidang Kerja	SNI :2001 Penerangan Alami Rumah Tinggal (120-350 *lux*)
Indoor	*Partly cloudy*	Pagi (09.00)	232.3	1721.0	530.1	Sebagian memenuhi
		Siang (12.00)	272.3	2047.7	644.8	Sebagian memenuhi
		Sore (15.00)	166.6	1015.0	358.8	Sebagian memenuhi
	Overcast	Pagi (09.00)	104.6	791.2	252.8	Sebagian memenuhi
		Siang (12.00)	260.0	1206.6	610.8	Sebagian memenuhi
		Sore (15.00)	158.7	1661.8	414.2	x (tidak memenuhi)
Outdoor	*Partly cloudy*	Pagi (09.00)	35753.6	84033.3	50001.2	-
		Siang (12.00)	106433.3	470333.6	145112.1	-
		Sore (15.00)	78641.4	102110.1	90387.8	-
	Overcast	Pagi (09.00)	49978.0	54211.3	51680.4	-
		Siang (12.00)	19890.3	32678.0	26686.6	-
		Sore (15.00)	17111.1	32778.0	27348.7	-

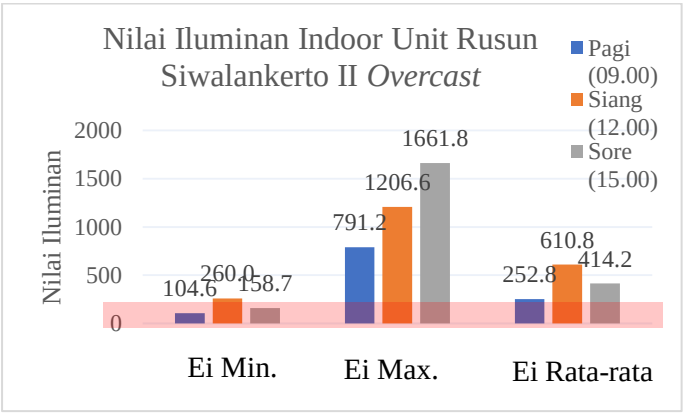
Sumber : Penulis 2020

Nilai iluminan yang dihasilkan dari pengukuran di dua kondisi langit yang berbeda dan tiga waktu yang berbeda memiliki perbedaan yang cukup jauh antara nilai minimum dan nilai maksimum. Pada kondisi langit *partly cloudy* didapati nilai iluminan minimum berada di waktu sore hari sebesar 166.6 lux. Sebaliknya, pada kondisi langit *overcast* nilai iluminan minimum berada di waktu pagi hari sebesar 104.6 lux. Nilai iluminan minimum tertinggi di kondisi dua langit dan tiga waktu berbeda sama-sama pada waktu siang hari masing-masing sebesar 272.3 dan 260 lux. Adapun pengukuran iluminan outdoor juga dilakukan sesuai dengan titik pengukuran indoor dan dilaksanakan bersamaan dengan tujuan keakuratan. Selain itu pengukuran outdoor berfungsi untuk menghitung nilai *daylight factor* (DF) yang akan dibahas selanjutnya.



Gambar 4. 5 Grafik Nilai Iluminan Indoor (Ei) Hasil Pengukuran Langsung Rusun Siwalankerto II *Partly cloudy*

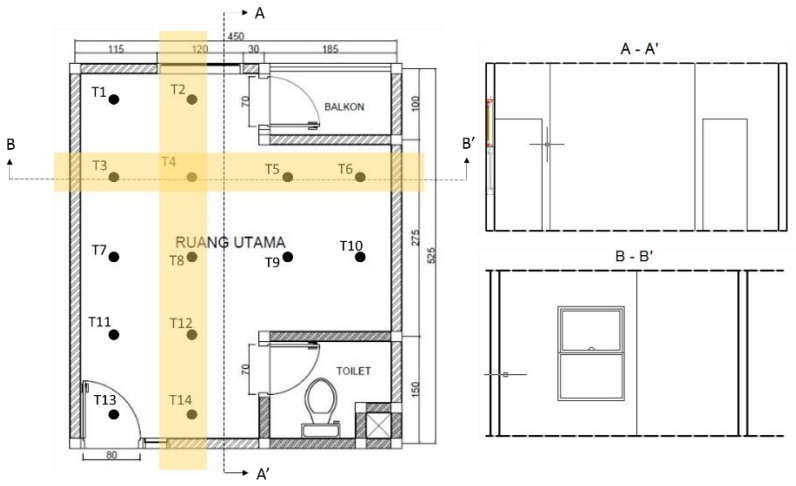
Sumber : Penulis 2020



Gambar 4. 6 Grafik Nilai Iluminan Indoor (Ei) Hasil Pengukuran Langsung Rusun Siwalankerto II *Overcast*

Sumber : Penulis 2020

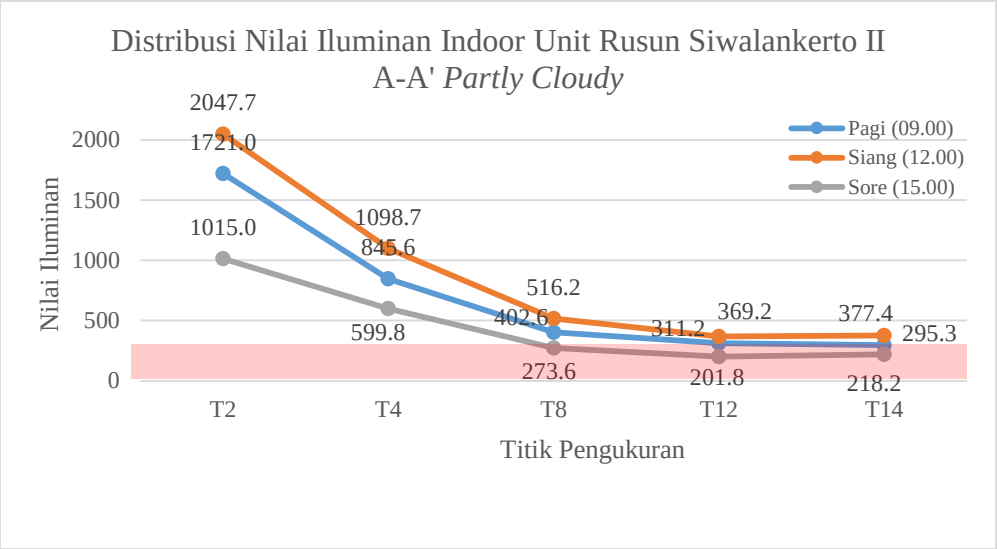
Grafik nilai iluminan indoor antara kondisi langit partly cloudy dan overcast memiliki perbedaan yang cukup signifikan pada nilai maksimum (Ei Max). pada kondisi langit *partly cloudy* nilai maksimum terendah berada di waktu sore hari sebesar 1015 lux, sedangkan di kondisi langit *overcast* waktu sore hari merupakan nilai maksimum tertinggi yakni sebesar 1661.8 lux. Kemudian nilai rata-rata iluminan pada bidang kerja hampir keseluruhan tidak memenuhi standar penerangan alami SNI:2001, hanya di kondisi langit *overcast* waktu pagi hari yang memenuhi standar yakni sebesar 252.8 lux. Pada Gambar 4.7 di bawah dapat diketahui bahwa titik ukur utama dilihat dari potongan A-A' yakni T2, T4, T8, T12, dan T14 yang mewakili arah masuknya penerangan alami dari jendela utama. Sedangkan titik ukur samping dilihat dari potongan B-B', yakni T3, T4, T5, dan T6.



Gambar 4. 7 Informasi Titik Pengukuran dan Potongan Unit Rusun Siwalankerto II

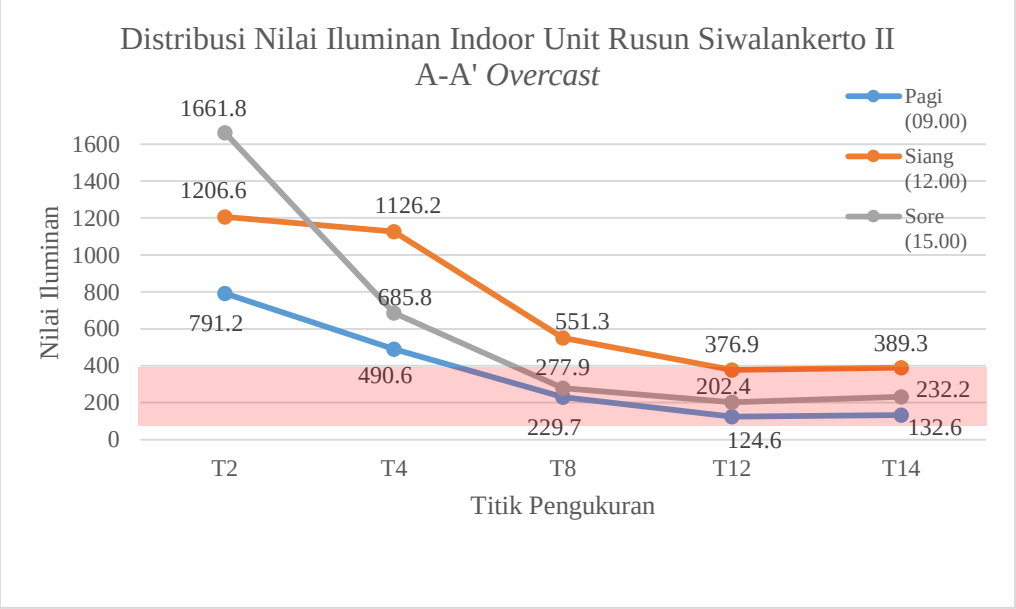
Sumber : Penulis 2020

Penggunaan titik ukur dalam penelitian ini mengacu pada SNI No.03-2396-2001 dimana faktor langit perlu diukur menggunakan titik ukur utama dan titik ukur samping. Hal ini digunakan bila pengukuran dilakukan diruangan kosong tanpa furniture, sedangkan bila menggunakan furnitur dapat dilakukan pengukuran pada bidang-bidang jatuhnya seperti meja, atau pada layar laptop, dengan melihat intensitas cahayanya seperti yang diteliti Brennan (2015).



Gambar 4. 8 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Partly cloudy*

Sumber : Penulis 2020

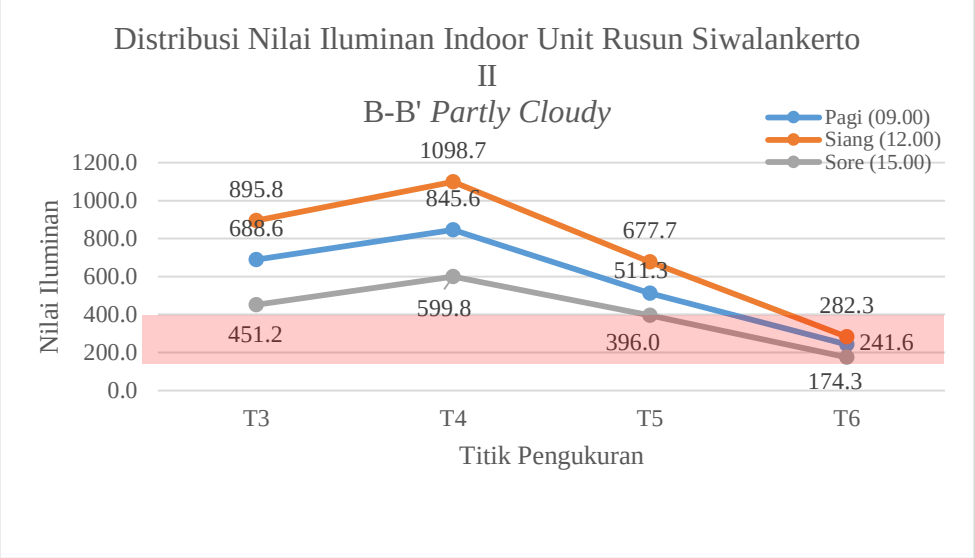


Gambar 4. 9 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Overcast*

Sumber : Penulis 2020

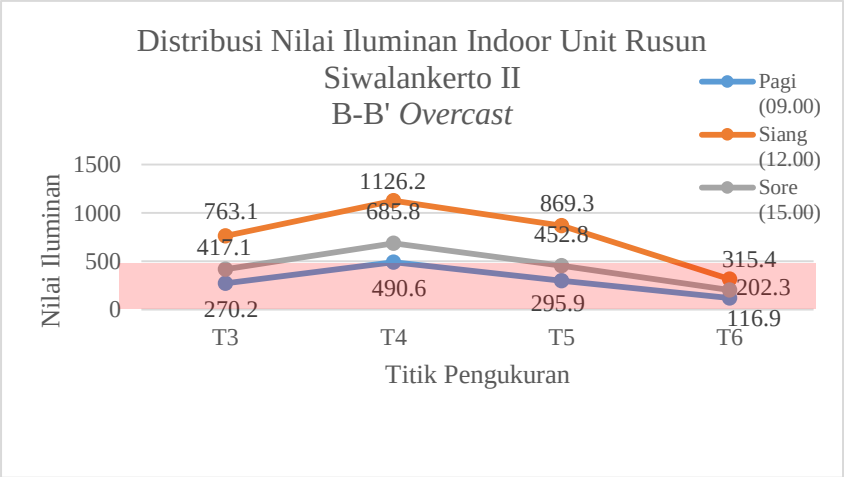
Distribusi nilai iluminan indoor unit rusun Siwalankerto II pada potongan A-A' di kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast* memiliki perbdeaan yang cukup jauh. Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa di tiga waktu berbeda grafik terlihat serupa hanya berbeda nilai. Grafik terjadi anjlok yang cukup signifikan dari titik yang paling dekat jendela utama (T2) ke titik terjauh (T14). Fenomena ini agaknya sesuai

dengan teori Lechner (2015) bahwa semakin jauh dari bukaan maka nilai iluminan semakin menurun sedangkan semakin dekat dengan bukaan nilai iluminan semakin tinggi. Pada Gambar 4.8 distribusi penerangan alami di kondisi *partly cloudy* yang paling merata adalah saat sore hari dimana grafik cenderung landai dan terdapat tiga titik (T8, T12, T14) yang memenuhi standar iluminan penerangan alami rumah tinggal. Sedangkan pada Gambar 4.9 fluktuasi di kondisi langit *overcast* terjadi cukup signifikan dimana grafik paling bergejolak (distribusi) tidak merata terjadi di sore hari. Pada kondisi langit ini sore hari juga memiliki nilai iluminan tertnggi pada titik ukur potongan A-A' yakni 1661.8 lux. Hal ini serupa dengan yang dialami Freewan (2014) dimana eksperimen beliau tentang *shading device* di negara subtropics juga mengalami nilai iluminan tertinggi di sore hari, bahkan pada periode sepanjang tahun. Sedangkan distribusi paling merata terjadi di pagi hari dibuktikan dengan grafik yang landai dan tiga titik ukur (T8, T12, T14) memenuhi standar penerangan alami rumah tinggal.



Gambar 4. 10 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy*

Sumber : Penulis 2020



Gambar 4. 11 Distribusi Nilai Iluminan Indoor Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast*

Sumber : Penulis 2020

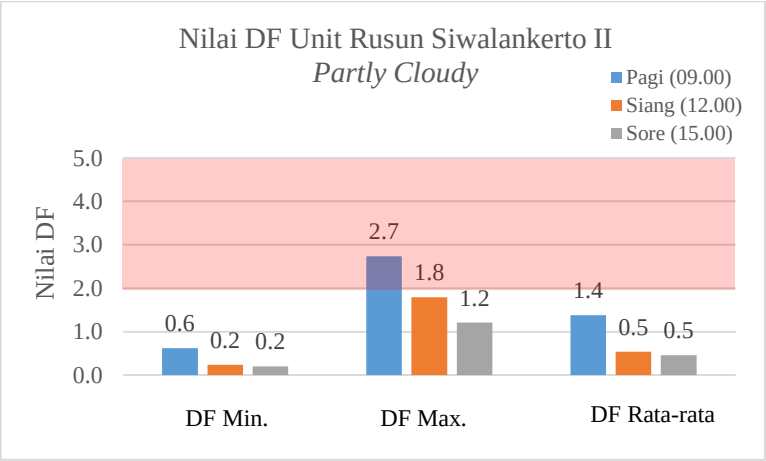
Pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat bahwa distribusi nilai iluminan indoor unit rusun Siwalankerto II di kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast* memiliki perbedaan. Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat bahwa di tiga waktu berbeda grafik terlihat serupa hanya berbeda nilai. Grafik terjadi anjlok yang cukup signifikan pada kondisi langit *partly cloudy* dari titik yang paling dekat jendela utama (T3) ke titik terjauh (T6). Hal ini dapat disebabkan karena T3 berada dekat dengan jendela utama, sedangkan T6 berada jauh dari jendela utama dan tertutup dinding balkon tanpa bukaan. Namun, pada langit *overcast* walaupun serupa tetapi grafik lebih landai, sehingga pada waktu pagi hari terapat dua titik (T3 dan T5) yang memenuhi standar iluminan penerangan alami rumah tinggal.

Tabel 4. 3 Perbandingan Rata-rata *Daylight Factor (DF)* dengan Standar Penerangan Alami Rumah Tinggal

Tipe Langit	Waktu	Nilai DF Minimum	Nilai DF Maksimum	Rata-rata DF pada Bidang Kerja	Standar Penerangan Alami Rumah Tinggal 2%-5% (Mehdizadeh, 2014)
Partly cloudy	Pagi (09.00)	0.6	2.7	1.4	Sebagian memenuhi
	Siang (12.00)	0.2	1.8	0.5	x (tidak memenuhi)
	Sore (15.00)	0.2	1.2	0.5	x (tidak memenuhi)
Overcast	Pagi (09.00)	0.5	3.3	1.2	Sebagian memenuhi
	Siang (12.00)	1.7	7.6	3.7	Sebagian memenuhi
	Sore (15.00)	0.7	7.0	1.8	x (tidak memenuhi)

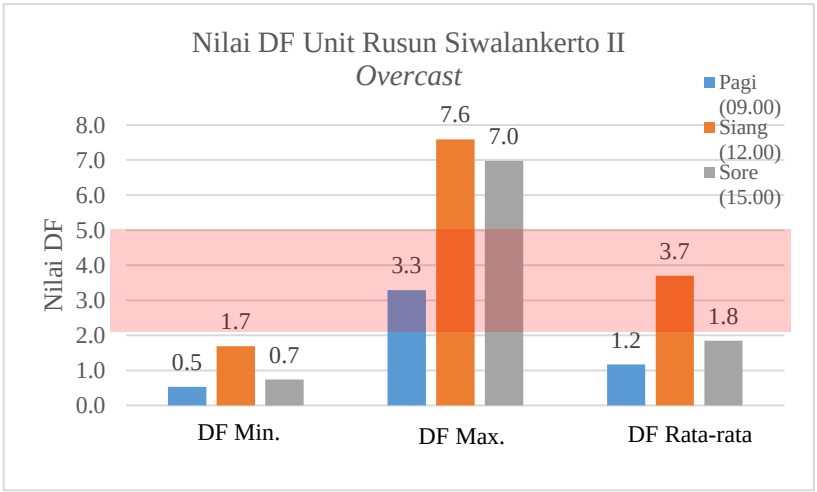
Sumber : Penulis 2020

Selanjutnya, berdasarkan Tabel 4.3 nilai DF yang dihasilkan dari pengukuran kondisi *langit partly cloudy* tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan, dan hanya pada waktu pagi hari nilai DF maksimum memenuhi standar DF penerangan alami yakni sebesar 2.7%. Sedangkan pada kondisi langit *overcast*, rata-rata DF pada bidang kerja di siang hari memenuhi standar nilai DF sebesar 3.7%. mayoritas nilai DF di kondisi langit *partly cloudy* berada dibawah standar, sebaliknya di kondisi langit *overcast* terdapat nilai-nilai DF berada diatas standar DF ruamh tinggal.



Gambar 4. 12 Distribusi Nilai DF *Indoor* Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy*

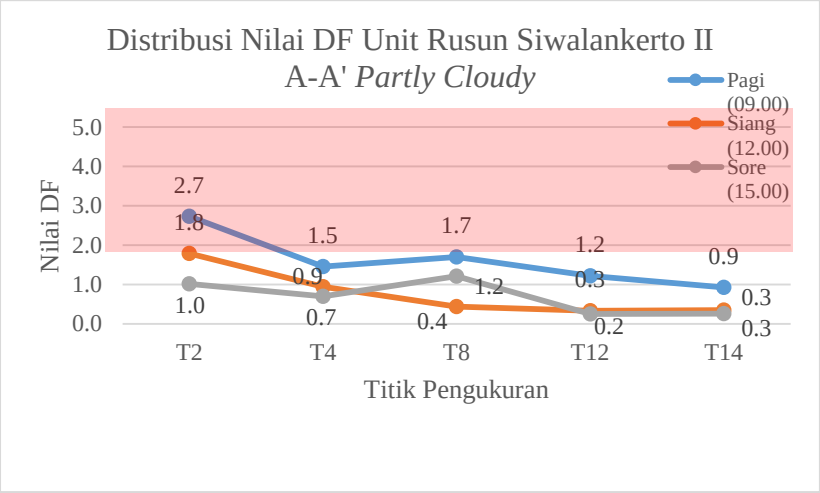
Sumber : Penulis 2020



Gambar 4. 13 Distribusi Nilai DF *Indoor* Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast*

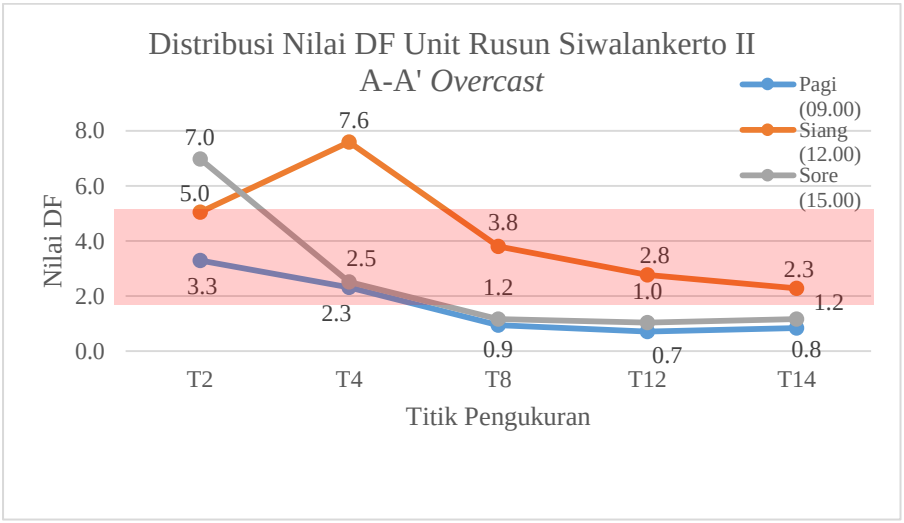
Sumber : Penulis 2020

Sama halnya dengan nilai iluminan, fluktuasi nilai DF antara kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast* memiliki perbedaan yang cukup signifikan pada nilai maksimum. pada kondisi langit partly cloudy (Gambar 4.12) nilai maksimum terendah berada di waktu sore hari sebesar 1.2% dimana nilai tersebut juga dibawah standar DF, sedangkan di kondisi langit *overcast* (Gambar 4.13) waktu pagi hari memiliki nilai maksimum terendah, yakni sebesar 3.3%. Kemudian nilai rata-rata DF pada bidang kerja hampir keseluruhan tidak memenuhi standar DF, hanya di kondisi langit overcast waktu siang hari yang memenuhi standar yakni sebesar 3.7%.



Gambar 4. 14 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Partly cloudy*

Sumber : Penulis 2020

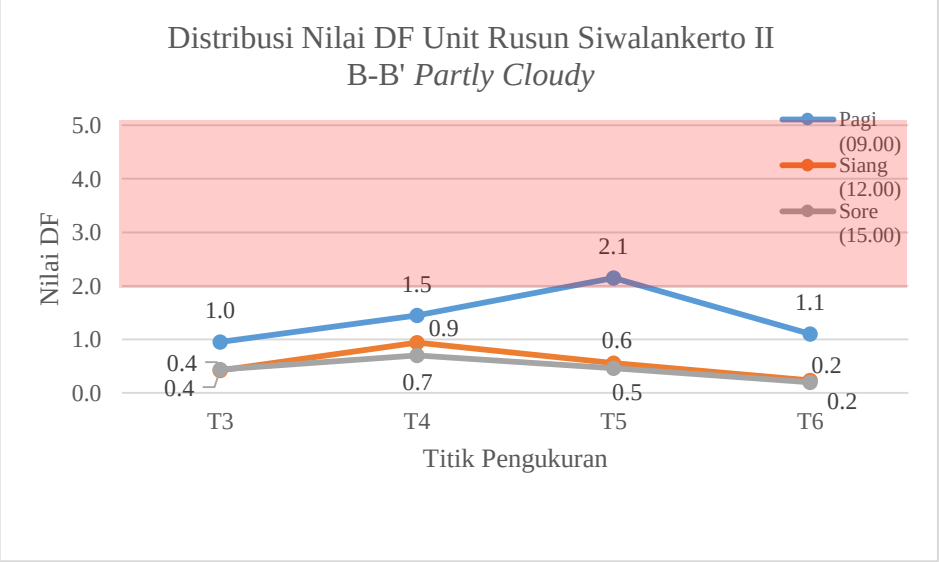


Gambar 4. 15 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II A-A' *Overcast*

Sumber : Penulis 2020

Seperti halnya dengan hasil pengukuran nilai iluminan, Gambar 4.7 juga menjadi pedoman titik pengukuran *daylight factor* (DF). Distribusi nilai DF unit rusun Siwalankerto II pada potongan A-A' di kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast* memiliki perbdeaan yang cukup jauh. Pada Gambar 4.14 terlihat bahwa di tiga waktu berbeda grafik terlihat landai yang memiliki arti distribusi penerangan alami merata. Namun perlu diperhatikan seluruh nilai DF pada titik ukur tersebut tidak memenuhi standar DF, kecuali di titik T2 waktu pagi hari yakni 2.7%. Sedangkan pada Gambar 4.15 walaupun fluktuasi di kondisi langit overcast terjadi cukup signifikan dimana grafik paling bergejolak (distribusi) tidak merata, namun terdapat titik ukur yang memenuhi standar DF dan waktu siang hari memiliki titik ukur yang memenuhi standar terbanyak masing-masing T8 sebesar 3.8%, T12 2.8%, dan T14 2.3%.

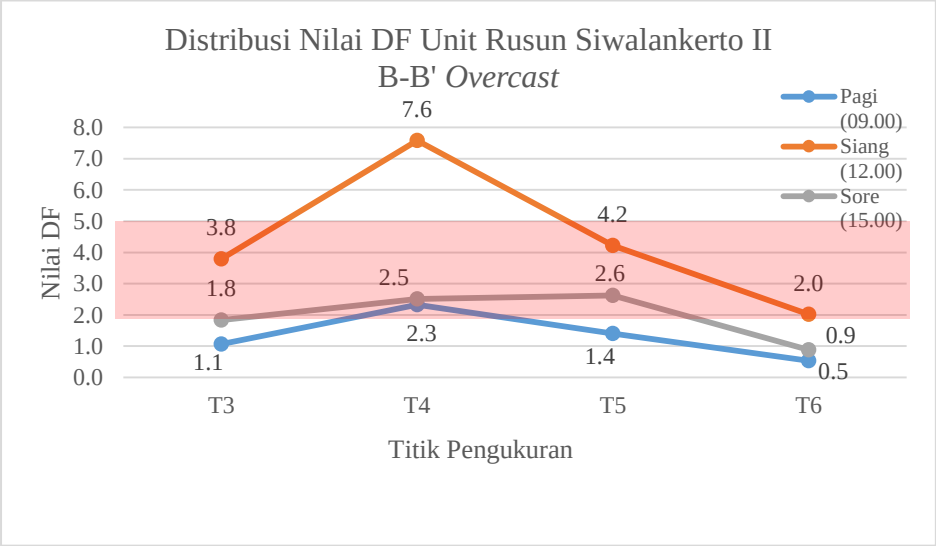
Pada Gambar 4.16 terlihat bahwa distribusi nilai DF unit rusun Siwalankerto II di kondisi langit partly cloudy yang tampak pada potongan B-B' bahwa semua titik ukur berada dibawah standar DF, kecuali di titik T5 waktu pagi hari yakni sebesar 2.7%. Hal ini dapat disebabkan karena pergerakan matahari dimana pada pagi hari matahari berada di sebelah Timur yang mendekati titik T5.



Gambar 4. 16 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Partly cloudy*

Sumber : Penulis 2020

Gambar 4.17 terlihat bahwa distribusi nilai DF unit rusun Siwalankerto II di kondisi langit partly cloudy dan overcast memiliki perbedaan. Grafik distribusi DF yang tampak pada Gambar 4.16 potongan B-B' kondisi langit partly cloudy di semua titik ukur berada dibawah standar DF, kecuali di titik T5 waktu pagi hari yakni sebesar 2.7%. Hal ini dapat disebabkan karena pergerakan matahari dimana pada pagi hari matahari berada di sebelah Timur yang mendekati titik T5. Sedangkan pada kondisi langit overcast Gambar 4.17 terlihat penerangan alami di beberapa titik ukur memenuhi standar DF, dengan grafik paling landai di waktu sore hari. Namun, walaupun di waktu siang hari grafik cukup fluktuatif, grafik siang hari memiliki titik ukur terbanyak yang memenuhi standar DF, yakni T3 3.8%, T5 4.2%, dan T6 2%. Keseluruhan data ini dapat dilihat pada Lampiran 1-12.



Gambar 4. 17 Distribusi Nilai DF Unit Rusun Siwalankerto II B-B' *Overcast*

Sumber : Penulis 2020

4.3 Kesimpulan Hasil Pengamatan Lapangan

Berdasarkan pengamatan dan pembahasan hasil penelitian lapangan didapatkan kesimpulan dari pengamatan yang berhubungan dengan kinerja penerangan alami yang dihasilkan melalui jendela utama unit Rumah susun Siwalankerto 2, yaitu :

- Hasil nilai iluminan pada ruang utama unit Rumah susun Siwalankerto II menunjukkan distribusi penerangan alami yang tidak merata, sehingga terjadi

anjlok antara area yang dekat dengan bukaan utama cenderung sangat terang dengan area yang jauh dari bukaan utama cenderung gelap. Bila dibandingkan dengan standar sebagian memenuhi dan sebagian tidak.

- Hasil nilai *daylight factor* (DF) pada ruang utama utama unit Rumah susun Siwalankerto II juga menunjukkan distribusi penerangan alami yang cenderung tidak merata dan hanya sebagian yang memenuhi standar rentang DF.
- Kuantitas penerangan alami di dalam ruang juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti orientasi bangunan, adanya obstruksi berupa pepohonan di sisi Barat, adanya area lapang dengan perkerasan di sisi Timur, dan adanya refleksi air dari kolam pancing di sisi Utara bangunan. Selain itu ruang utama sebelah kanan yang diapit dinding balkon dan toilet dengan tidak ada bukaan juga mempengaruhi kuantitas penerangan alami di dalam ruang.
- Kondisi kubah langit dan kedudukan posisi *solar altitude* (pergerakan matahari) terhadap bukaan menghasilkan fluktuasi nilai iluminan dan *daylight factor* (DF) dalam ruangan.
- Selama pengambilan data lapangan dijumpai bahwa nilai iluminan stabil pada pagi hari, meningkat di siang hari dan menurun pada sore hari di kondisi langit *partly cloudy*. Sedangkan di kondisi *overcast* nilai iluminan stabil di siang hari, meningkat di sore hari, dan menurun di pagi hari.
- Selama pengambilan data lapangan dijumpai bahwa nilai DF pada kedua kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast* stabil di pagi hari, sedangkan siang dan sore hari cenderung menurun di kondisi langit *partly cloudy*, dan cenderung naik di kondisi langit *overcast*.

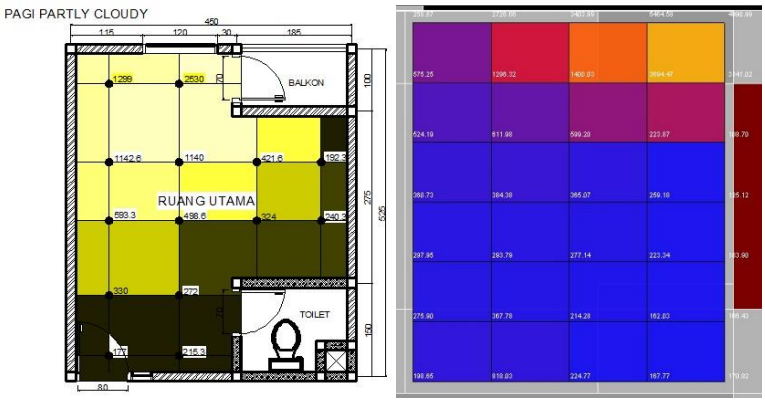
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
ANALISIS DAN HASIL SIMULASI

Berdasarkan hasil pengamatan eksisting pada bab 4 diketahui bahwa secara keseluruhan bukaan utama kurang mengakomodasi kinerja penerangan alami dalam unit Rumah susun Siwalankerto II. Kondisi tidak meratanya distribusi penerangan alami menjadi faktor utama kurangnya kinerja penerangan alami pada unit rusun sehingga terjadi anjlok nilai iluminan pada area yang jauh dari bukaan utama. Oleh karena itu dilakukan simulasi elemen penunjang kinerja alami pada unit rusun berupa *movable louvers*. Simulasi dilakukan sebagai langkah pemilihan desain awal geometri louvers yang diusulkan, lalu dipilih geometri yang memberikan kinerja penerangan alami yang paling optimal untuk selanjutnya di analisis hasilnya terhadap kinerja penerangan alami rusun.

5.1 Verifikasi Hasil Simulasi Komputer

Proses verifikasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kesesuaian data hasil dari pengukuran lapangan dengan hasil simulasi komputer yang dilakukan dengan *Software Ecotect Analysis 2011*. Verifikasi berupa hasil analisa korelasi, yakni mengetahui ada tidaknya hubungan antara hasil nilai iluminan pada pengukuran lapangan dengan nilai iluminan pada simulasi komputer. Pengukuran lapangan pada kondisi langit partly cloudy pukul 09.00 diambil sebagai sampel analisa korelasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 13-19.

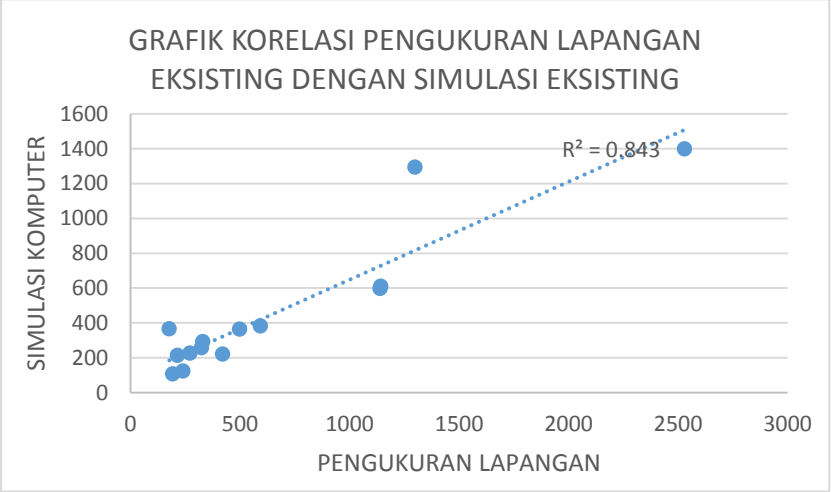


(a) (b)

Gambar 5. 1 Grid Kontur Penerangan Alami pada Pengukuran Lapangan (a) dan Simulasi Komputer (b)

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan hasil analisa korelasi pada Gambar 5.2 didapatkan kurva yang naik mengarah ke kanan dimana berarti positif dengan nilai $R^2 = 0.8$ yang berarti mendekati 1. Hasil ini menunjukkan bahwa antara pengukuran lapangan dengan simulasi komputer memiliki hubungan searah yang positif atau dapat dikatakan memiliki kesesuaian.

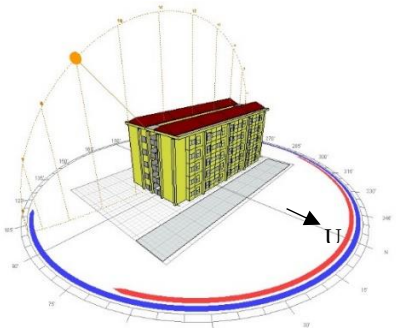


Gambar 5. 2 Grafik Korelasi Pengukuran Lapangan Eksisting dengan Simulasi Eksisting

Sumber : Penulis, 2020

5.1.1 Deskripsi Bangunan pada Simulasi Komputer

Bangunan rumah susun pada simulasi *Ecotect Analysis 2011* dibangun menyesuaikan pada kondisi asli eksisting dan dibuat semirip mungkin dimana unit yang dijadikan eksperimen berada pada lantai 5 dan jendela utama menghadap Utara seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Simulasi Bangunan Eksisting dengan *Sunpath* Pukul 09.00

Sumber : Penulis, 2020

Dimensi pintu utama 80x200cm, pintu toilet dan pintu balkon 70x200cm. Jendela utama 65cm dari permukaan lantai dengan dimensi 120x170cm sesuai pada pengukuran lapangan. Pada interior unit rusun yang dijadikan ruang eksperimen diberi material sesuai eksisting yakni dinding cat berwarna hijau kekuningan, plafon berwarna putih, lantai *ceramic tiles* motif marmer, dan pintu bermaterial kayu. Pada orientasi Utara terdapat kolam pancing dimana pada software disimulasikan dengan material air. Pada blok Rumah susun Siwalankerto II bertipe *double loaded* dengan adanya area servis pribadi berupa koridor masing-masing sisi, dan terdapat *courtyard* di tengah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.

Gambar 5. 4 Dari Kiri Tampak Depan, Tampak Perspektif, Tampak Samping, dan Tampak Atas Simulasi Bangunan Eksisting

Sumber : Penulis, 2020

Selanjutnya, setelah dilakukan permodelan pada *Software Ecotect Analysis* 2011 kemudian dilakukan *setting* berupa pemberian data iklim. Data iklim yang

dipakai adalah Data Iklim 2017 Juanda, Kota Surabaya seperti *input* pada gambar 5.5.

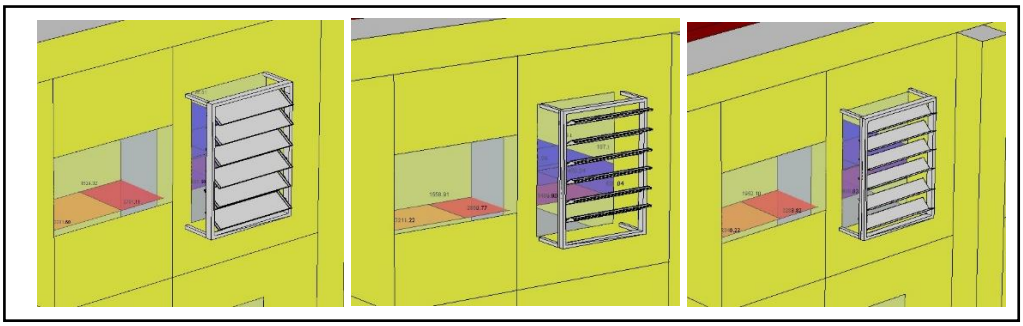
Gambar 5. 5 Input Data Iklim Surabaya 2017 pada *Ecotect Analysis 2011*

Sumber : Penulis, 2020

Kemudian dilakukan simulasi kinerja penerangan alami dengan hasil berupa tampilan grid kontur distribusi penerangan alami dengan bantuan *plug-in Dekstop Radiance 1.02* sesuai ketentuan variabel, yakni waktu pengukuran dan kondisi langit.

5.1.2 Deskripsi Variabel Geometri *Movable Louvers* pada Simulasi Komputer

Variabel geometri *movable louvers* yang diujikan seperti yang dijelaskan pada sub bab variabel penelitian. Dimensi *frame louvers* menggunakan rangka *hollow* aluminium 4cm dan berdimensi sesuai jendela utama *louvers* dengan *offset*/ jorokan keluar 50cm. Hal ini berfungsi untuk memberi ruang ketika jendela hidup dibuka. Dimensi kisi louvers yakni 120x30cm sama pada semua variabel. Pemasangan variabel pada eksterior jendela utama unit rusun seperti pada Gambar 5.6.



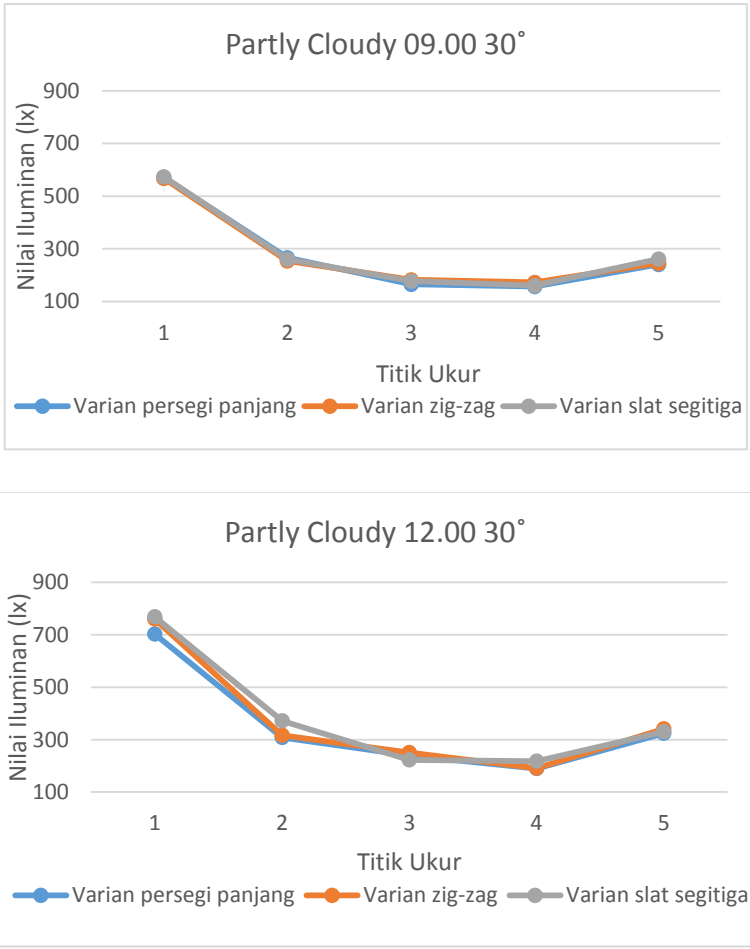
Gambar 5. 6 Pemasangan Variabel Bebas dari kiri Variabel 1, Variabel 2, Variabel 3

Sumber :Penulis, 2020

5.2 Analisis Nilai Iluminan Variabel Geometri Movable Louvers terhadap Peningkatan Kinerja Penerangan Alami pada unit Rusun Siwalankerto II

Analisa penerangan alami dilakukan dengan cara melihat data nilai-nilai iluminan yang dihasilkan ruangan dari proses simulasi tiap-tiap variabel. Data tersebut nantinya akan dilihat bagaimana distribusi penerangan alami pada interior unit bangunan. Setelah melakukan simulasi penerangan alami dengan grid terlihat hasil distribusi penerangan alami pada unit bangunan.

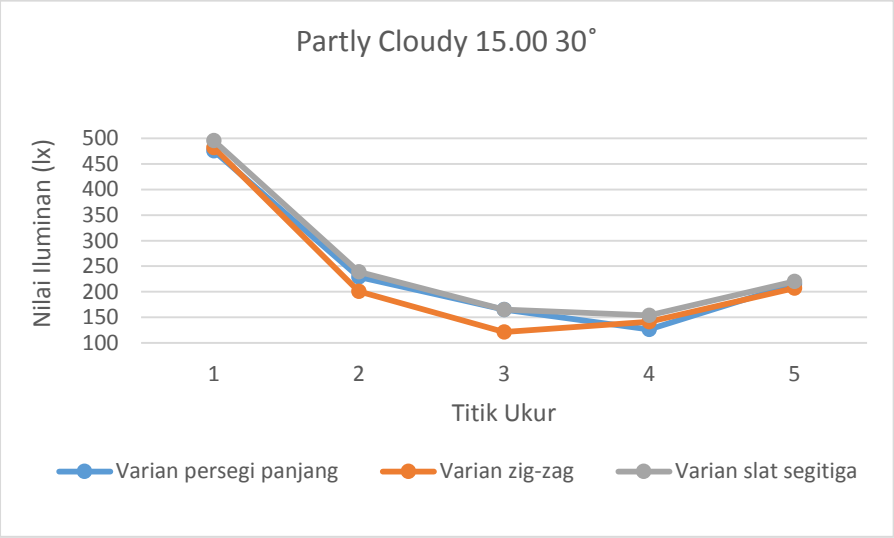
Pertama, analisa dilakukan pada kondisi langit *partly cloudy* dengan ketiga variabel geometri *louvers* (varian persegi panjang, varian zig-zag, dan varian slat segitiga) pada rotasi sudut 30˚, seperti yang terlihat pada Gambar 5.7



Gambar 5. 7 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 30˚ pada Kondisi Langit Partly cloudy pukul 09.00 dan 12.00

Sumber : Penulis, 2020

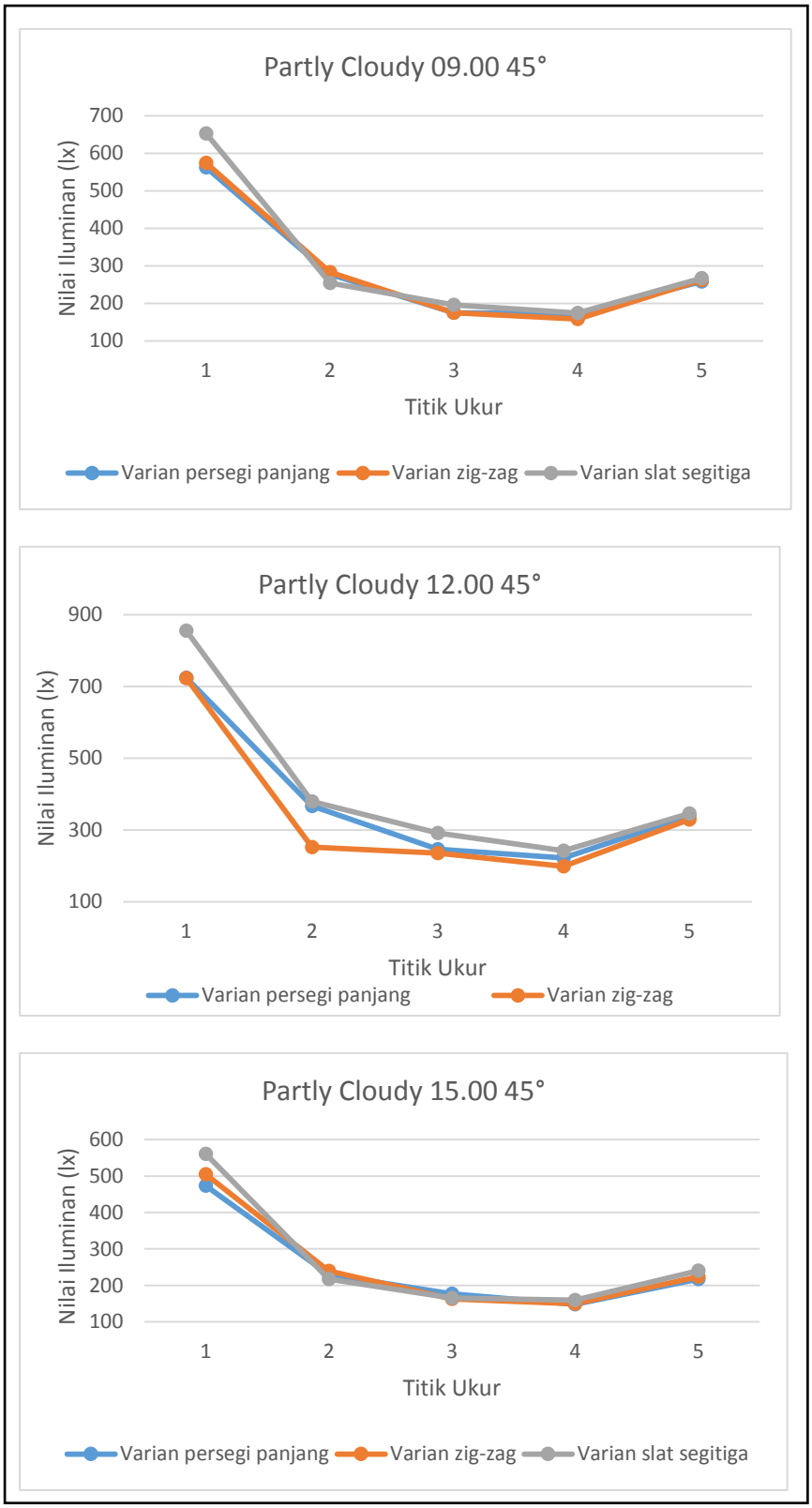
Pada kedua tersebut menunjukkan perbedaan hasil kinerja penerangan alami dari masing-masing variabel geometri *louvers*. Berdasarkan kurva tersebut, baik pukul 09.00 dan pukul 12.00 varian zig-zag menunjukkan hasil kurva yang landai yang tidak terlalu turun drastis, dengan begitu pada kondisi ini diketahui bahwa varian zig-zag merupakan geometri *louvers* yang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa varian zig-zag unggul pada pagi dan siang hari di tipe langit *partly cloudy*. Berbeda dengan penelitian Sherif dkk. (2014) yang meneliti geometri kisi *louvers* pada tipe langit *clear sky* di iklim hot arid, bahwa geometri louvers persegi panjang memberikan hasil yang optimal dibanding geometri lengkung/kurva. Hal ini juga menunjukkan bahwa tipe langit berpengaruh pada penerangan alami yang dihasilkan dari geometri *louvers*.



Gambar 5. 8 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 30˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 15.00

Sumber : Penulis, 2020

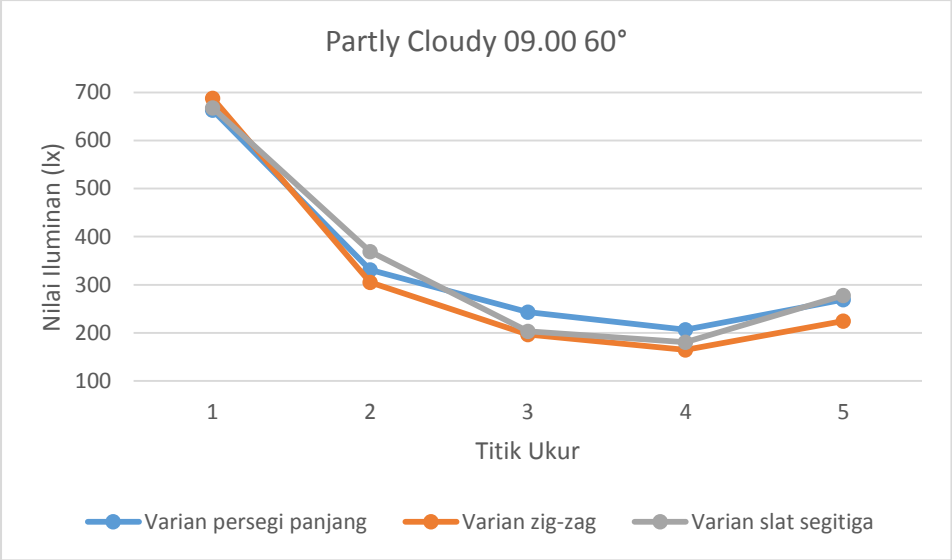
Berbeda dengan pukul 09.00 dan pukul 12.00, pada pukul 15.00 (Gambar 4.8) terlihat bahwa hasil kurva kinerja penerangan alami yang landai adalah varian persegi panjang. Hal ini disebabkan karena sore hari membutuhkan sinar matahari lebih banyak, sedangkan varian persegi panjang memberikan bidang pantul pada kondisi langit tersebut. Namun secara keseluruhan pada kondisi langit *partly cloudy* geometri *movable louvers* pada rotasi 30˚ yang paling optimal adalah varian zig-zag.



Gambar 5. 9 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 45˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 09.00, 12.00, dan 15.00

Sumber : Penulis, 2020

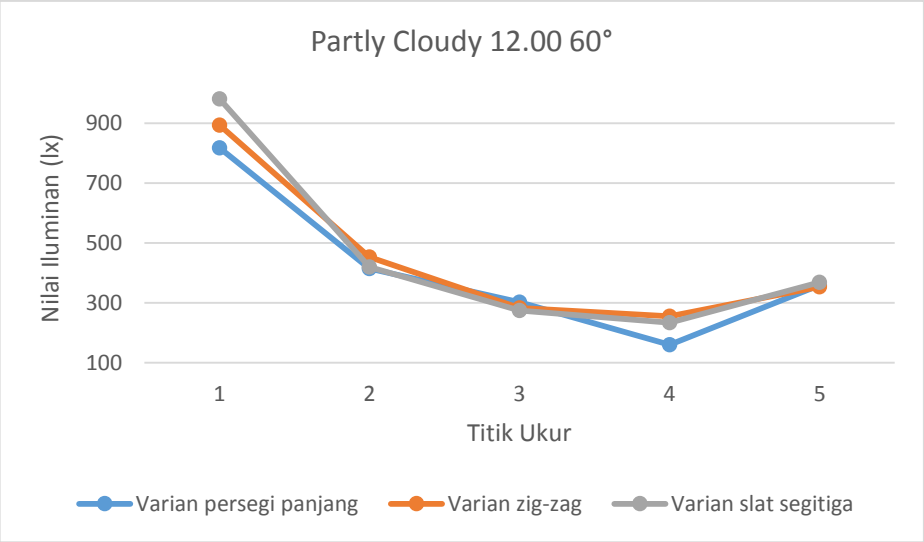
Hasil yang berbeda kembali ditunjukkan pada geometri *louvers* dengan rotasi 45˚ keadaan langit *partly cloudy* (Gambar 5.9) dimana pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 varian persegi panjang memberikan hasil kurva kinerja penerangan alami yang landai atau cenderung stabil, kemudian disusul varian zig-zag.

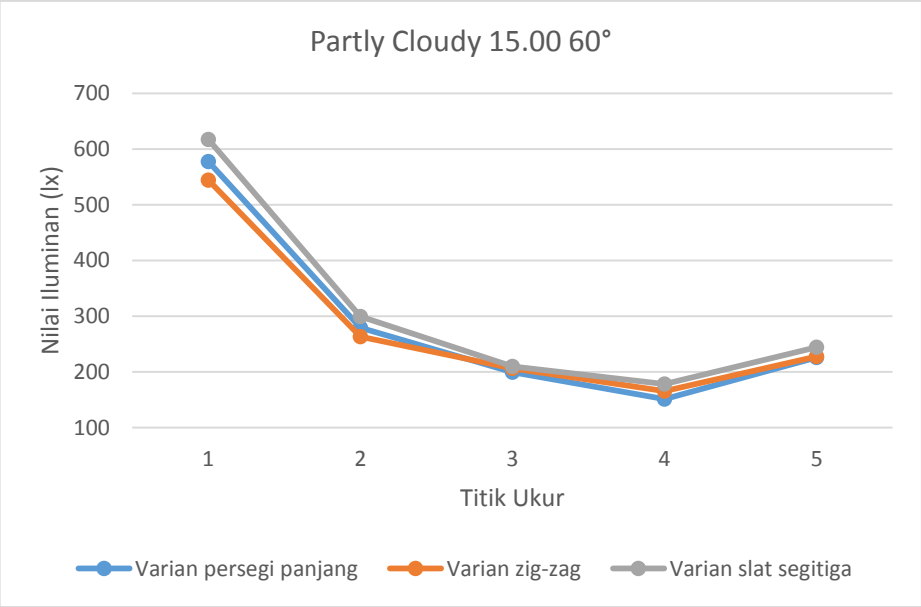


Gambar 5. 10 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 60˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 09.00

Sumber : Penulis, 2020

Pada geometri *louvers* rotasi 60˚ keadaan langit *partly cloudy* pukul 09.00 menunjukkan bahwa varian persegi panjang memberikan hasil kurva kinerja penerangan alami yang landai atau cenderung stabil, kemudian disusul varian zig-zag. Namun hal yang berbeda terjadi pada pukul 12.00 dan 15.00 (Lihat Gambar 5.11) dimana varian zig-zag lebih unggul, sehingga secara keseluruhan pada rotasi 60˚ tipe geometri *louvers* varian zig-zag lebih direkomendasikan.



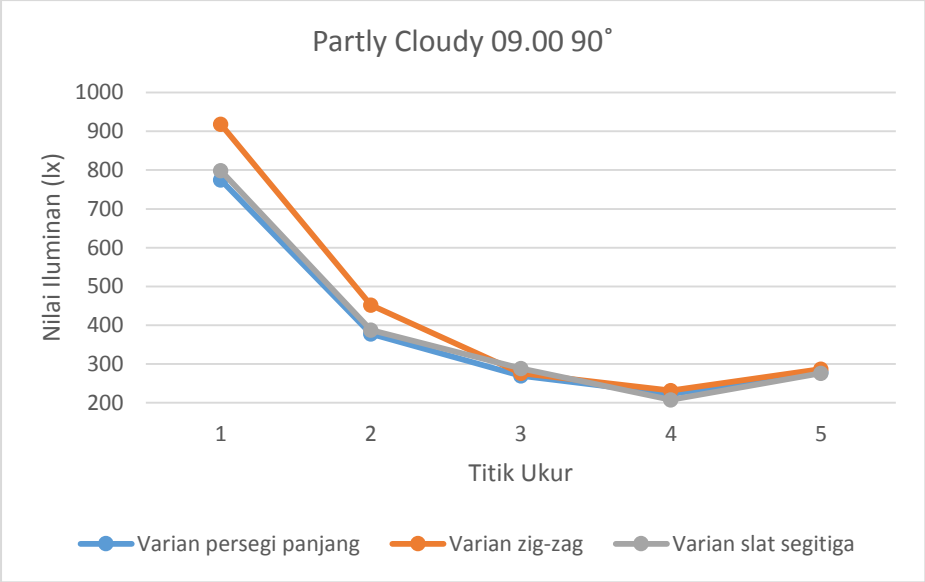


Gambar 5. 11 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 60˚ pada Kondisi Langit *Partly cloudy* pukul 12.00 dan 15.00

Sumber : Penulis, 2020

Pada geometri *louvers* rotasi 60˚ keadaan langit *partly cloudy* pukul 09.00 menunjukkan bahwa varian slat segitiga memberikan hasil kurva kinerja penerangan alami yang landai atau cenderung stabil, kemudian disusul varian zig-zag. Berdasarkan hasil tersebut, maka geometri *louvers* rotasi 60˚ memiliki kinerja penerangan alami yang unggul pada varian zig-zag di keadaan langit *partly cloudy*.

Pada geometri *louvers* rotasi 90˚ keadaan langit *partly cloudy* pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 (lihat Gambar 5.12) ketiganya menunjukkan bahwa varian persegi panjang memberikan hasil kurva kinerja penerangan alami yang landai atau cenderung stabil, kemudian disusul varian *slat* segitiga.



Gambar 5. 12 Kurva Distribusi Kinerja Penerangan Alami Variabel Geometri Louvers sudut 90˚ pada Kondisi Langit *Partly Cloudy* Pukul 09.00

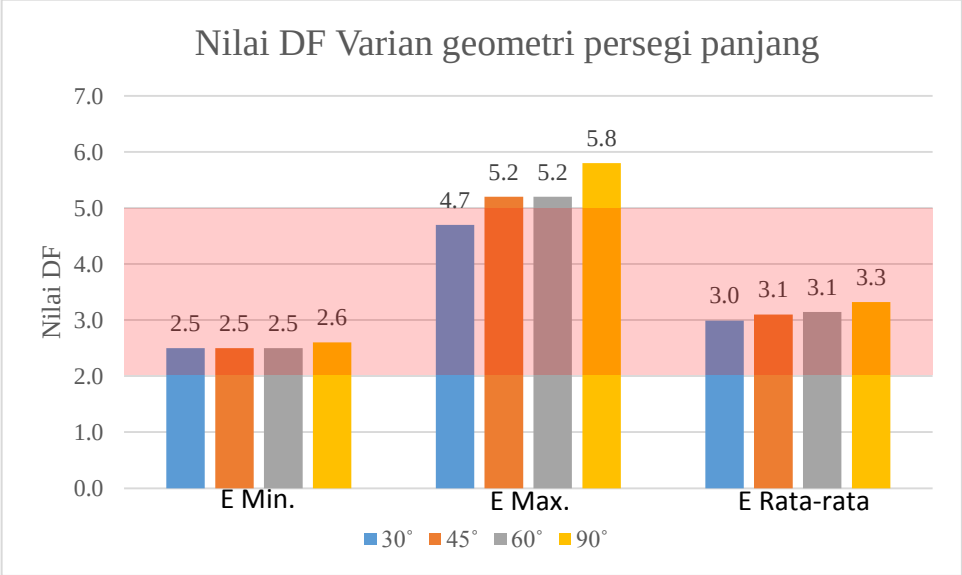
Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan hasil analisa keseluruhan variabel *movable louvers* diatas didapatkan kesimpulan bahwa ketiga variabel memiliki potensinya masing-masing terhadap peningkatan kinerja penerangan alami dalam unit bangunan rusun tergantung pada sudut rotasi *louvers*. Namun dapat dilihat bahwa variabel yang paling unggul dalam meningkatkan kinerja alami unit bangunan rusun jika dilihat dari nilai iluminan berupa pemerataan distribusi cahaya yakni variabel V1 (tipe geometri persegi panjang) dan V2 (tipe geometri zig-zag).

5.3 Analisis Nilai DF Variabel Geometri Movable Louvers terhadap Peningkatan Kinerja Penerangan Alami pada unit Rusun Siwalankerto II

Pada varian geometri persegi panjang dapat dilihat Gambar 5.13 bahwa nilai DF minimum dan rata-rata di tiap titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal.

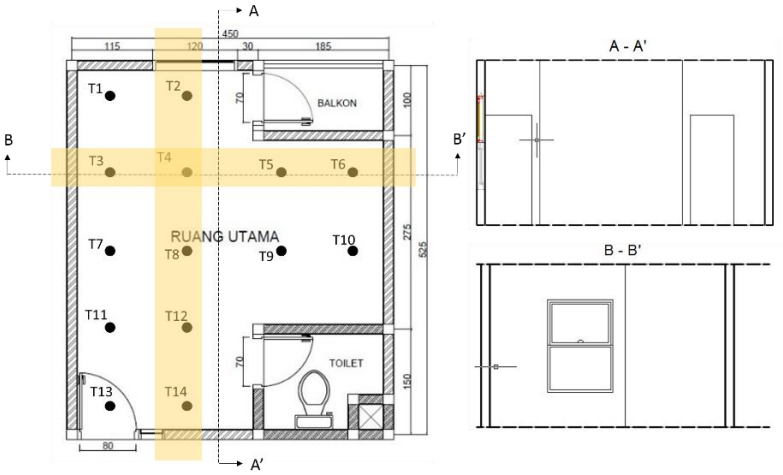
Namun nilai maksimum rotasi 45˚, 60˚, 90˚ berada diatas standar DF sehingga pada varian geometri persegi panjang rotasi 30˚ yang paling direkomendasikan.



Gambar 5. 13 Grafik Nilai DF Varian Geometri Persegi panjang

Sumber : Penulis, 2020

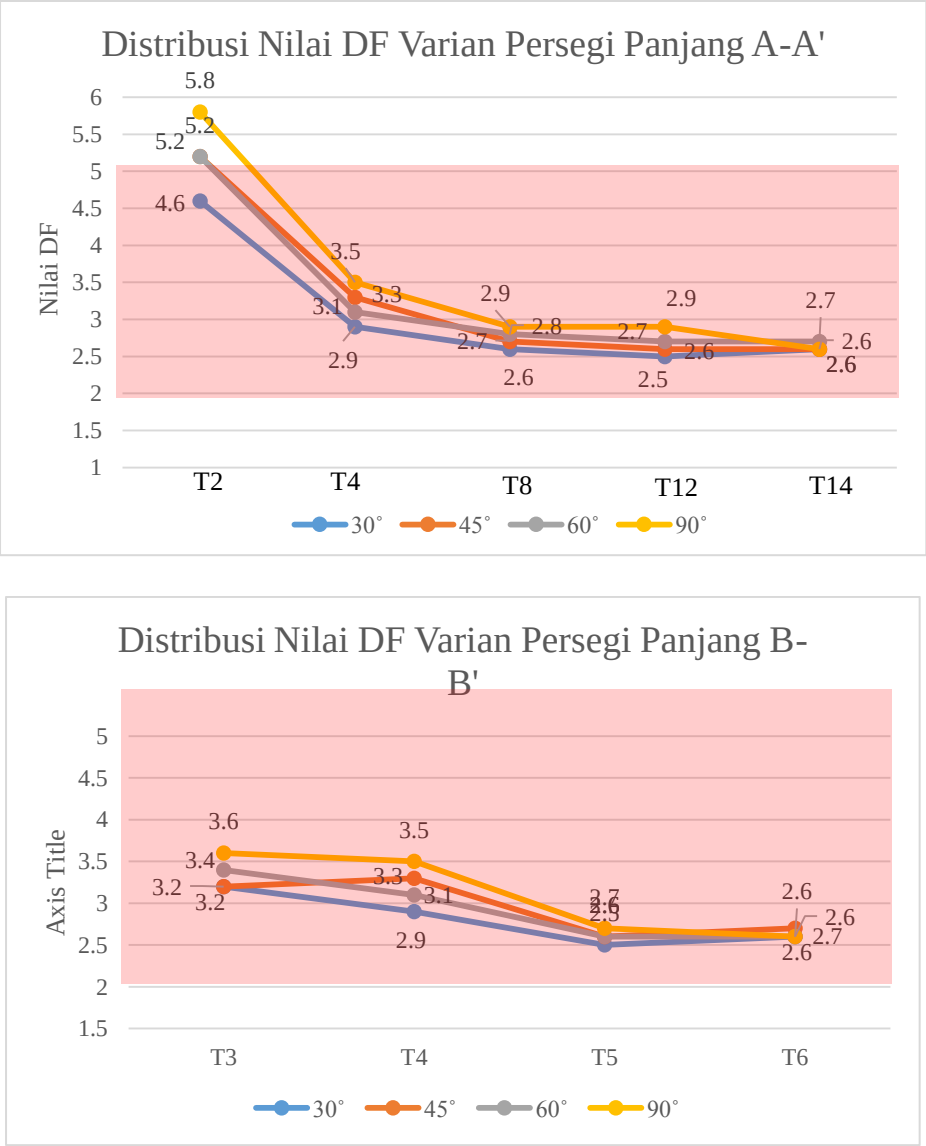
Pada Gambar 5.14 diketahui informasi titik pengukuran unit rusun sebagai acuan analisis hasil distribusi *daylight factor* varian geometri persegi panjang, varian geometri zig-zag, dan varian geometri slat segitiga.



Gambar 5. 14 Informasi Titik Pengukuran dan Potongan Unit Rusun Siwalankerto II

Sumber : Penulis, 2020

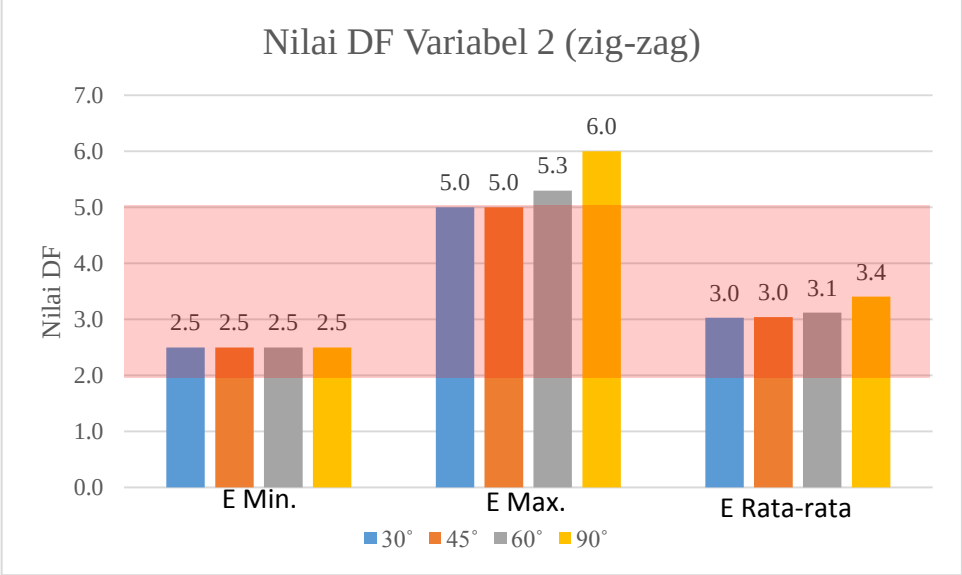
Pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan distribusi hampir serupa. Pada distribusi potongan B-B’ tidak menjadi masalah karena keseluruhan rotasi memenuhi standar DF rumah tinggal dan kurva cenderung landai, namun pada distribusi pada potongan A-A’ dapat dilihat bahwa varian persegi panjang rotasi 30˚ adalah yang paling direkomendasikan karena semua titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal, sedangkan rotasi lain di titik T2 tidak memenuhi standar DF. Hal ini sama dengan hasil iluminan pada tipe langit partly cloudy sebelumnya, dimana varian persegi panjang rotasi 30˚ unggul namun di sore hari pukul 15.00.



Gambar 5. 15 Kurva Distribusi Nilai DF Varian Persegi Panjang A-A’ dan B-B’

Sumber : Penulis, 2020

Pada varian zig-zag dapat dilihat Gambar 5.16 bahwa nilai DF minimum dan rata-rata di tiap titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal, sama halnya dengan variabel 1. Namun nilai maksimum rotasi 60˚, 90˚ berada diatas standar DF sehingga pada varian zig-zag rotasi 30˚ dan 45˚ yang paling direkomendasikan. Hal ini menunjukkan bahwa varian zig-zag lebih unggul dibandingkan dengan varian persegi panjang. Pernyataan ini berbeda dengan penelitian Sherif dkk (2016) sebelumnya, bahwa semakin mendekati bentuk persegi panjang atau tidak lengkung, maka kinerja penerangan alami akan semakin baik. Pada penelitian ini, ternyata menunjukkan bahwa semakin banyak bidang pantul, semakin melengkung, semakin landai justru kinerja penerangan alami akan semakin baik untuk tujuan pemerataan distribusi.

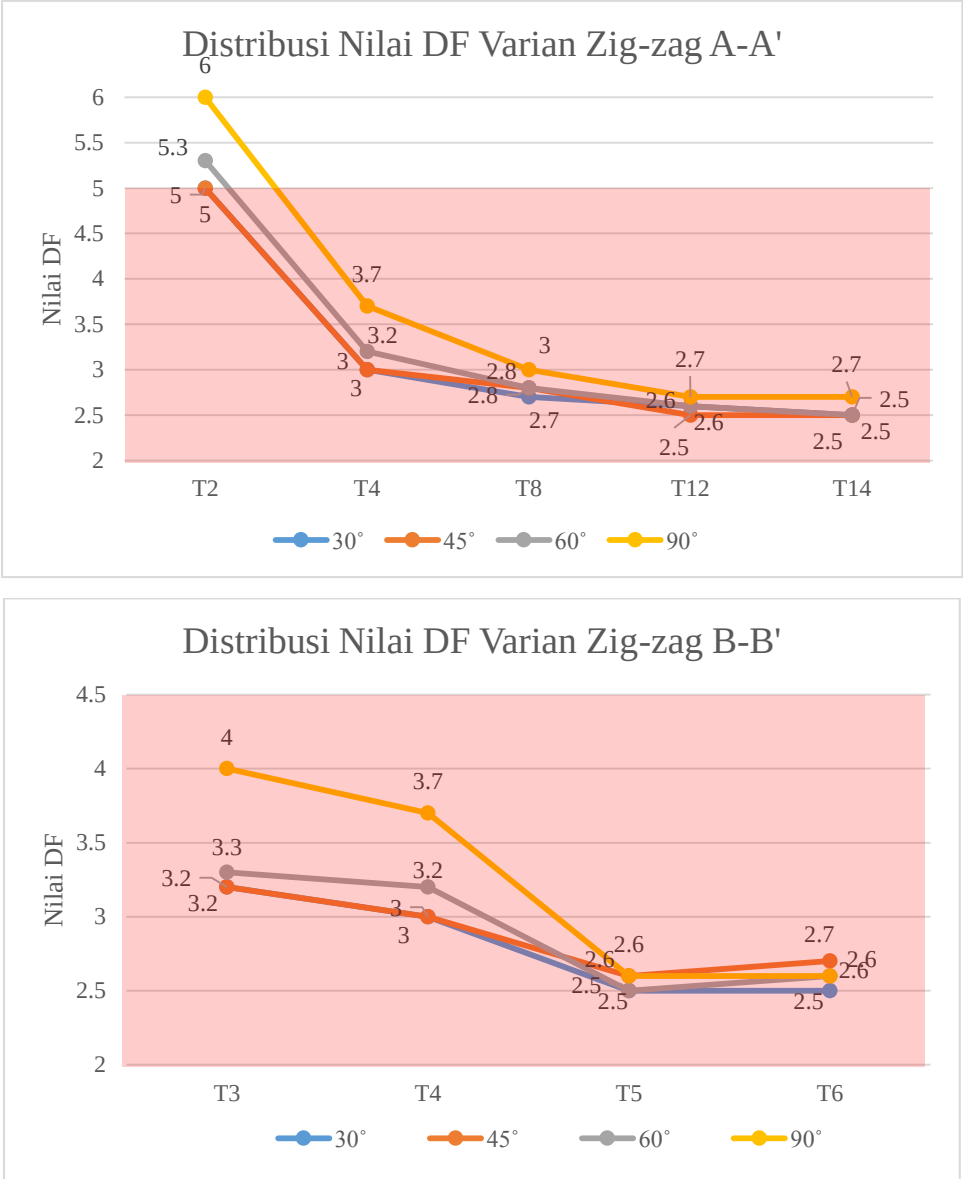


Gambar 5. 16 Grafik Nilai DF Varian Zig-zag

Sumber : Penulis, 2020

Pada Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan distribusi memiliki kecenderungan kurva yang hampir serupa. Pada distribusi potongan B-B' tidak menjadi masalah karena keseluruhan rotasi memenuhi standar DF rumah tinggal dan kurva cenderung landai seperti pada varian geometri persegi panjang, namun pada distribusi potongan A-A' dapat dilihat bahwa varian geometri persegi panjang rotasi 30˚ dan 45˚adalah yang paling direkomendasikan karena semua titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal, sedangkan rotasi 60˚ dan 90˚ di titik T2 tidak

memenuhi standar DF. Hal ini membuat varian geometri zig-zag lebih unggul dibandingkan dengan varian geometri persegi panjang dimana memiliki rotasi di sudut yang memenuhi standar DF rumah tinggal.

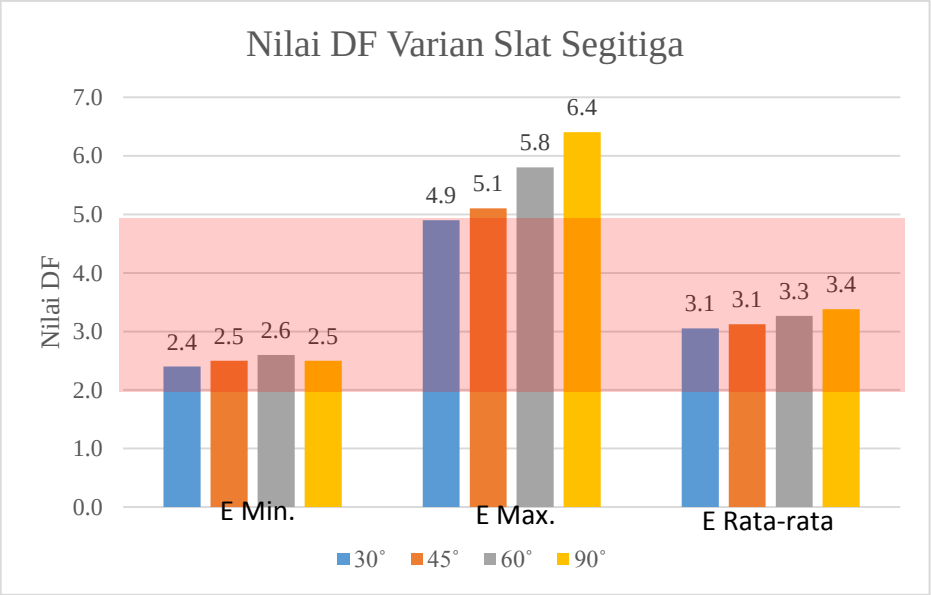


Gambar 5. 17 Kurva Distribusi Nilai DF Varian Zig-zag A-A' dan B-B'

Sumber : Penulis, 2020

Pada varian geometri *slat* segitiga dapat dilihat Gambar 5.18 bahwa nilai DF minimum dan rata-rata di tiap titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal. Namun nilai maksimum rotasi 45˚, 60˚, 90˚ berada diatas standar DF sehingga pada variabel 3 rotasi 30˚ yang paling direkomendasikan. Hal ini serupa dengan varian

geometri persegi panjang, namun nilai DF varian geometri slat segitiga lebih tinggi masing-masing 5.1%, 5.8%, dan 6.4% sehingga membuat varian geometri *slat* segitiga tidak lebih unggul dibandingkan dengan varian geometri persegi panjang.

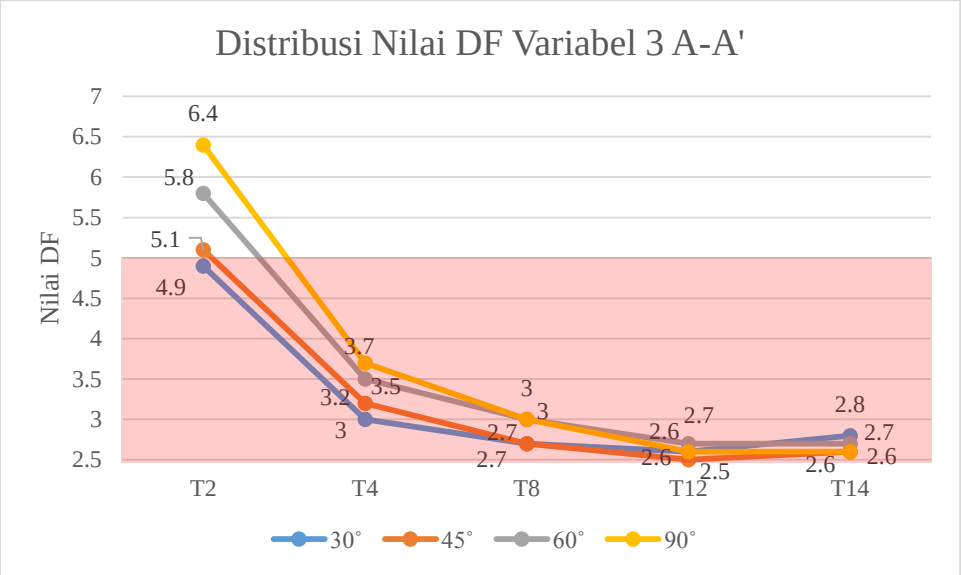


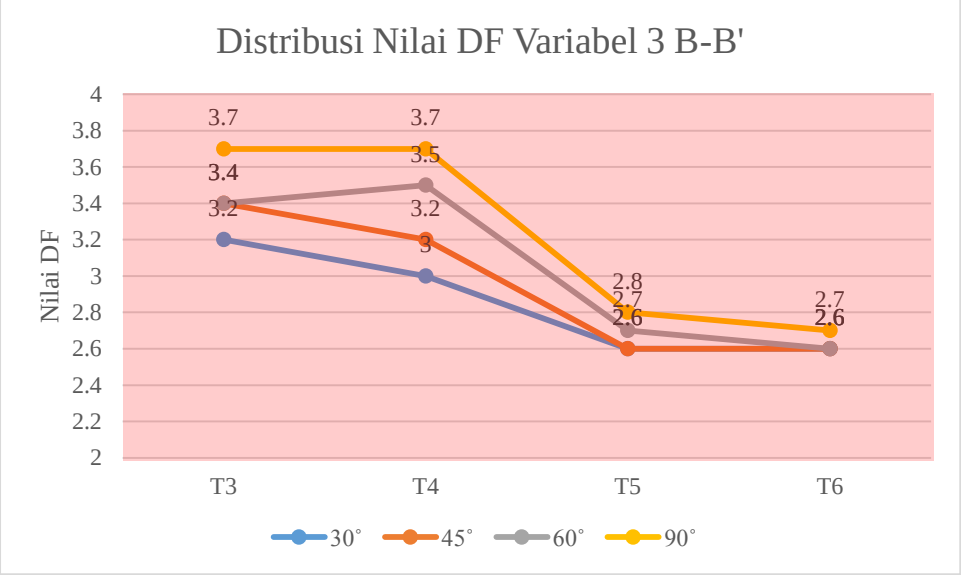
Gambar 5. 18 Grafik Nilai DF Varian Slat Segitiga

Sumber : Penulis, 2020

Pada Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan distribusi memiliki kecenderungan kurva yang hampir serupa. Pada distribusi potongan B-B' tidak menjadi masalah karena keseluruhan rotasi memenuhi standar DF rumah tinggal dan kurva cenderung landai seperti pada varian persegi panjang dan varian zig-zag, namun pada distribusi potongan A-A' dapat dilihat bahwa varian *slat* segitiga rotasi 30˚adalah yang paling direkomendasikan karena semua titik ukur memenuhi standar DF rumah tinggal, sedangkan rotasi lain di titik T2 tidak memenuhi standar DF. Kondisi hasil kinerja penerangan alami varian slat segitiga ini memiliki kecenderungan yang sama dengan varian geometri persegi panjang, namun nilai DF varian geometri slat segitiga jauh diatas standar DF dibandingkan dengan varian geometri persegi panjang. Berbeda dengan penelitian Gutierrez (2019) bahwa bentuk slat segitiga dengan dimensi tertentu cenderung memberikan hasil optimal pada penerangan alami karena bentuk tersebut seusai di iklim temperate atau non tropis, sedangkan pada studi kasus rumah susun ini tidak demikian.Hal ini disebabkan karena geometri slat segitiga hanya memiliki satu tekukan membuat

bentuk menyudut curam menjadikan bentuk tersebut memasukkan sinar matahari sebanyak-banyaknya kedalam ruang dan membuat silau pada kondisi iklim tropis sehingga geometri slat segitiga menjadi yang paling rendah kinerjanya menghadapi kondisi iklim rusun.





Gambar 5. 19 Kurva Distribusi Nilai DF Variabel 3 A-A' dan B-B'

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan hasil analisa keseluruhan variabel *movable louvers* diatas didapatkan kesimpulan bahwa ketiga variabel memiliki potensinya masing-masing terhadap peningkatan kinerja penerangan alami dalam unit bangunan rusun

tergantung pada sudut rotasi *louvers*. Namun dapat dilihat bahwa variabel yang paling unggul dalam meningkatkan kinerja alami unit bangunan rusun jika dilihat dari nilai DF berupa pemerataan distribusi cahaya, yakni varian zig-zag. Hal ini disebabkan karakter bentuk varian zig-zag memiliki tiga tekukan atau bidang pantul membentuk huruf z dimana permukaan reflektannya lebih banyak dari bentuk lain sehingga meningkatkan kinerja penerangan alami.

5.4 Analisis Pengaruh Variabel Movable Louvers

Hasil analisa variabel *movable louvers* terdahap distribusi penerangan alami pada sub bab sebelumnya telah diketahui bahwa bentuk yang paling direkomendasikan yakni varian zig-zag dan sudut rotasi yang paling direkomendasikan yakni pada rotasi 45˚ dan 60˚ pada kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast*. Selanjutnya, dilakukan analisa untuk mengetahui dari variabel bentuk dan sudut tersebut mana yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami. Analisa dilakukan dengan menggunakan persamaan *spearmen* yang telah dijelaskan pada Bab 3. Persamaan ini digunakan untuk memberikan peringkat sehingga diketahui variabel mana yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami. Hasil nilai yang paling mendekati 1 maka dikatakan paling berpengaruh. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 1 Tabel Korelasi Spearmen Variabel Bentuk

	Y (Rata-rata DF eksisting)	X (Variabel bentuk V1,V2,V3)	Peringkat Y	Peringkat X	bi (selisih x-y)	bi^2
	3.9	3.1	3.5	3.5	0	0
	3.9	3.1	3.5	3.5	0	0
	3.9	3	3.5	6	2.5	6.25
	3.9	3.1	3.5	3.5	0	0
	3.9	3.1	3.5	3.5	0	0
	3.9	3.3	3.5	1	-2.5	6.25
TOTAL						12.5
					Hasil spearmen :	**0.7**

Sumber : Penulis, 2020

Tabel 5. 2 Tabel Korelasi Spearmen Variabel Sudut

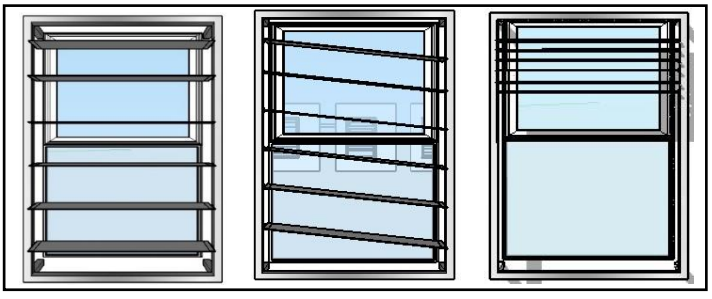
	Y (Rata-rata DF eksisting)	X (Variabel bentuk V1,V2,V3)	Peringkat Y	Peringkat X	bi (selisih x-y)	bi^2
	3.9	3	3.5	1.5	-2	4
	3.9	3	3.5	1.5	-2	4
	3.9	3.1	3.5	3	-0.5	0.25
	3.9	3.4	3.5	4	0.5	0.25
TOTAL						8.5
					Hasil spearmen :	**0.2**

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan hasil analisa spearmen tersebut maka diketahui bahwa variabel bentuk lebih mempengaruhi kinerja penerangan alami Rumah susun Siwalankerto II sebanyak 0.7 dibandingkan dengan variabel sudut yang hanya 0.2. hal ini disebabkan karena dimensi dan lipatan yang dihasilkan pada variabel bentuk mempunyai peran cukup besar dalam pendistribusian penerangan alami kedalam ruang, sehingga perubahan bentuk sangat mempengaruhi distribusi penerangan alami. Sebaliknya, variabel rotasi juga memberikan pengaruh pada kinerja penerangan alami namun tidak sedrastis variabel bentuk.

5.5 Analisis Sistem Movable Louvers

Analisa sistem movable louvers dilakukan setelah mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami pada Rumah susun Siwalankerto II. Analisa tersebut dilakukan untuk mengetahui sistem *movable* mana yang paling optimal digunakan pada rumah susun Siwalankerto II, sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



(a) (b) (c)

Gambar 5. 20 (a) Sistem Orientasi Horizontal, (b) Sistem Orientasi Diagonal, (c) Sistem Ditarik Keatas

Sumber : Penulis, 2020

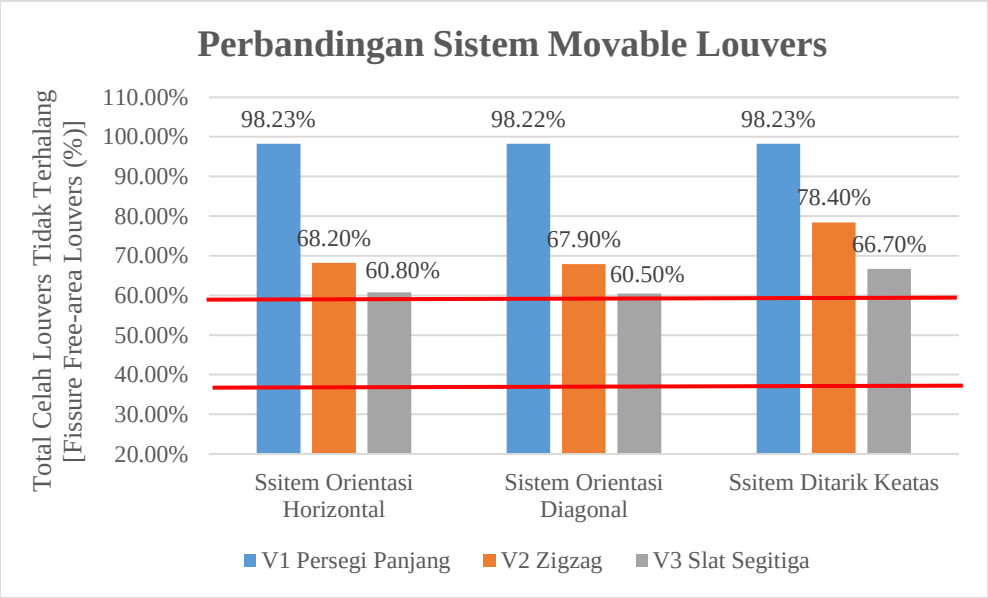
Seperti yang dijelaskan pada bab 3 sebelumnya, perhitungan analisa sistem *movable louvers* menggunakan analisa *Fissure* (celah), dimana *fissure* yang dimaksud adalah lubang-lubang yang tidak terhalangi oleh kisi louvers atau bukaan transparan. Perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan luas jendela. Standar bukaan transparan yakni pada rentang 35%-60%. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Perhitungan Fissure Free-area louvers

No.	Variabel	Sistem Movable Louvers	Rotasi	Panjang Kisi Louvers (cm)	Lebar Kisi Louvers (blade depth) yang terlihat (cm)	Jumlah Kisi Louvers (cm)	Luas Total Fissure (%)	Standar Fissure yang terbuka (Free area louvers) 35%-60%
1	V1 Persegi panjang	Horizontal	90˚	120	0.5	6	98.23%	tidak memenuhi
2	V2 Zig-zag	Horizontal	90˚	120	9	6	68.20%	tidak memenuhi
3	V3 Slat Segitiga	Horizontal	90˚	120	11.6	6	60.80%	tidak memenuhi
4	V1 Persegi panjang	Diagonal	90˚	120.9	0.5	6	98.22%	tidak memenuhi
5	V2 Zig-zag	Diagonal	90˚	120.9	9	6	67.90%	tidak memenuhi
6	V3 Slat Segitiga	Diagonal	90˚	120.9	11.1	6	60.50%	tidak memenuhi
7	V1 Persegi panjang	Ditarik Keatas	90˚	120	0.5	6	98.23%	tidak memenuhi
8	V2 Zig-zag	Ditarik Keatas	90˚	120	5.5 (kisi 5 teratas) 9 (kisi terbawah)	6	78.40%	tidak memenuhi
9	V3 Slat Segitiga	Ditarik Keatas	90˚	120	7.6 (kisi 5 teratas) 11.1 (kisi terbawah)	6	66.70%	tidak memenuhi

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan Tabel 5.3 diatas dapat dilihat bahwa keseluruhan sistem belum memenuhi standar rentang *Fissure Free-area louvers*, dimana seluruh sistem masih diatas standar, sehingga jika dibandingkan ketiga sistem tersebut maka menghasilkan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Sistem *Movable Louvers*

Sumber : Penulis, 2020

Berdasarkan Gambar 5.21 diatas dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan hasil presentase *free-area louvers* yang serupa dari ketiga sistem. Namun pada sistem orientasi diagonal, presentase menunjukkan nilai terkecil diantar ketiga sistem yang jauh diatas standar free-area louvers, yakni 98.2%, 67.90%, dan 60.50%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya variabel bentuk dan sudut saja yang mempengaruhi kinerja penerangan alami pada Rusun, namun sistem *movable louvers* bila tidak memenuhi standar juga akan mempengaruhi kinerja penerangan alami. Sistem orientasi diagonal menunjukkan hasil paling optimal dapat disebabkan karena orientasinya yang miring membentuk sudut tertentu dapat merefleksikan dan mendisitribusikan penerangan alami yang masuk kedalam unit rumah susun dengan baik sesuai pola pergerakan matahari dan langit kondisi iklim tropis.

5.6 Kesimpulan Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yang berhubungan dengan kinerja penerangan alami yang dihasilkan melalui jendela utama unit Rumah susun Siwalankerto 2, yaitu :

- Hasil simulasi seluruh variabel pada kondisi langit *partly cloudy* dilihat dari nilai iluminan berbeda dengan simulasi kondisi langit *overcast* yang dilihat dari nilai DF.
- Hasil simulasi di kondisi langit *partly cloudy* menunjukkan bahwa varian geomteri persegi panjang dan varian geometri zig-zag memiliki kinerja yang seimbang terhadap penerangan alami di rusun Siwalankerto II, sehingga kedua variabel direkomendasikan. Sedangkan sudut rotasi yang direkomendasikan yakni sudut 30˚ dan 45˚.
- Hasil simulasi di kondisi langit *overcast* menunjukkan bahwa varian geometri zig-zag memiliki kinerja yang paling baik terhadap penerangan alami di rusun Siwalankerto II karena memiliki titik pengukuran yang paling banyak memenuhi standar DF dan kurva distribusi penerangan alami cenderung landai. Sedangkan sudut rotasi yang direkomendasikan yakni sudut 45˚ dan 60˚.
- Hasil analisa varian yang paling berpengaruh terhadap kinerja penerangan alami pada Rumah susun berdasarkan analisa statistik spearmen yaitu varian bentuk lebih berpengaruh dengan nilai 0.7 dibandingkan dengan varian sudut yang hanya 0.2. Hal ini disebabkan karena rotasi kisi louvers tidak terlalu merubah secara signifikan penerangan alami yang masuk kedalam ruang, sebaliknya bentuk (geometri) lebih mempengaruhi penerangan alami yang masuk karena adanya dimensi dan faktor reflektansi dari tekukan bentuk tersebut.
- Hasil analisa sistem operasional *movable louvers* yang paling berpengaruh meningkatkan kinerja penerangan alami adalah sistem operasional diagonal. Hal ini disebabkan karena bentuk kisi bila dimiringkan pada sudut tertentu dapat merefleksikan dan mendistribusikan penerangan alami yang masuk kedalam unit rumah susun dengan baik sesuai pola pergerakan matahari dan langit kondisi iklim tropis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6
KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Penerangan alami rumah susun di iklim tropis penting dicermati karena karakter iklim tropis yang memiliki cukup sinar matahari sepanjang tahun dapat dimanfaatkan maksimal. Namun perlu diperhatikan juga faktor kondisi dua langit yakni *partly cloudy* dan *overcast*, serta lama penyinaran perhari. Satu-satunya elemen arsitektur untuk masukan penerangan alami di rumah susun adalah jendela sehingga desain elemen fasad eksterior sebagai *treatment* jendela utama diperlukan agar sesuai dengan kinerja penerangan alami dalam unit rusun. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi geometri *movable louvers* sebagai *shading device* jendela utama dan menghasilkan desain gemetri yang paling sesuai terhadap kinerja penerangan alami rumah susun melalui varian yang diusulkan.

Rumah susun Siwalankerto II dipilih sebagai representatif mayoritas rumah susun di iklim tropis. Berdasarkan pengukuran dan simulasi yang telah dilakukan, maka ada dua hal yang akan dibahas pada bab ini, yaitu pengaruh geometri *movable louvers* terhadap kinerja rusun dan desain yang paling sesuai dalam menghadapi kondisi penerangan alami pada rusun di iklim tropis.

6.1.1 Pengaruh Geometri Movable Louvers Terhadap Kinerja Penerangan Alami Rusun di Iklim Tropis

Berdasarkan hasil pengukuran pada eksisiting bangunan dan hasil simulasi didapatkan kesimpulan bahwa geometri *movable louvers* memberikan pengaruh dalam meningkatkan kinerja penerangan alami rumah susun di iklim tropis. Iklim tropis yang memiliki karakter dinamis akibat pola pergerakan matahari dapat dikendalikan dengan geometri *movable louvers* pada fasad jendela utama. Hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran lapangan tanpa adanya geometri *movable louvers* memiliki kurva dengan lengkung yang curam menghasilkan nilai iluminan di kondisi langit *partly cloudy* dan nilai DF di kondisi langit *overcast* yang tinggi pada

titik pengukuran yang dekat dengan jendela utama dan nilai yang rendah pada titik terjauh dari jendela utama. Kurva dengan lengkung curam ini menandakan terjadinya perbedaan masukan penerangan alami yang menyebabkan distrbusi penerangan dalam ruang tidak merata. Sedangkan hasil nilai iluminan dan nilai DF dengan adanya geometri *movable louvers* menunjukkan kurva yang cenderung landai dengan nilai iluminan dan nilai DF yang memenuhi standar yang menandakan distribusi penerangan alami dalam ruang cenderung merata. Selain itu sistem operasional dari geometri movable louvers juga memberikan hasil baik, dimana tanpa geometri movable louvers bukaan transparan sebesar 100%, sedangkan dengan adanya geometri louvers bukaan transparan menjadi 60-98%.

6.1.2 Desain Geometri Movable Louvers yang Paling Sesuai untuk Rusun di Iklim Tropis

Setelah diketahui bahwa adanya geometri *movable louvers* memiliki pengaruh dalam meningkatkan kinerja penerangan alami pada rusun di iklim tropis dengan tujuan distribusi merata, selanjutnya diketahui dari ketiga varian yang diusulkan mana yang paling sesuai untuk rusun. Pada kondisi langit *partly cloudy* dilihat dari nilai iluminan varian geometri persegi panjang dan varian geometri zig-zag memiliki hasil yang seimbang dan direkomendasikan untuk rusun. Pada kondisi langit *overcast* dilihat dari nilai DF varian geometri zig-zag adalah yang paling sesuai untuk rusun. Hal ini disebabkan karena karakteristik geometri zig-zag dimana memiliki tiga lipatan membentuk huruf z dan permukaan dari lipatan tersebut berperan mereflektasikan pencahayaan sehingga distribusi dalam ruang merata, sehingga secara garis besar dapat disimpulkan bahwa varian geometri zig-zag adalah desain *movable louvers* yang paling sesuai untuk rusun di iklim tropis karena direkomendasikan pada kondisi langit *partly cloudy* dan *overcast*. Sedangkan varian slat segitiga memiliki hasil paling rendah dalam meningkatkan penerangan alami pada rusun di iklim tropis karena varian tersebut memiliki nilai diatas standar atau cenderung membuat silau. Hal ini disebabkan oleh sudut yang dihasilkan dari lipatan bentuk slat segitiga yang mengarahkan sinar matahari untuk masuk sebanyak-banyaknya kedalam ruang. Sebaliknya, geometri varian slat segitiga ini mungkin akan sesuai diterapkan di iklim *temperate* dengan empat

musim yang cenderung kurang lama mendapat penyinaran matahari. Berdasarkan ketiga varian tersebut diketahui bahwa semakin banyak tekukan atau bidang pantul membuat bentuk menjadi landai dan semakin mereflektansikan sinar matahari sehingga akan semakin rata distribusi penerangan alaminya.

Selain geometri *movable louvers*, sistem operasional *movable louvers* juga turut diujikan. Diketahui bahwa varian yang berpengaruh dalam meningkatkan penerangan alami rumah susun di iklim tropis adalah varian bentuk jika dibandingkan dengan variabel sudut karena dimensi dan tekukan bidang yang dihasilkan pada varian bentuk mempunyai peran cukup besar dan signifikan dalam pendistribusian penerangan alami kedalam ruang, sehingga perubahan bentuk sangat mempengaruhi distribusi penerangan alami. Sudut rotasi 30˚ dan 5˚ paling direkomendasikan karena memberikan hasil yang baik pada langit *partly cloudy* dan *overcast* karena rotasi tersebut sesuai mereflektansikan pola pergerakan matahari di iklim tropis. Terakhir, sistem operasional *movable louvers* yang menunjukkan kinerja paling berpengaruh meningkatkan penerangan alami rumah susun di iklim tropis yakni sitem operasional diagonal karena orientasinya yang miring membentuk sudut tertentu dapat merefleksikan dan mendisitribusikan penerangan alami yang masuk kedalam unit rumah susun dengan baik sesuai pola pergerakan matahari dan langit kondisi iklim tropis.

6.2 Saran

- Penelitian selanjutnya dapat meneliti bagaimana geometri *louvers* yang diusulkan ini terhadap kinerja termal.
- Penelitian selajutnya dapat meneliti geometri *louvers* pada kondisi lingkungan lain.
- Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan eksperimen langsung menggunakan *mock-up*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Acosta, Ignacio & Munoz, Cm & Campano Laborda, Miguel & Navarro, Jaime. (2014). Analysis of daylight factors and energy saving allowed by windows under overcast sky conditions. Renewable Energy. 77. 10.1016/j.renene.2014.12.017.

Alhuwayil, Waleed & Abdul Mujeebu, Muhammad & Algarny, Ali. (2018). Impact of External Shading Strategy on Energy Performance of Multi-Story Hotel Building in Hot-humid Climate. Energy. 169. 10.1016/j.energy.2018.12.069.

Al-Masrani, Salwa & Al-Obaidi (2019). Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies. Automation in Construction 102 195–216

Al-Masrani, Salwa & Al-Obaidi, Karam & Azizah Zalin, Nor & I Aida Isma, M. (2018). Design optimisation of solar shading systems for tropical office buildings: Challenges and future trends. Solar Energy. 170. 849–872. 10.1016/j.solener.2018.04.047.

Al-Tamimi, N. A., & Fadzil, S. F. S. (2011). The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics. Procedia Engn., 21, 273–282. http://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2015

Ander, Gregg D. (1995). Daylighting Performance and Design, John Willey & Sons, Inc., New York.

Arasteh, D.S. Selkowitz, J. Apte, M. LaFrance. (2006), "Zero energy windows", Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, ACEEE.

Avesta R., Putri A.D., Hanifah R.A., Hidayat N.A., Dunggi M.D. (2017). "Strategi Desain Bukaan terhadap Penerangan Alami untuk Menunjang Konsep Bangunan Hemat Energi pada Rusunawa Jatinegara Barat" Jurnal Rekayasa Hijau. Vol. 2, No. 1, hal. 124-135.

Bean, Robert, (2004). Lighting Interior And Exterior. Architectural Press, Massachusets.

Brennan, Cory Joseph, (2012). Analysis of passive louver shading systems and impact on interior environment. Thesis, Department: Civil, Architectural and Environmental Engineering, Missouri University of Science and Technology

CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers). Daylighting and window design, London, CIBSE, 1999.

Datta, Gouri. (2001), "Effect of Fixed Horizontal Louver Shading Devices on Thermal Perfomance of Building by TRNSYS Simulation", *Renewable Energy*, Vol. 23, hal 497-507.

De Chiara, Joseph (1995). Time Saver Standards for Housing and Residential Development 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Education.

Decker M. Distributed sensing and actuation in building skins (2013). In: energy forum conference. Bressanone, Italy;December5–6, 2013

Denan, Z., Majid, N.H.A., (2015). An assessment on glare from daylight through various designs of shading devices in hot humid climate, case study in Kuala Lumpur, Malaysia. Int. J. Eng. Technol. 7 (1), 25.

Dubois MC. Impact of Solar Shading Devices on Daylight Quality: Measurements in Experimental Office Rooms, Sweden, Lund, Lund University, 2001.

Egan, M. David dan Olgyay Victor W, (2002). Architectural Lighting. McGraw-Hill, New York.

Evans H. Benjamin, (1981). Daylight in Architecture, McGraw Hill, New York.

Freewan, Ahmed. (2014). Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. Solar Energy. 102. 14–30. 10.1016/j.solener.2014.01.009.

Frick, Heinz dan Mulyani, Tri Hesti, (2006). Arsitektur Ekologis. seri eko-arsitektur. 2, Kanisius, Yogyakarta.

Giovannini, L., Verso, V.R.L., Karamata, B., Andersen, M., (2015). Lighting and energy performance of an adaptive shading and daylighting system for arid climates. Energy Procedia 78, 370–375.

Givoni, Baruch. (1998). Climate Consideration in Building and Urban Design. New York.

Groat, L., Wang, D. (2013). Architectural Research Methode, 2nd Edition. Canada: John Wiley & Sons

Gutiérrez R. Urbano., J. Dua., N. Ferreiraa., A. Ferreroc., dan S. Sharplesa (2019). Daylight control and performance in office buildings using a novel ceramic louvre system. Building Environment, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.030

Hammad, F.B. Abu-Hijleh, (2010). The energy saving potential of using dynamic external louvers in an office building, Energy Build. 42 1888–1895.

Handayani, Teti. (2010). Efisiensi Energi Dalam Rancangan Bangunan. Jurnal Spektrum Sipil, ISSN 1858-4896 Vol. 1, No. 2 : 102 - 108, http://ejournal.ftunram.ac.id/FullPaper/teti3.pdf. 15 November 2014.

He, Yuting., He, Jiang & Li Yigang (2019). Development of a sun-shading louver unit with evaporative cooling effect. Science and Technology for the Built Environment, DOI: 10.1080/23744731.2018.1561076

Hien, Wong Nyuk dan Istiadji, Agustinus Djoko. (2003), "Effect of External Shading Device on Daylighting and Natural Ventilation" *Eighth International IBPSA Conference*, Belanda hal. 475-482.

Indrani, Hedy C. (2008). Kinerja Penerangan Alam Pada Hunian Rumah susun Dupak Bangunrejo Surabaya. Jurnal Dimensi Interior Petra VOL.6, NO. 2, 85-98

Joko S dan Yudiartono. (2014), "*Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Di Indonesia, Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan*" dalam *Pengaruh Desain Courtyard Terhadap Konsumsi Energi Untuk AC dan Pencahayan*, Sailendra, Galih GY., dkk, (2018), Vol. XIV No. 1 hal. 36-47.

Karjalainen, S., (2009). Thermal comfort and use of thermostats in Finnish homes and offices. Build. Environ. 44 (6), 1237–1245.

Kim Y. S, Park B C, Jeong K Y, Choi ASLJ. (2007). Acomparison of daylight distribution from different height of roller shade and venetian blind. Archit Inst Korea ;24:1001–4.

Kim, J.H., Park, Y.J., Yeo, M.S., Kim, K.W., (2009). An experimental study on the environmental performance of the automated blind in summer. Build. Environ. 44 (7), 1517–1527.

Kirimtat, A., Koyunbaba, B.K., Chatzikonstantinou, I., Sariyildiz, S., (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. Renew. Sustain. Energy Rev. 53, 23–49.

Kisnarini. Rika, (2015), *Functionality and Adaptability of Low Cost Apartment Space Design: A Case of Surabaya Indonesia*, Ph.D. Thesis, Eindhoven University of Technology. The Netherlands.

Kuhn, T.E., Bühler, C., Platzer, W.J., 2001. Evaluation of overheating protection with sunshading systems. Sol. Energy 69, 59–74.

Koenigsberger, O.H et al (1973), Manual of Tropical Housing and Building, Part 1 Climatic Design, London: Longman Group Limited.

Konstantoglou, M., Tsangrassoulis, A., 2016. Dynamic operation of daylighting and shading systems: A literature review. Renew. Sustain. Energy Rev. 60, 268–283.

Kothari, C.R. (2004), Research Methodology Methods & Techniques. Second Revised Edition, New Age International Publisher, New Delhi.

Krishan, Arvind, et al. (2001). "Climate Responsive Architecture; A Design Handbook for Energy Efficient Building". Tata McGraw-Hill. New Delhi.

Lima, K.M.D., Bittencourt, L.S., Caram, R.M., (2013). Ranking configurations of shading devices by its thermal and luminous performance. Sustainable Architecture for a Renewable Future, 29th.

Lechner, Nobert. (2015), *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Methods for Architects*, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Loonen, R.C.G.M., Trčka, M., Cóstola, D., Hensen, J.L.M., (2013). Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. Renew. Sustain. Energy Rev. 25, 483–493.

Maiman, W.L., (2014). Automated Shading Systems. Retrieved from http://www. automatedbuildings.com/news/dec14/interviews/141125115505 (Diakses pada 20 Maret 2019)

Mangkuto, R.A., Dewi Deasty Kusuma, HerwandaniAnnisa Azalia Herwandani, Mochamad Donny Koerniawan, Faridah (2019). Design optimisation of internal shading device in multiple scenarios: Case study in Bandung, Indonesia. Engineering Building 24

Mascai, John. 1980. Housing. New York: FAIA

Mehdizadeh, Fatemeh & Ahadi, Amin Alah & Maleki, Nader & Masoumi, Hamid Reza. (2014). Learning lessons from heritage houses: making balance between optimum daylight and maximum thermal comfort Case Study: Rashidy historic house in hot-humid climate of Bushehr city, Iran. 24. 75-89.

Mohapatra, Badri & Kumar, M. & Mandal, Sushanta. (2018). Analysis of daylighting using daylight factor and luminance for different room scenarios. International Journal of Civil Engineering and Technology. 9. 949-960.

Moloney, J., 2011. Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change. Taylor & Francis.

Moore (1991), *Concepts and practices of daylighting in architecture,* Van Nostrand Reinhold, New York.

Mufidah, F.M., Benny Bintarjo DH, Hanny Chandra Pratama, Yunantyo Tri Putranto (2016) Analisis Luasan Lubang Ventilasi Facade Terhadap Luasan Lantai (Studi Kasus Rumah susun Sier Dan Rumah susun Grudo Surabaya), Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya, Vol. 01, No. 02, hal 195-208

Nicol, J.F., Humphreys, M.A., (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. Energy Build. 34 (6), 563–572.

O'Brien, W., Kapsis, K., Athienitis, A.K., (2013). Manually-operated window shade patterns in office buildings: a critical review. Build. Environ. 60, 319–338.

Palmero-Marrero, I Anna dan Oliveira, Armando C. (2010), "Effect of Louver Shading Devices on Building Energy Requirements", Applied Energy, Vol. 87, hal. 2040-2049.

Park B. C, Kim Y. S, Jeong K. Y, Choi ASLJ. (2007). Analyzing daylight distribution and evaluating discomfort glare of roller shade and venetian blind using the RADIANCE software. Archit Inst Korea; 24: 993–6.

Pilatowicz, Grazyna. 1995. Eco-Interiors, A Guide to Enviromentally Conscious Interior Design. John Wiley & Sons, Inc, Canada.

Rahadian, Erwin Yuniar., Stephanie, Bella., Rindy, Annisa Puspa., Febriyandini, Mentari (2016). Evaluasi Kualitas Pencahayan Alami Pada Rumah susun Sebelum dan Setelah Mengalami Perubahan Denah Ruang Dalam, Jurnal Reka Karsa No.1 Vol.4.

Rosfian. (2009). Rumah susun Dan Pasar Di Jakarta Barat. Binus. Jakarta

Risfawany, Lasty Dinulfy KS., Rahim, Ramli., Hamzah, Baharuddin. (2014). Tingkat Pencahayaan Alami pada Rumah susun Studi Kasus Rusunawa Mariso

Syarifah, Fairuz Syed Fadzil. (2011). "Recommendations for Horizontal Shading Depths for Vertical Building Facades in the Tropic Region with particular reference to Penang, Malaysia", .Architectural Science Review Volume 46

Schittich, Christian (2006). In detail Building new enlarged edition, Die Deutsche Bibliothek, German

Sherif, Ahmed & Sabry, Hanan & Wagdy, Ayman & Mashaly, Islam & Arafa, Rasha. (2016). Shaping the slats of hospital patient room window blinds for daylighting and external view under desert clear skies. Solar Energy. 133. 1-13. 10.1016/j.solener.2016.03.053.

Snyder, James C dan Catanese, Anthony J. (1989), Introduction to Architecture, McGraw Hill, USA.

Soegijanto. (1999). Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung :Alfabeta,CV. https://massugiyantojambi.wordpress.com/2011/04/15/teori-motivasi/

Suptandar, J.Pamudji. (2006). Sistem Pencahayaan pada Disain Interior. Penerbit. Universitas Trisakti. Jakarta.

Suriansyah Yasmin. (2011). Kualitas Pencahayaan Alami pada Enam Rumah susun di Bandung, Cimahi, Soreang, dan Baleendah. Prosiding, Seminar Nasional

dan Pameran Kebijakan dan Strategi Pengadaan Perumahan Berkelanjutan di Indonesia. Bandung 22-23 November

Suriansyah Yasmin. (2013). Potensi Pencahayaan Alami pada Rumah susun Sarijadi Bandung. Penelitian Monodisiplin, Perjanjian No: III/LPPM/2013-03/19-P

Walliman, Nicholas, Research Methods: The Basics, Oxon: Routledge, 2011.

Wigginton M, Harris J. Intelligent skins. London: Routledge; 2002.

Yao, J., (2014). An investigation into the impact of movable solar shades on energy, indoor thermal and visual comfort improvements. Build. Environ. 71, 24–32.

Yusuf. Muri, (2014), Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif dan Penelitian Gabungan, Prenadamedia Group, Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT), Jakarta, Indonesia

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Pagi

		PARTLY CLOUDY													
PAGI	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		1212	2600				639.3	975.3				758.7	1587.7		
		789.7	992	611.7	314.3		495	577	462	168.7		781	967.7	460.3	241.7
		407.7	490.7	583	335.7		256.3	275.7	264.7	204.3		324.3	441.3	362.3	335
		349	371				212.7	247.7				269	315		
		292	430.3				170	226				235	229.7		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		36966.7	54266.7				86330.3	83330.3				72330.3	71000		
		58033.3	39766.7	34833.3	34400.0		80660.7	76000	74000	71330.3		88660.7	88000	11333.3	11200
		32100.0	30933.3	28233.3	25666.7		70000	67660.7	66330.3	67000		150000	14233.3	15966.7	15500
		28400.0	28166.7				61660.7	63330.3				17200	16166.7		
		27300.0	44933.3				63660.7	59330.3				17800	16033.3		
		DF					DF					DF			
		3.3	4.8				0.7	1.2				1.0	2.2		
		1.4	2.5	1.8	0.9		0.6	0.8	0.6	0.2		0.9	1.1	4.1	2.2
		1.3	1.6	2.1	1.3		0.4	0.4	0.4	0.3		0.2	3.1	2.3	2.2
		1.2	1.3				0.3	0.4				1.6	1.9		
		1.1	1.0				0.3	0.4				1.3	1.4		

Lampiran 2 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Pagi

PAGI	MEAN	INDOOR LUX					OUTDOOR LUX					DF			
		870.0	1721.0				65209.1	69532.3				1.7	2.7		
		688.6	845.6	511.3	241.6		75784.9	67922.2	40055.6	38976.8		1.0	1.5	2.1	1.1
		329.4	402.6	403.3	291.7		84033.3	37609.1	36843.4	36055.6		0.6	1.7	1.6	1.3
		276.9	311.2				35753.6	35887.9				1.0	1.2		
		232.3	295.3				36253.6	40099.0				0.9	0.9		
		232.3	1721.0	530.1			35753.6	84033.3	50001.2			0.6	2.7	1.4	

Lampiran 3 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Siang

		PARTLY CLOUDY													
SIANG	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		559.7	1359.7				995.3	2456.7				1122	2326.7		
		356.7	557.7	541.3	202		1258.7	1156.7	847	322.7		1072	1581.7	644.7	322.3
		299.3	451	519	328.7		521.3	539.3	580.3	414.3		372.7	558.3	384	283.3
		335	419.7				364	377				389	311		
		254	382				274	379.3				289	371		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		109266.7	139000				108700.7	109600.3				108500	108200.7		
		207000	183666.7	174666.7	186000		1094000	108600	109300	107600.3		110000.7	109400.7	109200.3	109700.7
		279000	152066.7	107566.7	109300		109300.7	108900.7	109400.3	108800		97200.7	107200	109400	101200
		108400	111933.3				108800.7	109100.3				103500	110100.7		
		109666.7	107666.7				76600.3	109600				135600.7	112000.3		
		DF					DF					DF			
		0.5	1.0				0.9	2.2				1.0	2.2		
		0.2	0.3	0.3	0.1		0.1	1.1	0.8	0.3		1.0	1.4	0.6	0.3
		0.1	0.3	0.5	0.3		0.5	0.5	0.5	0.4		0.4	0.5	0.4	0.3
		0.3	0.4				0.3	0.3				0.4	0.3		
		0.2	0.4				0.4	0.3				0.2	0.3		

Lampiran 4 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Siang

SIANG	MEAN	INDOOR LUX					OUTDOOR LUX					DF			
		892.3	2047.7				108822.4	118933.7				0.8	1.8		
		895.8	1098.7	677.7	282.3		470333.6	133889.1	131055.7	134433.7		0.4	0.9	0.6	0.2
		397.8	516.2	494.4	342.1		161833.8	122722.4	108789.0	106433.3		0.3	0.4	0.5	0.3
		362.7	369.2				106900.2	110378.1				0.3	0.3		
		272.3	377.4				107289.2	109755.7				0.3	0.3		
		272.3	2047.7	644.8			106433.3	470333.6	145112.1			0.2	1.8	0.5	

Lampiran 5 Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Sore

		PARTLY CLOUDY													
SORE	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		726	1218.3				625.3	1196.7				441.3	630		
		703	739.7	529.3	240		345.7	639.3	320.7	149.7		305	420.3	338	133.3
		356	346.7	327	276.3		310.7	292.7	234.3	151.3		193	181.3	180.3	169.3
		270	258				162	189.7				158.3	157.7		
		204	268.3333333				158.7	216				137	170.3		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		119330.3	125660.7				101000	114000				66660.7	60660.7		
		129330.3	118000	127330.3	127660.7		103000	86660.7	90660.7	85330.3		69000	57330.3	54000	58000
		146330.3	140330.3	144000	126000		98000	89660.7	87330.3	80660.7		62000	5933.3	58000	61660.7
		107660.7	104330.3				75000	77303.3				64330.3	63660.7		
		100660.7	127660.7				80000	80000				63660.7	58500		
		DF					DF					DF			
		0.6	1.0				0.6	1.0				0.7	1.0		
		0.5	0.6	0.4	0.2		0.3	0.7	0.4	0.2		0.4	0.7	0.6	0.2
		0.2	0.2	0.2	0.2		0.3	0.3	0.3	0.2		0.3	3.1	0.3	0.3
		0.3	0.2				0.2	0.2				0.2	0.2		
		0.2	0.2				0.2	0.3				0.2	0.3		

Lampiran 6 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Partly Cloudy Sore

SORE	MEAN	INDOOR LUX					OUTDOOR LUX					DF			
		597.6	1015.0				95663.7	100107.1				0.6	1.0		
		451.2	599.8	396.0	174.3		100443.4	87330.3	90663.7	90330.3		0.4	0.7	0.5	0.2
		286.6	273.6	247.2	199.0		102110.1	78641.4	96443.4	89440.4		0.3	1.2	0.3	0.2
		196.8	201.8				82330.3	81764.8				0.2	0.2		
		166.6	218.2				81440.4	88720.2				0.2	0.3		
		166.6	1015.0	358.8			78641.4	102110.1	90387.8			0.2	1.2	0.5	

Lampiran 7 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Pagi

		OVERCAST													
PAGI	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		424.3	1097				264	587				253	689.7		
		378	917.7	544.7	189		197	231	194	87		235.7	323	149	74.7
		292.3	320	307.7	203.7		240	246.3	134	104.7		119.3	122.7	110.7	93
		200	184.7				110	78.3				94.7	110.7		
		157.3	203.3				88	90.3				68.3	104		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		13000.0	13466.7				76000.3	78000.0				69000.7	71000.3		
		14533.3	14866.7	14633.3	13900.0		74000.7	71000.7	70000.0	70000.3		71000.3	69000.7	69000.7	67000.0
		13300.0	13633.3	11800.0	11700.0		78000.7	81000.7	76000.7	75000.3		66000.7	68000.0	67000.0	66000.7
		10666.7	9933.3				74000.3	73000.0				69000.0	67000.7		
		9133.3	9000.0				72000.7	71000.0				69000.3	70000.0		
		DF					DF					DF			
		3.3	8.1				0.3	0.8				0.4	1.0		
		2.6	6.2	3.7	1.4		0.3	0.3	0.3	0.1		0.3	0.5	0.2	0.1
		2.2	2.3	2.6	1.7		0.3	0.3	0.2	0.1		0.2	0.2	0.2	0.1
		1.9	1.9				0.1	0.1				0.1	0.2		
		1.7	2.3				0.1	0.1				0.1	0.1		

Lampiran 8 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Pagi

PAGI	MEAN	INDOOR LUX					OUTDOOR LUX					DF			
		313.8	791.2				52667.0	54155.7				1.3	3.3		
		270.2	490.6	295.9	116.9		53178.1	51622.7	51211.3	50300.1		1.1	2.3	1.4	0.5
		217.2	229.7	184.1	133.8		52433.8	54211.3	51600.2	50900.3		0.9	0.9	1.0	0.7
		134.9	124.6				51222.3	49978.0				0.7	0.7		
		104.6	132.6				50044.8	50000.0				0.6	0.8		
		104.6	791.2	252.8			49978.0	54211.3	51680.4			0.5	3.3	1.2	

Lampiran 9 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Siang

		OVERCAST													
SIANG	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		1836.7	450.0				562.0	1627.7				700.7	1542.0		
		1282.0	1657.3	1327.0	471.3		458.0	807.0	655.3	224.7		549.3	914.3	625.7	250.3
		885.3	995.3	835.0	572.3		265.0	334.7	300.7	284.3		271.3	324.0	280.3	267.0
		577.3	697.3				216.0	223.3				223.0	210.0		
		415.7	552.7				188.7	297.0				175.7	318.3		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		10870.3	11980.0				18300.7	18400.0				30500	60900.67		
		16033.3	9766.7	16600.0	10933.3		18300.3	19200.3	19400.3	20000.0		63700.33	57800	48100.33	41000.33
		10656.7	10930.0	10886.7	10863.3		22100.7	24000.0	25200.0	27000.7		37500.33	36300.67	39300.67	40500.33
		10380.0	9970.0				28000.0	26100.0				42500.33	45700		
		10326.7	10830.0				27200.7	28900.0				49400.33	44500.67		
		DF					DF					DF			
		16.9	3.8				3.1	8.8				2.3	2.5		
		8.0	17.0	8.0	4.3		2.5	4.2	3.4	1.1		0.9	1.6	1.3	0.6
		8.3	9.1	7.7	5.3		1.2	1.4	1.2	1.1		0.7	0.9	0.7	0.7
		5.6	7.0				0.8	0.9				0.5	0.5		
		4.0	5.1				0.7	1.0				0.4	0.7		

Lampiran 10 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Siang

SIANG	MEAN	INDOOR LUX					OUTDOOR LUX					DF				
		1033.1	1206.6				19890.3	30426.9				7.4	5.0			
		763.1	1126.2	869.3	315.4		32678.0	28922.3	28033.6	23977.9		3.8	7.6	4.2	2.0	
		473.9	551.3	472.0	374.6		23419.2	23743.6	25129.1	26121.4		3.4	3.8	3.2	2.3	
		338.8	376.9				26960.1	27256.7				2.3	2.8			
		260.0	389.3				28975.9	28076.9				1.7	2.3			
		260.0	1206.6	610.8			19890.3	32678.0	26686.6			1.7	7.6	3.7		

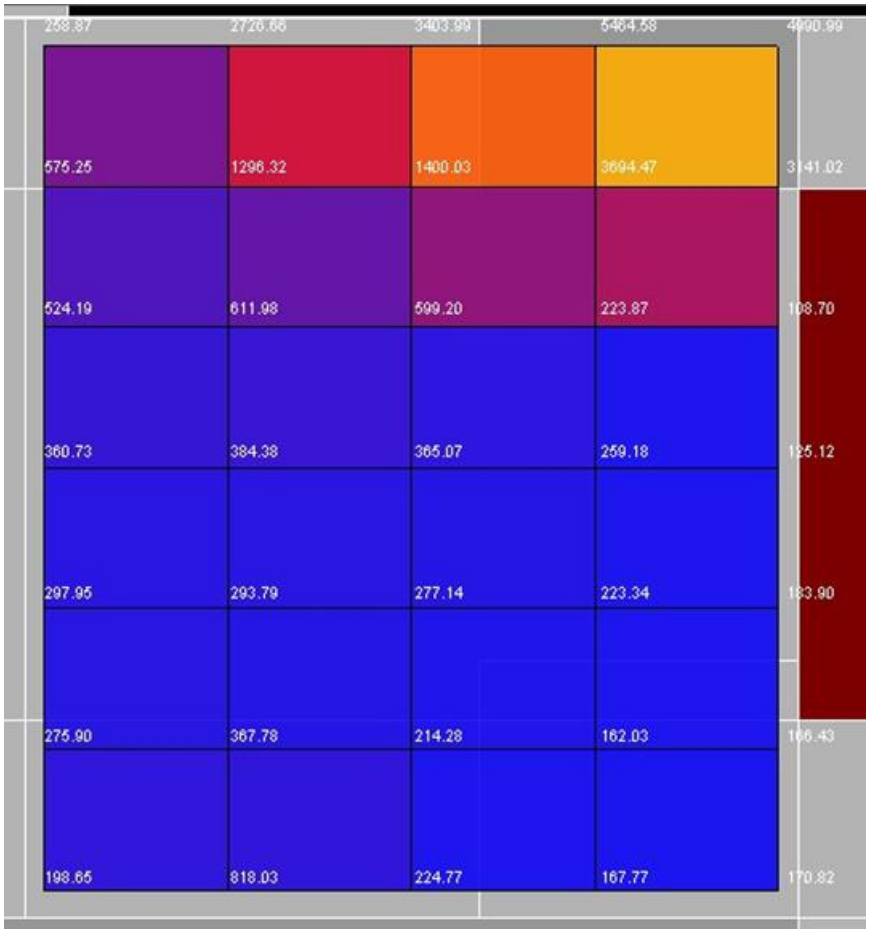
Lampiran 11 Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Sore

		OVERCAST													
SORE	P1	INDOOR LUX				P2	INDOOR LUX				P3	INDOOR LUX			
		695.7	2323.3				507.7	1345.7				415.0	1316.3		
		652.0	1191.0	577.3	327.0		296.0	402.3	445.0	143.0		303.3	464.0	336.0	137.0
		385.3	435.3	388.0	364.3		182.3	222.7	242.0	211.0		182.0	175.7	168.3	184.0
		304.0	275.0				168.3	189.3				123.3	143.0		
		248.3	292.7				122.0	187.0				105.7	217.0		
		OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX					OUTDOOR LUX			
		45500.0	53866.7				16900.67	15400.33				15100.0	16700.7		
		37966.7	66733.3	21133.3	46166.7		16100.33	15700.67	16200	15700		15600.3	14600.7	14000.0	13600.7
		62033.3	70933.3	62033.3	65033.3		15700.67	14400.67	13700	13700		14300.3	13000.0	12700.0	12500.7
		56433.3	51333.3				14000.33	12900.67				10000.3	12800.7		
		55133.3	56333.3				12500	13600.33				13200.7	13400.7		
		DF					DF					DF			
		1.5	4.3				3.0	8.7				2.7	7.9		
		1.7	1.8	2.7	0.7		1.8	2.6	2.7	0.9		1.9	3.2	2.4	1.0
		0.6	0.6	0.6	0.6		1.2	1.5	1.8	1.5		1.3	1.4	1.3	1.5
		0.5	0.5				1.2	1.5				1.2	1.1		
		0.5	0.5				1.0	1.4				0.8	1.6		

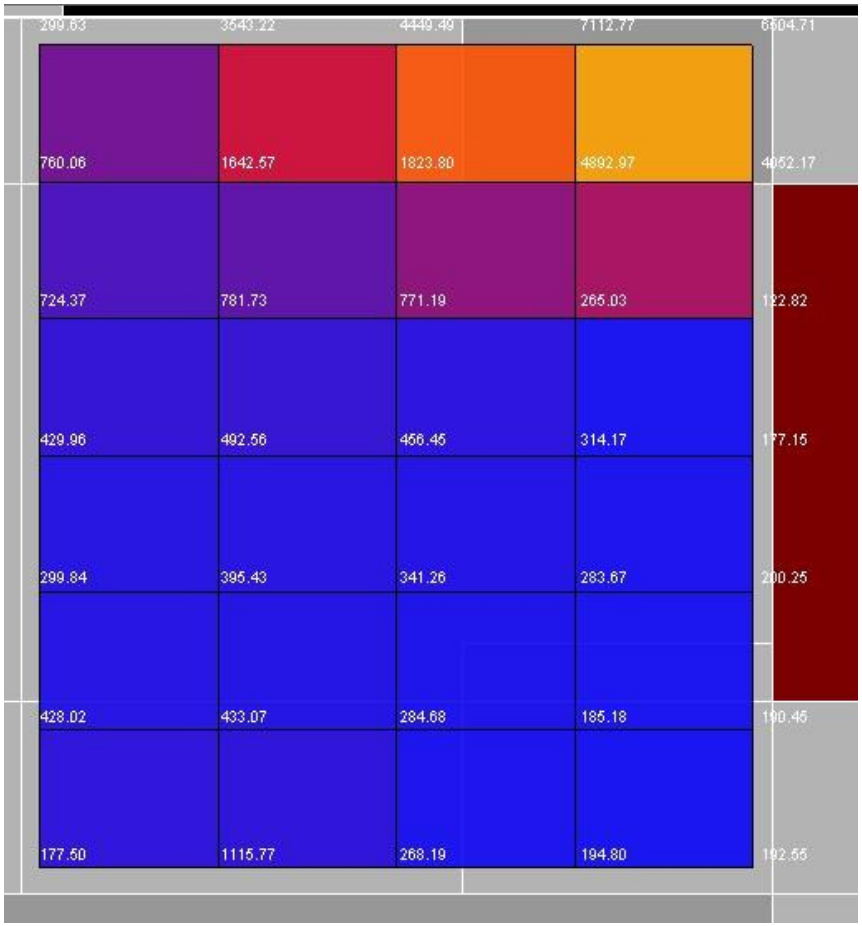
Lampiran 12 Rata-rata Hasil Pengukuran Lapangan Overcast Sore

SORE	MEAN	INDOOR LUX				OUTDOOR LUX				DF			
		539.4	1661.8			25833.6	28655.9			2.4	7.0		
		417.1	685.8	452.8	202.3	23222.4	32344.9	17111.1	25155.8	1.8	2.5	2.6	0.9
		249.9	277.9	266.1	253.1	30678.1	32778.0	29477.8	30411.3	1.0	1.2	1.2	1.2
		198.6	202.4			26811.3	25678.2			1.0	1.0		
		158.7	232.2			26944.7	27778.1			0.7	1.2		
		158.7	1661.8	414.2		17111.1	32778.0	27348.7		0.7	7.0	1.8	

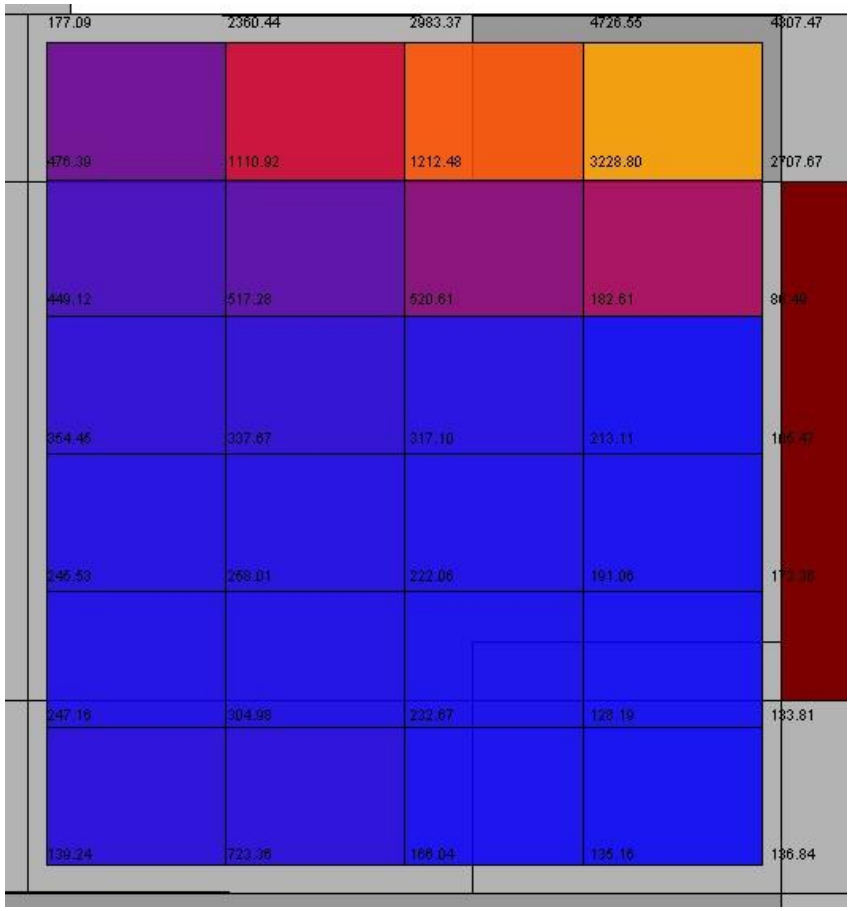
Lampiran 13 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Pagi



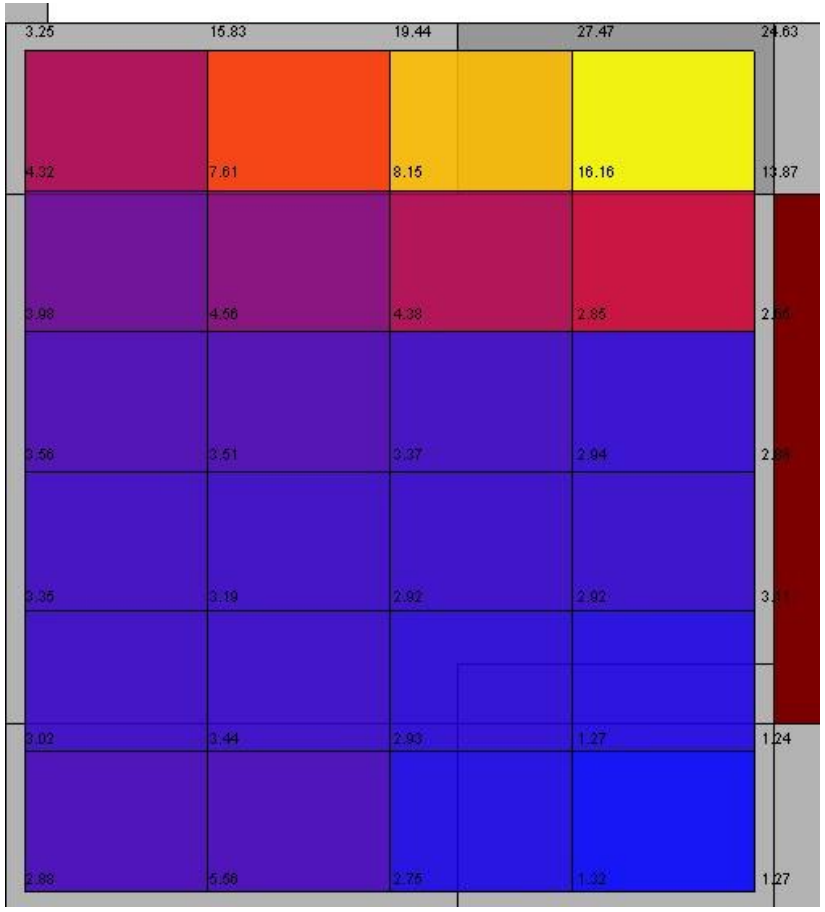
Lampiran 14 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Siang



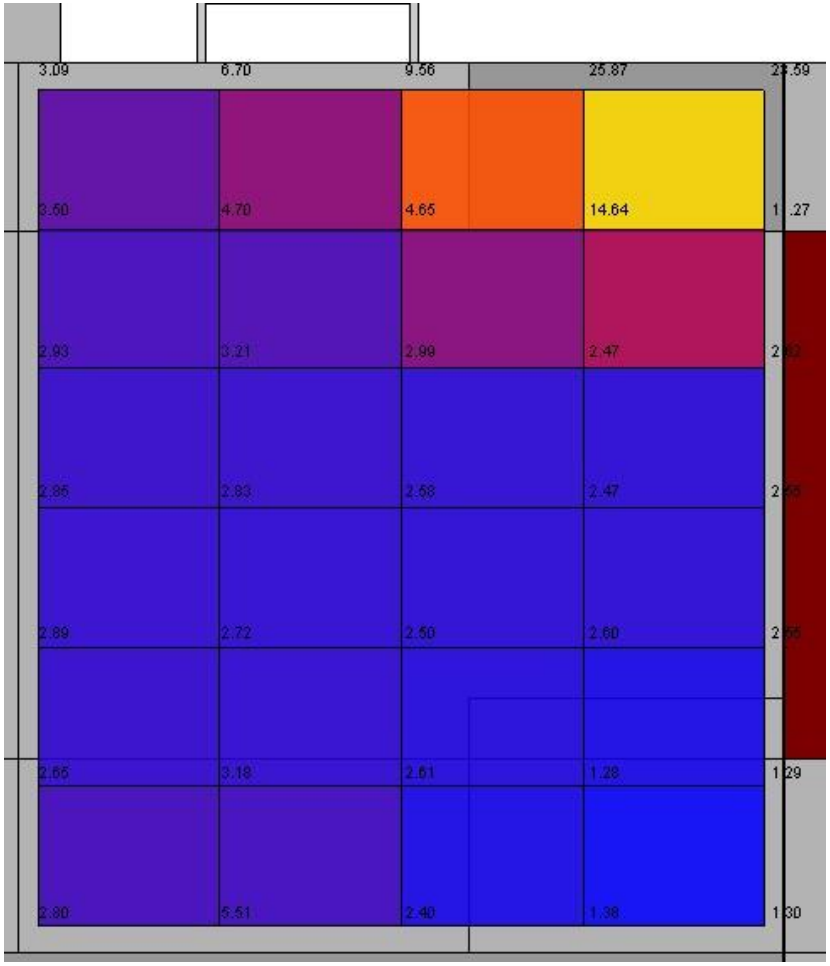
Lampiran 15 Hasil Simulasi Eksisting Partly Cloudy Iluminan Sore



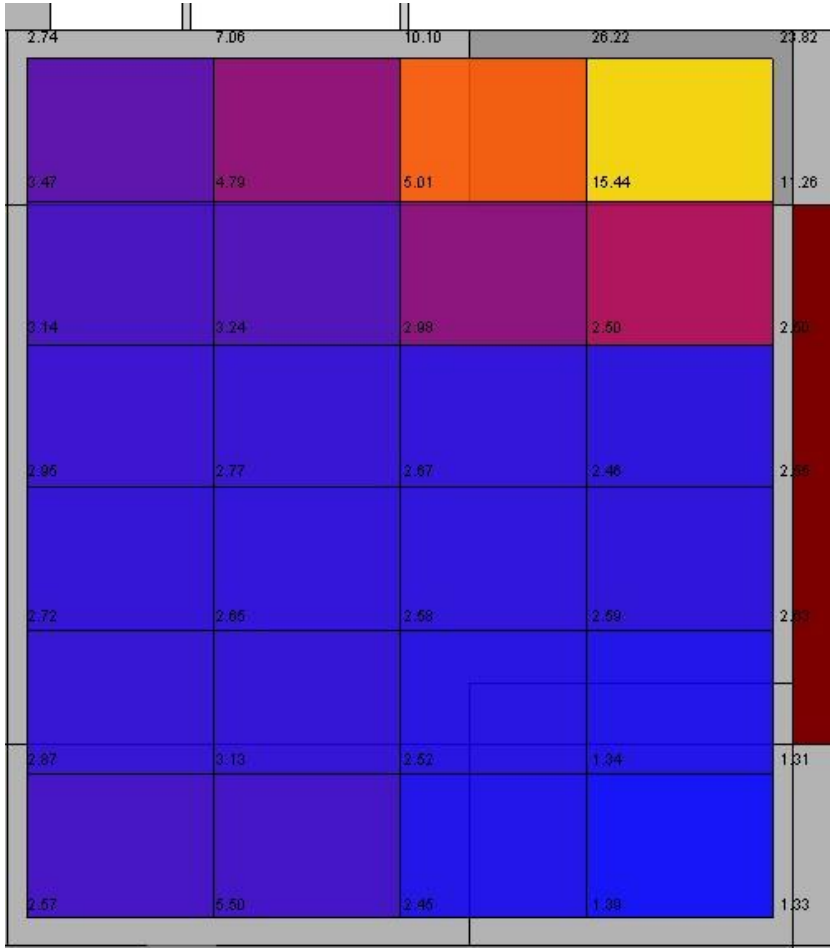
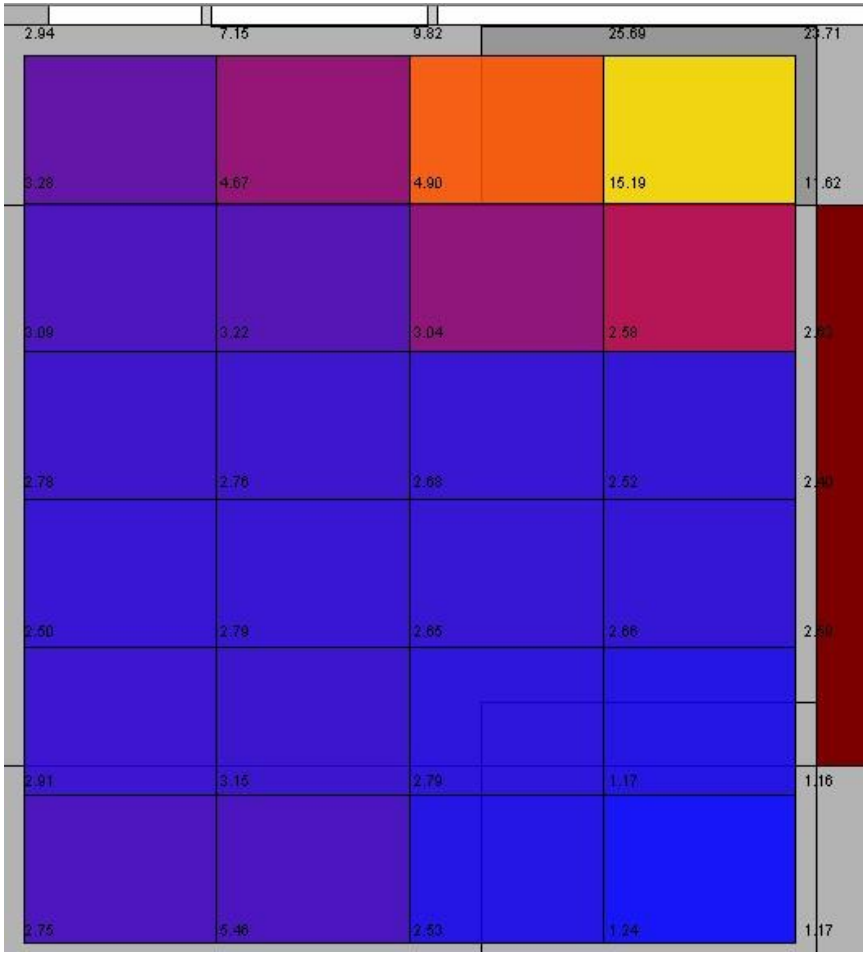
Lampiran 16 Hasil Simulasi Eksisting Overcast DF



Lampiran 17 Hasil Simulasi V1 Rotasi DF



Lampiran 18 Hasil Simulasi V2 Rotasi DF



Lampiran 19 Hasil Simulasi V3 Rotasi DF