



TESIS - RA 14251

**PENGARUH MASSA BANGUNAN DAN POLA BAYANGAN
TERHADAP KONDISI TERMAL RUANG LUAR BANGUNAN
APARTEMEN DI SURABAYA**

IRIS SEAN BEATRICE
08111250049003

Dosen Pembimbing
Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD.
Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E, MT

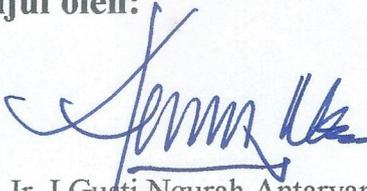
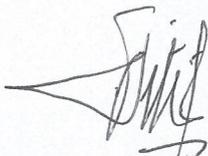
Program Magister
Bidang Keahlian Arsitektur Lingkungan
Departemen Arsitektur
Fakultas Arsitektur, Desain dan Perencanaan
Institut Sepuluh Nopember
2018

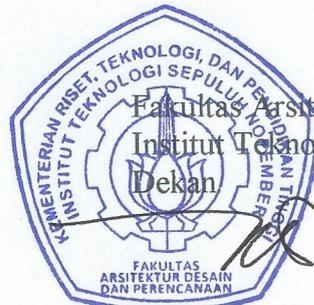
**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

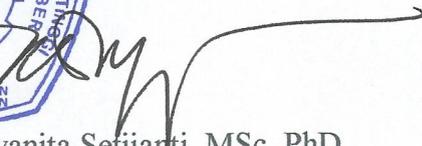
**Oleh
Iris Sean Beatrice
NRP. 08111250049003**

**Tanggal Ujian : 15 Januari 2018
Periode Wisuda : Maret 2018**

Disetujui oleh:

- 
1. Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD. (Pembimbing I)
NIP. 19680425 199210 1 001
- 
2. Dr-Eng. Ir. Dipl.-Ing. Sri Nastiti N., MT (Pembimbing II)
NIP. 19490125 197803 2 002
- 
3. Dr. Ir. Vincentius Totok N, M.T (Penguji I)
NIP. 19551201 198103 1 003
- 
4. Dr. Arina Hayati, ST, MT (Penguji II)
NIP. 19790705 200812 2 002




Ir. Purwanita Setijanti, MSc, PhD
NIP. 19590427 198503 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya, yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Iris Sean Beatrice

NRP : 3212204903

Program Studi : Magister (S2)

Departemen : Arsitektur

Dengan ini saya menyatakan, bahwa isi sebagaimana maupun keseluruhan proposal tesis saya dengan judul :

Pengaruh Massa Bangunan dan Pola Bayangan Terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen 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, 25 Januari 2018



Iris Sean Beatrice

NRP: 3212204903

KATA PENGANTAR

Puji Syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala kelimpahan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan pendidikan magister.

Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Yang terhormat Bapak Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, Ph.D, dan Ibu Dr. Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N, MT., selaku pembimbing yang selalu memberikan waktu, pikiran, koreksi, motivasi, arahan dan kesempatan selama penyelesaian tesis ini.
2. Yang terhormat Dr. Ir. Vincentius Totok N, M.T dan Dr. Arina Hayati, ST, MT, selaku tim penguji yang telah memberi masukan, saran, kritik, dan korekasi yang sangat berarti dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Kepada Ayah dan Ibu yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal.
4. Kepada keluarga Lab sains untuk segala dukungan dan semangat yang diberikan.
5. Kontributor lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas bantuan dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Dukungan, bantuan, semangat, dan bimbingan yang diberikan oleh mereka akan selalu berguna bagi penulis untuk kedepannya. Penulis juga menyadari bahwasanya dalam kekurangan dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Namun penulis harus tetap mendalami kembali dan juga tentunya membutuhkan kritik dan saran. Semoga penelitian ini dapat menjadi ilmu dan pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya, 25 Januari 2018

Penulis

PENGARUH MASSA BANGUNAN DAN POLA BAYANGAN TERHADAP KONDISI TERMAL RUANG LUAR BANGUNAN APARTEMEN DI SURABAYA

Nama : Iris Sean Beatrice
NRP : 3212204903
Pembimbing : Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD
Co. Pembimbing : Dr. Eng.Ir.Dipl.Sri Nastiti N.E,MT

ABSTRAK

Bangunan memiliki peran sebagai penyerap dan pemantul panas yang dapat meningkatkan temperatur serta sebagai pembentuk pembayangan dalam menurunkan temperatur udara dalam suatu lingkungan perkotaan, dimana jumlah radiasi matahari langsung di ruang luar dipengaruhi oleh geometri permukaan karena geometri permukaan menentukan pembayangan yang terbentuk di ruang terbuka. Bangunan apartemen adalah salah satu desain bangunan tinggi berkonfigurasi yang membentuk ruang luar. Konfigurasi ini memiliki potensi membentuk pembayangan pada lingkungan di sekitarnya yang mampu menurunkan suhu permukaan dan penyebaran radiasi panas apabila konfigurasi massa bangunan tersebut diarahkan dan ditata dengan pertimbangan bentuk baik bangunan, rancangan tapak dan orientasi fasadnya. Namun, sejauh mana pengaruh penataan massa bangunan apartemen dengan pola pembayangan yang dihasilkannya terhadap kondisi termal di ruang luar, perlu dikaji melalui model konfigurasi massa bangunan serta pembayangan sehingga tercipta kondisi termal ruang luar yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konfigurasi bangunan apartemen terhadap lingkungan termal luarnya melalui metode eksperimen dengan menggunakan bantuan simulasi software ENVI-met 4. Permodelan dilakukan dengan mengambil beberapa bentuk tipologi apartemen yang sudah ada dengan memberikan perlakuan pada rasio tinggi dan lebar antar bangunan (H/W) serta orientasi dan konfigurasi rancangan tapaknya.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh hubungan antara massa bangunan dan pola bayangan yang dihasilkannya terhadap kondisi termal di ruang luar apartemen. Penurunan suhu di ruang luar apartemen dengan perubahan geometri bangunan pola bujur sangkar lebih efektif dibanding pola paralel, dengan rasio H/W yang memberikan hasil yang signifikan dengan nilai $H/W=6$ pada orientasi Utara-Selatan.

Kata kunci : apartemen, pembayangan, permodelan, rasio h/w, termal ruang luar

THE EFFECT OF MASS BUILDING AND SHADOW PATTERNS ON THERMAL OUTDOOR OF APARTMENT IN SURABAYA

Name : Iris Sean Beatrice
NRP : 3212204903
Advisor : Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD
Co. Advisor : Dr. Eng.Ir.Dipl.Sri Nastiti N.E,MT

ABSTRACT

Buildings may respond and give different roles in urban environment. For instant, buildings not only contribute as radiation absorber and heat reflector which increase the air temperature, but also the building can be as shading generator to decrease the air temperature. Apartment is one of high-rise buildings that forming the outdoor environment. The configuration of this apartment may have potential to generated shading on the outdoor that can reduce the temperature and heat radiation when the mass configuration of buildings are directed and organized by considering the shape of building, site design, and the orientation of building facade. Therefore, it is necessary to study how much the influence of configuration mass geometry as well as shading model to thermal outdoor.

This study will examine the relationship between configuration of the apartment building and shading towards outdoor thermal through experimental methods using simulation of ENVI-met 4 as the key software. The modelling is done by taking some typology form existing apartment that will be conditioned with height and width ratio between buildings (H/W) as well as the orientation and configuration of the site.

The results of this study indicate the relationship between mass building along with shading patterns towards the thermal condition on the outdoor apartment. The temperature reduced on outdoor apartment is more effective on building geometry with square patterns than parallel patterns, along with H/W ratio that give significant results on $H/W = 6$ with North-South orientation.

Keywords : apartment, h/w ratio, modelling, outdoor thermal, shading.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstraksi	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	vi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lingkungan Termal	7
2.1.1 Pengertian Kondisi Termal	7
2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kondisi Termal	7
2.1.3 Lingkungan Termal pada Area Terbangun	8
2.1.4 Sumber Panas pada Lingkungan Ruang Luar	13
2.1.5 Kenyamanan Termis pada Lingkungan Ruang Luar	14
2.2 Konsep Pembayangan Ruang Luar	17
2.2.1 Faktor Penentu Efek Pembayangan Bangunan	18
2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pola Bayangan	21
2.2.3 Peran Pembayangan terhadap Iklim Mikro	24
2.3 Bangunan Apartemen	28
2.3.1 Tipologi Bangunan Apartemen	30
2.3.2 Apartemen sebagai Massa Bangunan Tinggi	35
2.3.3 Ruang Luar Pada Bangunan Apartemen	36
2.4 Bentuk dan Massa Bangunan	38
2.5 Konfigurasi Penutup Lahan (Massa Bangunan) dan Pembayangan sebagai Faktor yang Mempengaruhi Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar	39
2.6 Dasar teori	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Paradigma Penelitian	43
--------------------------------	----

3.2	Metode Penelitian	44
3.3	Tahapan Penelitian	46
3.4	Variabel Penelitian	47
3.4.1	Jenis Variabel.....	43
3.4.2	Definisi Operasional Variabel.....	48
3.5	Subjek Penelitian	49
3.5.1	Populasi.....	49
3.5.2	Sampel.....	51
3.6	Koleksi Data	52
3.7	Rancangan Eksperimen	54
3.8	Simulasi	55
3.9	Tahap Penelitian	58
3.10	Analisa Data	60

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Kondisi Iklim Kota Surabaya	63
4.2	Kondisi Iklim Surabaya Tahun 2012	65
4.3	Verifikasi Hasil Lapangan dan Hasil Simulasi	67
4.3.1	Kondisi Lingkungan di sekitar Apartemen Gunawangsa Manyar.....	68
4.3.2	Kondisi Termal Ruang Luar Apartemen Gunawangsa Manyar dengan Simulasi ENVI-met.....	73
4.3.3	Verifikasi Hasil Lapangan dan Hasil Simulasi.....	75
4.4	Karakteristik Model Bangunan Apartemen yang Digunakan pada Simulasi	75
4.5	Karakteristik Pembayangan yang Dihasilkan oleh Konfigurasi Pola Massa Bangunan Apartemen	79
4.5.1	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tipologi Tipe U.....	79
4.5.2	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tipologi Tipe U.....	83
4.5.3	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tipologi Tipe L.....	87
4.5.4	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tipologi Tipe L.....	90
4.5.5	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tipologi Tipe □.....	93
4.5.6	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tipologi Tipe □.....	97

4.6	Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar pada Tiap Pola Massa Bangunan Apartemen.....	100
4.6.1	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tiap Tipologi Tipe U.....	100
4.6.2	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tiap Tipologi Tipe U.....	103
4.6.3	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tiap Tipologi Tipe L (L1)	107
4.6.4	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tiap Tipologi Tipe L (L2).....	110
4.6.5	Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Pada Tiap Tipologi Tipe □ (K1).....	113
4.6.6	Pola Massa Bangunan Pararel Pada Tiap Tipologi Tipe □ (K2).....	116
4.7	Pengaruh Pembayangan terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen.....	119
4.8	Pengaruh Konfigurasi Pola Massa Bangunan Terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen.....	129
4.9	Rangkuman Analisa	
4.9.1	Kesimpulan Hasil Pola Bayangan pada Setiap Konfigurasi Pola Massa Bangunan.....	136
4.9.2	Kesimpulan Hasil Kondisi Termal pada Setiap Konfigurasi Pola Massa Bangunan	137
4.9.3	Pengaruh Variabel bebas terhadap Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar Apartemen	138

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	143
5.2	Saran.....	147

Daftar Pustaka.....	143
---------------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Nilai Pemantulan dan Penyerapan pada Jenis Permukaan.....	8
Tabel 2.2	Tabel Nilai Radiasi Gelombang panjang-pendek pada Material Permukaan Area Perkotaan	11
Tabel 2.3	Tabel Nilai Thermal Conductivity dan Thermal Admittance pada Material Permukaan Area Perkotaan	11
Tabel 2.4	Tabel Korelasi antara Aspek Iklim dengan Prinsip Perancangan dan Tatahan Bangunan	12
Tabel 2.5	Tabel Interpretasi Skala Kenyamanan Termis	15
Tabel 2.6	Tipe Bentuk Tipologi Bangunan Apartemen	33
Tabel 2.7	Tipe Konfigurasi Bangunan Apartemen	34
Tabel 2.8	Luas Lantai Bangunan Apartemen dan Kebutuhan Parkirnya	37
Tabel 2.9	Lebar Rencana Lantai dan Luas min. Lahan Parkirnya	37
Tabel 3.1	Variabel Penelitian	47
Tabel 3.2	Batasan Model Tipologi Bangunan yang digunakan	49
Tabel 3.3	Contoh Tipologi dan Besar Volume Apartemen di Surabaya.....	46
Tabel 3.4	Jenis dan Tekni Pengambilan Data	54
Tabel 3.5	Penyederhanaan Model Simulasi ENVI-met Untuk ke-36 Tipe Konfigurasi Pola Massa Bangunan Apartemen.....	56
Tabel 4.1	Data Iklim kota Surabaya tahun 2007-2011	63
Tabel 4.2	Kondisi Iklim Surabaya tahun 2012.....	66
Tabel 4.3	Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi U	75
Tabel 4.4	Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi L	76
Tabel 4.5	Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi □	78
Tabel 4.6	Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe U	102
Tabel 4.7	Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe U	105
Tabel 4.8	Perbandingan Kondisi Termal pada Bujur Sangkar tipe L.....	109
Tabel 4.9	Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe L.....	112
Tabel 4.10	Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe □	115
Tabel 4.11	Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe □	118

Tabel 4.12	Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasio H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe U	129
Tabel 4.13	Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe U.....	130
Tabel 4.14	Presentase Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe U.....	130
Tabel 4.15	Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasion H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe L.....	130
Tabel 4.16	Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe L.....	130
Tabel 4.17	Presentase Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe L.....	130
Tabel 4.18	Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasion H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe □	131
Tabel 4.19	Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe □	131
Tabel 4.20	Presentase Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe U.....	131
Tabel 4.21	Kondisi Termal pada Konfigurasi Pola Bujur Sangkar	132
Tabel 4.22	Kondisi Termal pada Konfigurasi Pola Pararel	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perilaku Termal dan Karakteristik Kondisi Iklim Makro Perkotaan-Perdesaan	9
Gambar 2.1	Grafik kenaikan termal <i>admittance</i> dengan kepadatan bangunan pada tiap material permukaan.....	10
Gambar 2.2	Gambar Sumber Panas Lingkungan	14
Gambar 2.3	Sudut <i>Azimuth</i> dan Sudut <i>Altitude</i>	17
Gambar 2.4	Pengukuran Lapangan	19
Gambar 2.5	Kebutuhan Peningkatan Pembayangan pada Daerah Iklim Tropis	20
Gambar 2.6	Hasil Proyeksi Bayangan pada Koridor jalan pada Waktu yang berbeda	20
Gambar 2.6	Posisi dan Pergerakan Matahari	24
Gambar 2.7	Pertukaran panas pada pukul 12.00 dalam Musim panas	26
Gambar 2.8	Posisi dan Pergerakan Matahari	27
Gambar 2.9	Bangunan Apartemen berbentuk Slab.....	32
Gambar 2.10	Bangunan Apartemen berbentuk Tower	32
Gambar 2.11	Bangunan Apartemen Varian Tower.....	33
Gambar 4.1	Kondisi Iklim Makro Surabaya 2012	67
Gambar 4.2	Bangunan Apartemen Gunawangsa Manyar.....	68
Gambar 4.3	Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara di Apartemen Gunawangsa Manyar.....	69
Gambar 4.4	Temperatur Udara di Area Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar	70
Gambar 4.5	Temperatur dan Kelembaban Udara di Area Podium dan Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar.....	72
Gambar 4.6	Profil kecepatan Angin di Area Podium dan Area Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar	73
Gambar 4.7	Penyederhanaan Kawasan Apartemen Gunawangsa Manyar.....	74
Gambar 4.8	Grafik Profil Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara Serta Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari Pada Simulasi Gunawangsa Manyar.....	74
Gambar 4.9	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat	79
Gambar 4.10	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan	

	orientasi Utara-Selatan.....	80
Gambar 4.11	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat	80
Gambar 4.12	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan	81
Gambar 4.13	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat	81
Gambar 4.14	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan	82
Gambar 4.15	Perbandingan Temperatur Udara dan Prosentasi Pembayangan pada Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Tipe U	82
Gambar 4.16	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat	83
Gambar 4.17	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan.....	83
Gambar 4.18	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat	84
Gambar 4.19	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan	84
Gambar 4.20	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat	84
Gambar 4.21	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan	85
Gambar 4.22	Perbandingan Temperatur Udara dan Presentasi Pembayangan pada Pola Massa Bangunan Pararel Tipe U.....	86
Gambar 4.23	Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Pararel pada Tipe U.....	86
Gambar 4.24	Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada tiap Pola Pararel Tipe U	86
Gambar 4.25	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat.....	87
Gambar 4.26	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan.....	87
Gambar 4.27	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat	88
Gambar 4.28	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan	88
Gambar 4.29	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat	88

Gambar 4.30	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan	89
Gambar 4.31	Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe L	89
Gambar 4.31	Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada tiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe L	90
Gambar 4.32	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat	90
Gambar 4.33	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan.....	90
Gambar 4.34	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat	91
Gambar 4.35	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan	91
Gambar 4.36	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat	92
Gambar 4.37	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan	92
Gambar 4.37	Perbandingan Temperatur Udara dan Persentasi Pembayangan per jam pada Pola Massa Bangunan Pararel Tipe L	93
Gambar 4.38	Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada setiap Pola Pararel pada Tipe L.....	93
Gambar 4.39	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat	94
Gambar 4.40	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan.....	94
Gambar 4.41	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat	94
Gambar 4.42	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan	95
Gambar 4.43	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat	95
Gambar 4.44	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan	95
Gambar 4.45	Perbandingan Temperatur Udara dan Persentasi Pembayangan per jam pada Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar Tipe □.....	96
Gambar 4.46	Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada setiap Pola Pararel	

	pada Tipe □	96
Gambar 4.47	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat (K2 HW1 TB).....	97
Gambar 4.48	Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan (K2 HW1 US)	97
Gambar 4.49	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat (K2 HW3 TB))	97
Gambar 4.50	Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan (K2 HW3 US).....	98
Gambar 4.51	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat (K2 HW6 TB).....	98
Gambar 4.52	Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan (K2 HW6 US).....	98
Gambar 4.53	Perbandingan Temperatur Udara dan Persentasi Pembayangan per jam pada Pola Massa Bangunan Pararel Tipe □	98
Gambar 4.54	Perbandingan Temperatur Udara dan Prosentasi Pembayangan per jam pada Pola Massa Bangunan Pararel Tipe □	99
Gambar 4.55	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U	100
Gambar 4.56	Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pola Bujur Sangkar pada Tipe U.....	101
Gambar 4.57	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U	101
Gambar 4.58	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U.....	101
Gambar 4.59	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U.....	104
Gambar 4.50	Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U.....	104
Gambar 4.61	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U.....	104
Gambar 4.61	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U (U2)	105
Gambar 4.62	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L	105
Gambar 4.63	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L	107
Gambar 4.64	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L	107

Gambar 4.65	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L	108
Gambar 4.66	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L	108
Gambar 4.67	Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pola Pararel pada Tipe L	111
Gambar 4.68	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipe L	111
Gambar 4.69	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L	111
Gambar 4.70	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L	112
Gambar 4.71	Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pola Pararel pada Tipe L	113
Gambar 4.72	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipe L	113
Gambar 4.73	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L	114
Gambar 4.74	Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □	115
Gambar 4.75	Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pola Bujur Sangkar pada Tipe □	117
Gambar 4.76	Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □	117
Gambar 4.77	Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □	117
Gambar 4.78	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe U	119
Gambar 4.79	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe U	121
Gambar 4.80	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe L	122
Gambar 4.81	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe L	124
Gambar 4.82	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe □	125
Gambar 4.83	Hubungan Presentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Pararel tipe □	127

DAFTAR SIMBOL DAN ISTILAH

UHI	: <i>Urban Heat Island</i>
In	: Intensitas Radiasi Matahari
Waat/m ²	: Watt per meter kuadrat (satuan Intensitas Radiasi Matahari)
T	: Temperatur Udara
°C	: Derajat Celcius (satuan temperatur udara)
RH	: Kelembaban Udara
V	: Kecepatan Angin
m/s	: Meter per detik (satuan kecepatan angin)
H/W	: Perbandingan tinggi bangunan dan lebar jalan
B	: Daerah Terbayangi
TT	: Dareah Tidak Terbayangi
TB	:Timur-Barat
US	: Utara-Selatan
U1	: Pola Massa Bangunan degan tipe U
U2	: Pola Massa Bangunan degan tipe U
L1	: Pola Massa Bangunan degan tipe L
L2	: Pola Massa Bangunan degan tipe L
K1	: Pola Massa Bangunan degan tipe <input type="checkbox"/>
K2	: Pola Massa Bangunan degan tipe <input type="checkbox"/>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Termal Perkotaan

Pesatnya pembangunan fisik akibat meningkatnya kebutuhan dan jumlah penduduk sebagai objek dan subjek yang harus ditingkatkan kualitas hidupnya dan juga sebagai pelaku pembangunan itu sendiri, membuat kota Surabaya sebagai kota ke dua terbesar di Indonesia menjadi salah satu kota Metropolitan yang memiliki pertumbuhan fisik yang terus meningkat. Salah satu pertumbuhan fisik yang dapat dilihat saat ini adalah perkembangan pembangunan hunian vertikal berupa apartemen yang semakin banyak di Surabaya, dimana hal ini memang sangat didukung oleh Pemerintah kota Surabaya yang menginginkan pembangunan gedung tidak lagi dalam bentuk horizontal melainkan vertikal (nasional.news.viva.co.id/news).

Berdasarkan data dari konsultan *Propertie Colliers International Indonesia*, sampai semester pertama pada tahun 2014, pembangunan apartemen di kota Surabaya telah mencapai angka 16.380 unit. Suplai apartemen tersebut berasal dari Surabaya pusat sebanyak 633 unit, Surabaya Selatan 1.442 unit, Surabaya Timur 6.345 unit dan Surabaya Barat 7.960 unit. Secara total, Surabaya Timur menjadi penyumbang utama suplai apartemen di masa depan dengan 42%, diikuti Surabaya Selatan 37%, dan Surabaya Barat 21% (surabayanews.co.id).

Perkembangan dalam sektor pembangunan sendiri merupakan salah satu sumberdaya yang cukup potensial dalam meningkatkan perekonomian suatu daerah, namun disisi lain dapat pula melahirkan berbagai dampak yang berpengaruh terhadap kualitas di dalamnya. Euforia otonomi daerah yang berorientasi pada peningkatan pendapatan yang memotivasi pertumbuhan penyediaan sarana dan prasarana di daerah, ini menyebabkan peningkatan pengalihan fungsi ruang dan kawasan dalam jangka panjang. Perubahan lahan pada pembangunan kawasan perkotaan yang membutuhkan ruang besar tersebut dapat menimbulkan penurunan

fungsi ruang kawasan yang menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan seperti hilangnya ruang publik dan ruang terbuka hijau, serta meningkatnya suhu udara di area ruang luar yang membuat terjadinya ketidaknyamanan termal di ruang luar.

Perubahan-perubahan fisik kulit bumi yang terjadi akibat banyaknya kawasan permukiman dan bangunan tinggi itu sendiri akhirnya turut mempengaruhi perubahan iklim lokal pada daerah yang mengalami perubahan fisik yang juga berdampak pada perubahan iklim di tempat lain, dan secara keseluruhan kemudian mempengaruhi perubahan lingkungan termal perkotaan. Salah satu dampak yang sudah terlihat adalah adanya fenomena *urban heat island* (UHI) yang memberikan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan dimana meningkatnya suhu udara rata-rata di ruang luar akhirnya membuat kenyamanan termal di ruang luar semakin berkurang sementara suhu ruang luar sendiri dapat mempengaruhi suhu di dalam bangunan (Prasasto 2004).

Penyebab utama dari fenomena UHI sendiri adalah karena adanya pergantian tutupan lahan alami dengan perkerasan, bangunan, dan infrastruktur lainnya. Dimana pergantian ini akan mengurangi jumlah pohon dan tanaman sehingga mengurangi efek pendinginan alami dari pembayangan dan penguapan air dari tanah dan dedaunan. Meningkatnya jumlah bangunan tinggi sehingga membentuk jalur-jalur jalan sempit yang merangkap udara panas dan menghambat aliran udara (*geometry effect*) (Jusuf dkk, 2007) yang dapat mempengaruhi peningkatan panas lingkungan.

Pada penelitian Johansson (2008) tentang urban desain dan kenyamanan termal *outdoor* di Fez dan Colombo yang mengukur iklim pada ngarai perkotaan, di dua ngarai pada kota Fez terdapat perbedaan yang cukup terlihat pada urban geometri (H/W rasio) dan jumlah permukaan yang tertutupi di tiap bangunannya, sedangkan pada lima ngarai kota di Colombo tidak terdapat perbedaan geometri yang terlalu signifikan. Pada hasil penelitian ini terdapat empat hal yang mempengaruhi iklim mikro dan kenyamanan termal ruang luar di kota Fez dan Colombo.

Yang pertama adalah pengaruh H/W rasio dan orientasi. Pada kota Fez ditemukan hubungan antara maksimum temperatur siang hari dengan rasio H/W pada musim panas dan musim dingin, yang mana pada ke dua musim tersebut

penurunan temperatur searah dengan peningkatan rasio H/W. Yang kedua adalah reflektifitas pada permukaan, meskipun dalam hasil penelitian ini pengaruh reflektifitas pada material permukaan di ngarai kota Fez diungkapkan hanyalah bersifat minor pada level PET (*Physiologically Equivalent Temperature*) di jalanan. Yang ketiga adalah pengaruh *thermal mass* dimana PET cenderung turun dengan meningkatnya *thermal admittance* μ pada permukaan jalanan. Yang keempat adalah pengaruh pembayangan di level area jalan, dimana sangat jelas bahwa banyaknya deretan pepohonan dan barisan pilar-pilar disana dengan signifikan mampu memperbaiki kondisi kenyamanan termal walaupun tingkat efisiensi pepohonan disana masih dikatakan lebih rendah daripada barisan pilar-pilar karena bentuk transparansi jerubung atau kanopi yang diberikan dari dedaunan pohon. Dan pengaruh yang terakhir adalah pengaruh koridor angin.

Penelitian Shashua-Bar dkk (2000), dimana membahas mengenai efek bayangan pada lingkungan termal di suatu perkotaan, mengeksplorasi efek pendinginan dari kawasan penghijauan karena adanya unsur pembayangan (*shading*) yang tercipta dari geometri dan karakteristik pohon, di kota kecil Tel-Aviv, Israel yang beriklim panas dan menjelaskan bahwa efek pendinginan dari bayangan pohon yang memiliki peran dalam menghalangi radiasi matahari ditinjau dari aspek geometri (*urban geometry*) dan orientasi pada koridor jalan (*canyon street*). Aspek geometri yang dimaksud berupa perbandingan tinggi bangunan dengan lebar jalan dan berorientasi menghadap Utara-Selatan; Timur-Barat.

Hal yang sama juga disebutkan dalam penelitian Bourbia dkk (2004) di wilayah Sahara, Algeria yang beriklim panas-kering. Dimana terdapat varian temperatur udara dengan temperatur permukaan yang dipengaruhi oleh aspek bayangan yang tercipta dari bangunan dan aspek faktor langit (*Sky View Factor/SVF*) pada koridor jalan. Dengan kata lain, terdapatnya korelasi yang besar antara geometri jalan, *SVF* dan temperatur permukaan yang dapat menurunkan temperatur udara setempat.

Dengan memahami faktor yang mempengaruhi kondisi termal di ruang luar tersebut dapat diketahui beberapa strategi penanggulannya dalam mengurangi suhu lingkungan iklim perkotaan yaitu dengan konfigurasi berupa karakteristik spasial, pengaturan serta tutupan lahan (Zhou dkk, 2011). Pada bangunan tinggi apartemen

terdapat bentuk penataan massa bangunan yang cukup berbeda dengan bangunan tinggi lainnya seperti pada bangunan perkantoran dan komersial lainnya, dimana massa bangunan apartemen biasanya memiliki bentuk dengan tipe konfigurasi yang memiliki ciri paralel dan bujur sangkar (Seon-Yeong Jeong, 2012) yang mengikuti prinsip geometri permukaan di antaranya mencakup rasio tinggi dan jarak antar bangunan (Givoni, 1998: 247) dan orientasi (Givoni, 1998: 288). Hal ini dapat dimanfaatkan untuk membentuk konfigurasi massa bangunan yang mampu membantu menurunkan iklim daerah di lingkungannya.

Dengan perkembangan pembangunan apartemen yang cukup pesat saat ini, dimana sebanyak 28.640 unit dari 37 proyek apartemen yang akan rampung pada tahun 2018 dan 2019 di Surabaya (propertybusinessacademy.com), maka bangunan apartemen memiliki potensi menjadi bangunan tinggi yang mampu memberikan pendinginan suhu lingkungan untuk mengurangi efek UHI. Oleh karena itu peneliti ingin melakukan kajian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh massa bangunan dan pembayangan yang dihasilkan terhadap kondisi termal ruang luar, dalam hal ini apartemen di kota Surabaya.

1.2 Perumusan Masalah

Konfigurasi berupa karakteristik spasial, pengaturan dan tutupan lahan memiliki pengaruh dalam pembentukan bayangan pada permukaan mampu mempengaruhi kondisi lingkungan termal di ruang luar dengan memberikan efek pendinginan ataupun sebaliknya dengan memberikan peningkatan temperatur udara melalui penyerapan dan pemantulan panas serta mengalangi arah matahari. Hal tersebut tidak terlepas dari penataan penutup lahan berupa geometri, lebar jalan dan orientasi bangunan yang merupakan konfigurasi lansekap. Brown (2010;2011) mengemukakan bahwa desain lansekap dapat memodifikasi iklim mikro melalui elemen iklim radiasi matahari dan kecepatan angin. Emmanuel dkk (2007) menjelaskan hubungan pembayangan terhadap geometri perkotaan dan orientasi jalan, dengan hasil penelitian bahwa pembayangan yang terbentuk di geometri perkotaan itu sebagai pendinginan pasif (*passive cooling*).

Bangunan tinggi seperti bangunan apartemen yang saat ini sedang berkembang pesat memiliki potensi sebagai salah satu setting kota untuk menghambat penyebaran panas radiasi matahari yang secara tidak langsung memberikan pengaruh terhadap suhu lingkungan di sekitarnya. Untuk itu perlu kajian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh massa bangunan tinggi ataupun pembayangan yang dihasilkannya, terutama pada bangunan tinggi apartemen terhadap kondisi termal di ruang luarnya melalui penataan penutup lahan yang mencakup geometri, rasio tinggi bangunan dan jarak antar bangunan, serta orientasi (Givoni, 1998: 288).

Berdasarkan uraian di atas, maka timbul beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penataan massa bangunan apartemen dengan pola pembayangan yang dihasilkannya terhadap kondisi termal di ruang luarnya?
2. Bagaimana konfigurasi penataan massa bangunan yang optimal untuk mengurangi suhu lingkungan di ruang luar?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan pertanyaan di atas, maka berikut diuraikan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini meliputi:

1. Untuk menganalisa pengaruh konfigurasi massa bangunan apartemen dan bayangan yang dihasilkannya terhadap keadaan termal ruang luar di sekitarnya.
2. Untuk mendapatkan konfigurasi massa bangunan tinggi dengan penurunan temperatur ruang luar yang lebih baik sebagai bentuk strategi dalam mengurangi suhu lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Secara teori

Penelitian ini diharapkan dapat menambah kajian teori mengenai pengaruh massa bangunan tinggi dan bayangannya terhadap lingkungan termal di ruang luar, khususnya pada bangunan tinggi apartemen dimana

ketertutupan yang dihasilkan pada konfigurasi massa bangunan apartemen bisa dijadikan masukan bagi penelitian-penelitian sejenis.

2. Secara praktek

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan usulan perancangan tata pola bangunan yang dapat dijadikan arahan rancangan desain bangunan tinggi yang mampu memberikan ketertutupan yang lebih baik sebagai bentuk pembayangan dalam mengurangi suhu lingkungan.

1.5 Batasan penelitian

Batasan penelitian ditentukan untuk lebih membatasi masalah yang akan diteliti sehingga dapat dilakukan secara terarah dan mencapai sasaran yang diharapkan. Batasan masalah pada penelitian yang dilakukan adalah:

1. Lingkup penelitian

- Penelitian ini ditujukan pada apartemen dengan tipe *high-rise* (20 lantai). Fokus dari penelitian ini adalah pola konfigurasi massa bangunan dan bayangannya terhadap kondisi termal di ruang luarnya. Jenis apartemen dengan lebih dari 1 tower dipilih untuk mendapatkan bayangan dari pengaruh massa bangunan dengan tipologi bangunan apartemen yang digunakan berupa tipe *flat* dengan bentuk L atau memanjang, serta tipe *tower* dengan bentuk silang / U dan □.
- Digunakan 2 pola massa bangunan berupa pola paralel dan bujur sangkar dengan keseluruhan material permukaan pada ruang luar apartemen yang akan disimulasikan adalah dengan menggunakan material *con-block* atau *paving block* untuk memfokuskan bayangan yang dimaksud hanya berasal dari bangunan massif tanpa memperhatikan faktor eksternal lainnya seperti vegetasi ataupun kontur serta kelembaban permukaan tanah.

2. Lokasi penelitian

Eksisting bangunan diambil dari literatur dan data bangunan apartemen di Surabaya. Orientasi diambil berdasarkan sampel eksisting yang digunakan bangunan apartemen di Surabaya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lingkungan Termal

2.1.1 Pengertian Kondisi Termal

Kondisi termal merupakan ambang batas relatif yang menunjukkan nilai kondisi iklim tertentu, lingkungan sekitar dan aktifitas dengan memperhatikan faktor-faktor pendukung yang berhubungan dengan faktor fisiologi, faktor perantara dan faktor fisik (Lippsmeier, 1994).

Panas adalah energi dari getaran molekul dalam suatu substansi. Temperatur adalah ukuran energi getaran rata-rata molekul dalam suatu substansi. Suatu substansi yang memiliki panas pada molekul-molekulnya selalu bergerak. Molekul akan berhenti bergerak pada saat suhu $-459.69\text{ }^{\circ}\text{F}$, $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau 0°K . Semakin cepat molekul bergerak semakin panas temperaturnya.

Pada lingkungan termal sendiri terdapat beberapa faktor yang berpengaruh yaitu *heat*/panas yang merupakan salah satu bentuk energi yang terkandung dalam zat sebagai gerakan molekul atau muncul sebagai radiasi elektromagnetik. Temperatur yaitu gejala kandungan panas dalam suatu zat dan laten *heat* adalah jumlah panas yang dapat diserap dengan perubahan kondisi tanpa perubahan suhu (Prastowo, 2001).

2.1.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kondisi Termal

Faktor iklim yang dapat mempengaruhi kondisi termal (Lippsmeier, 1994, Rapoport, 1977) adalah temperatur udara, kelembaban udara dan pergerakan udara.

Temperatur udara merupakan keadaan udara pada waktu dan tempat tertentu, dimana temperatur dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Penyinaran matahari, meliputi jarak dan lamanya penyinaran, serta besar kecilnya sudut datang matahari. Semakin besar intensitas penyinaran matahari, semakin tinggi temperatur udaranya.
2. Tinggi rendahnya permukaan daratan. Semakin tinggi suatu tempat di daratan dari permukaan air laut, semakin rendah temperatur udaranya.

3. Sifat permukaan bumi. Permukaan daratan bersifat lebih cepat menyerap dan melepaskan panas dibandingkan dengan permukaan laut. Naik turunnya temperatur udara dapat dilihat pada angka yang tertera pada tabung kaca termometer. Satuan derajat untuk temperatur udara antara lain Celcius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), dan Reamur ($^{\circ}\text{R}$).

Faktor elemen-elemen lingkungan lain yang juga mempengaruhi kondisi termal yaitu orientasi dan lebar jalan (Golany, 1995), ruang terbuka, tata hijau serta bahan / material lingkungan (Hough, 1989). Orientasi dan lebar jalan akan mempengaruhi laju pergerakan udara dan radiasi matahari. Besarnya radiasi matahari yang diterima pada suatu ruang terbuka menjadi salah satu penyebab tinggi – rendahnya kondisi termal lingkungan (Wadoyo, 2002). Sedangkan pengaruh bahan / material lingkungan tergantung pada koefisien penyerapan dan pemantulan panas yang diterimanya.

Tabel. 2.1 Tabel Nilai Pemantulan dan Penyerapan pada Jenis Permukaan

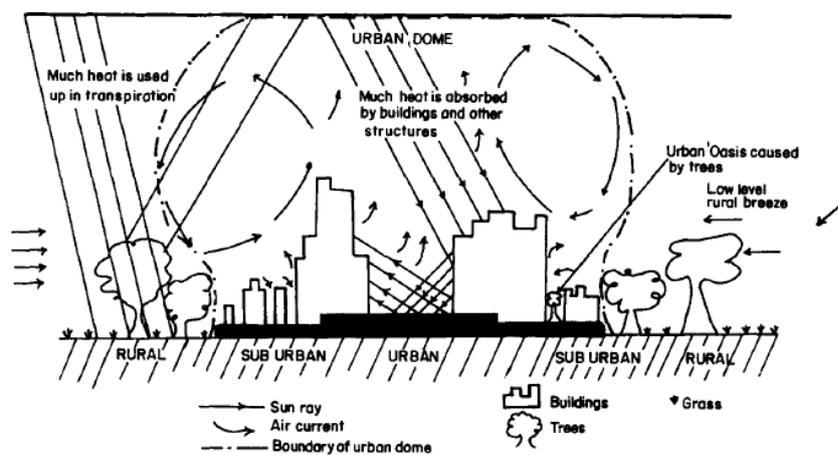
Material Permukaan	Penyerapan (%)	Pemantulan (%)
Semen (baru atau putih)	40-60	60-40
Semen Slate	80-95	20-5
Semen Lama	70-85	30-15
Aspal	85-95	15-5
Beton	60-70	40-30
Tanah Rumput (Ladang)	70-85	30-15
Rumput	80	20
Plaster dan Adukan	60-70	30-40
Bata Merah	60-75	40-25

Sumber: Lippsmeier, 1997.

2.1.3 Konsep Lingkungan Termal di Ruang Luar

Lingkungan termal pada area terbangun atau padat bangunan dipengaruhi oleh penyerapan dan pemantulan solar radiasi matahari, kemampuan untuk menyimpan panas, penyerapan dan radiasi gelombang panjang, angin dan evatransporasi. Karakteristik lingkungan dan aktifitas manusia di dalamnya juga

akan mempengaruhi iklim mikro, dengan aktifitas pelepasan panas dan kelembaban juga polusi udara akan mempengaruhi masuk dan keluarnya radiasi pada area tersebut (Johanson, 2006). Faktor yang mempengaruhi kondisi termal di suatu perkotaan adalah karakteristik fisik dan fitur tersebut seperti penutup lahan, situs/kawasan, jarak dan dimensi bangunan, jalan dan pohon, serta faktor lain seperti kegiatan aktifitas manusia dan kondisi arus lalu lintas kendaraan (Gambar 2.1).

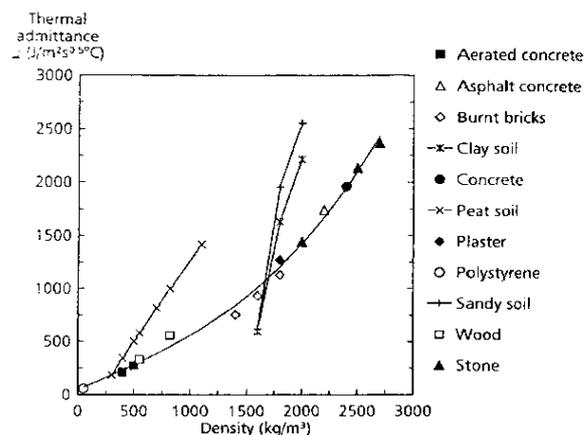


Gambar 2.1 Perilaku Termal dan Karakteristik Kondisi Iklim Mikro Perkotaan-Pedesaan (Oke,1977)

Pada penelitian *Building cluster and shading in urban canyon for hot dary climate* oleh F. Bourbia dan H. B. Awbi (2004), didapatkan bahwa orientasi jalan di Utara-Selatan untuk tinggi bangunan dan lebar antar bangunan (H/W) dengan 1,5:1 dapat memberikan pembayangan antara 40%-80% pada jalan. Sedangkan pada orientasi UB-ST dan UT-SB hanya dapat menghasilkan pembayangan antara 30%-50% pada daerah jalan sepanjang tahun. Dimana pada ngarai perkotaan yang lebih pendek ($H/W > 0.5$), pohon-pohon tinggi ternyata tidak begitu berpengaruh pada lingkungan termal ngarai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rohinton (1997) bahwa ketertutupan pohon dapat menghasilkan pendinginan selama siang hari tetapi pendinginan yang diberikan pada pembayangan bangunan pada daerah padat bangunan dapat menghasilkan pendinginan yang sama baiknya.

Jadi secara umum dapat dikatakan bentuk geometri yang memberikan lapisan tirai pada area urban juga akan mempengaruhi iklim kota (Arnfield, 2003). Dalam hal ini, lapisan tirai pada pusat kota merupakan jalanan yang diapit oleh barisan bangunan yang secara geometri ditentukan oleh rasio tinggi bangunan dan lebar jalan (H/W). Zhao dkk (2011) melakukan penelitian di pusat kota Beijing dengan memilih sebelas site, yang mewakili tiap perkotaan yang berbeda-beda untuk mensimulasikan efek pulau panas dan mengeksplorasi hubungan antara indikator perencanaan kota dan indikator iklim, seperti suhu permukaan minimum dan maksimum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi hubungan antara indikator perencanaan kota sebagai dasar untuk semua perencanaan dan proses desain. Dalam hal ini, indikator yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: rasio luas bangunan, kepadatan bangunan, batas tinggi bangunan, rasio ruang hijau, rasio cover hijau, dan parameter untuk jarak antara bangunan.

Termal properties pada material permukaan juga mempengaruhi iklim perkotaan (Arnfield, 2003), yaitu dengan pemantulan atau albedo pada permukaan yang dapat menentukan jumlah penyebaran radiasi gelombang pendek, tergantung pada warna dan varian tutupan pada permukaan material. Sedangkan penyinaran iradiasi pada permukaan bergantung pada arah orientasi, *azimuth* dan *altitude* pada matahari.



Gambar 2.1 Grafik kenaikan termal *admittance* dengan kepadatan bangunan pada tiap material permukaan. (Johansson, 2008)

Tabel 2.2 Tabel Nilai Radiasi Gelombang panjang-pendek pada Material Permukaan Area Perkotaan.

<i>Surface</i>	<i>Short-wave Reflectivity α</i>	<i>Long-wave Emissivity ϵ and absorptivity</i>
<i>Dark, wet soil</i>	0.05	0.98
<i>Light, dry soil</i>	0.40	0.90
<i>Long grass</i>	0.16	0.90
<i>Shrot grass</i>	0.26	0.95
<i>Asphalt</i>	0.05 – 0.20	0.95
<i>Concrete</i>	0.10 – 0.35	0.90
<i>Brick</i>	0.20 – 0.40	0.90 – 0.92
<i>White paint</i>	0.50 – 0.90	0.85 – 0.95
<i>Red, brown and green paint</i>	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95

Sumber: Johansson, 2008

Tabel 2.3 Tabel Nilai *Thermal Conductivity* dan *Thermal Admittance* pada material permukaan area perkotaan

<i>Material</i>	<i>Heat capacity (kJ/m³°C)</i>	<i>Thermal conductivity (W/m°C)</i>	<i>Thermal admittance (J/m²s^{0.5}°C)</i>
<i>Sandy soil, dry</i>	1300	0.30	600
<i>Sandy soil, saturated</i>	3000	0.22	2600
<i>Clay soil, dry</i>	1400	0.25	600
<i>Clay soil, saturated</i>	3100	1.6	2200
<i>Asphalt</i>	1900	0.80	1200
<i>Brikc</i>	1400	0.70	1100
<i>Concrete</i>	2100	1.5	1800
<i>Natural stone</i>	2300	2	2100
<i>Soft wood</i>	1400	0.14	400

Sumber: Johansson, 2008

Panas radiasi yang diserap pada bahan atau material terpengaruh oleh sifat dasar materi saat dia berinteraksi dengan permukaan materi tersebut. Ke-empat interaksi yang dapat terjadi pada material atau bahan adalah sebagai berikut:

- a. Pemancaran (*Transmittance*) yaitu situasi dimana radiasi melewati materi.
- b. Penyerapan (*Absortance*) yaitu situasi dimana radiasi diubah menjadi sebuah panas yang terukur (*sensible heat*) pada material.

- c. Pemantulan (*Reflectance*) yaitu situasi dimana radiasi dipantulkan permukaan.

Perolehan panas pada bidang-bidang bangunan yang terkena sinar matahari juga dapat bersifat langsung ataupun refleksi / pantulan dari permukaan tanah dan bidang-bidang lain yang terkena sinar matahari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penutup lahan yang terdiri dari penutup lahan terbangun termasuk geometri perkotaan (rasio H/W) yang mengacu pada konfigurasi tutupan spasial lahan dan luasan dari tutupan lahan, yang dilihat dari termal *properties* (kapasitas panas), konduktivitas termal, dan radasi (*emisivitas* dan *albedo*) juga mampu mempengaruhi kondisi termal perkotaan.

Dari penjelasan diatas terdapat korelasi antara aspek iklim dengan prinsip perancangan dan tatanan bangunan seperti yang dijelaskan oleh Santoso (1997), dimana korelasi tersebut adalah adanya wujud proteksi terhadap radiasi matahari, system penghawaan yang efisien dan adanya pencegahan terhadap peningkatan suhu udara di dalam suatu ruang. Sehingga dapat disimpulkan, Oke (1977), Krishan dkk (2001), Arnfield (2003), Bourbia dan H. B. Awbi (2004), Johansson (2008), Zhao dkk (2011) mendeskripsikan kondisi lingkungan ruang luar terdiri dari beberapa komponen, antara lain elemen iklim yaitu radiasi matahari, aliran angin, dan temperatur udara.

Tabel 2.4 Tabel Korelasi antara Aspek Iklim dengan Prinsip Perancangan dan Tatanan Bangunan.

Aspek Iklim	Prinsip Perancangan	Tatanan Bangunan
Perlindungan terhadap radiasi matahari	- Pematahan laju panas - Pembayangan	- Lebar jalan - Peneduhan
Sistem penghawaan	Pengaliran udara	- Orientasi bangunan - Kepadatan bangunan - Geometri tatanan lingkungan - Ruang terbuka
Pencegahan peningkatan suhu udara	Penghapusan dan penggantian panas	Bahan dan material

Sumber: diolah dari Santoso (1997) dan Olgay (1994), Wardoyo (2002).

2.1.4 Sumber Panas pada Lingkungan Ruang Luar

Beberapa sumber-sumber panas lingkungan pada ruang luar adalah sebagai berikut:

- a. Panas dan radiasi matahari, dimana perolehan panas dari radiasi matahari adalah perolehan panas pada bidang-bidang bangunan yang terkena sinar matahari. Radiasi matahari tersebut dapat bersifat langsung ataupun berupa refleksi / pantulan dari permukaan tanah dan bidang-bidang lain yang terkena sinar matahari.
- b. Panas konduksi dan konveksi, dimana perolehan panas akibat konduksi melalui suatu medium penghantar. Radiasi matahari yang mengenai bidang atap akan diteruskan ke ruang dibawahnya melalui konduksi
- c. Panas dari sumber-sumber lain berupa perpindahan evaporasi atau penguapan uap air dari permukaan tanah dan bangunan.

Selain panas yang bersifat alami yang berasal dari panas matahari, panas pada lingkungan juga dipengaruhi oleh sumber-sumber panas yang lain. Sumber panas tersebut antara lain adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor, emisi dari asap pabrik dan sebagainya. Adanya sumber panas tersebut akan meningkatkan suhu lingkungan.

Pada dasarnya panas selalu mengalir dari permukaan yang lebih panas ke permukaan yang lebih dingin. Terdapat 3 tipe perpindahan panas yaitu konduksi, radiasi dan konveksi.

a. Konduksi

Perpindahan konduksi terjadi kesegala arah dan tidak tergantung pada gaya gravitasi. Kemampuan memindahkan panas pada konduksi tergantung pada kemampuan material untuk meneruskan panas, perbedaan temperatur, ketebalan, luasan area yang terekspos, dan waktu area tersebut pada saat terekspos. Berikut beberapa ukuran konduksi adalah:

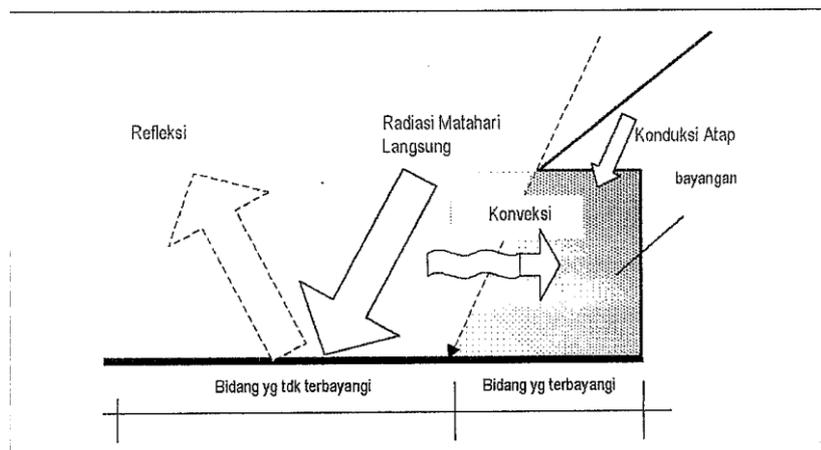
1. *Thermal conductivity*
2. *Thermal conductance*
3. *Thermal resistance*
4. *Thermal transmittance*

b. Radiasi

Perpindahan panas tanpa menggunakan perantara. Berbeda dengan konduksi yang memerlukan media untuk memindahkan panas, radiasi dapat terjadi di dalam ruangan hampa udara. Radiasi tidak terpengaruh gaya gravitasi sehingga dapat terjadi ke segala arah.

c. Konveksi

Perpindahan panas melalui media yang mengalir. Konveksi merupakan kombinasi antara konduksi dan radiasi. Di dalam konduksi, molekul tidak berpindah dari satu tempat ke tempat lain melainkan hanya melalui transfer energi ke molekul yang di ada di dekatnya sehingga menjadi ikut bergetar. Dalam proses konveksi, energi ditransfer oleh molekul dengan perpindahan tempat melalui perpindahan aliran air atau gas (Saputra, 2004).



Gambar 2.2 Gambar Sumber Panas Lingkungan. (Szokolay, 1979)

2.1.5 Kenyamanan Termis pada Lingkungan Ruang luar

Kenyamanan adalah situasi dimana manusia mengekspresikan kesetujuannya dengan kondisi yang ada di lingkungannya (Sangkertadi, 2012). Kenyamanan dalam konteks perencanaan arsitektur meliputi kenyamanan termis, suara, gerak dan cahaya. Kenyamanan termis secara umum dikenal sebagai rasa nyaman terhadap situasi termal di lingkungan sekitar tubuh. Situasi kenyamanan termis senantiasa dihubungkan dengan situasu klimatik

Fanger (1970) dan juga ASHRAE Standard 55 (American Standard of Heating Engineers) mendefinisikan kenyamanan termis sebagai suatu kondisi atau rasa puas dari seseorang dalam menghadapi lingkungan termisnya dan tolak ukur dalam menentukan rasa kenyamanan secara fisik adalah perubahan-perubahan yang terjadi pada karakteristik biologis seseorang yaitu dengan sebuah tanggapan sensorial secara biologis terhadap keadaan atau lingkungan termis di sekitarnya. Untuk menentukan bahwa seseorang merasa nyaman atau tidak di dalam suatu lingkungan itu sendiri, terdapat skala pengukur tingkat kenyamanan termis. Skala kenyamanan termis adalah suatu skala numerik yang dijabarkan sebagai suatu rasa nyaman termis sebagaimana didefinisikan menurut ISO standar 7730 (Internasional Standard Organization, 2003):

Tabel 2.5 Tabel Interpretasi Skala Kenyamanan Termis.

Skala Kenyamaan	Interpretasi
-3	Sangat Dingin
-2	Dingin
-1	Agak Dingin
0	Netral
1	Agak Panas
2	Panas
3	Sangat Panas

Sumber: ISO Standar 7730 (2003)

Kenyamanan termis pada ruang luar sendiri selalu berkaitan erat dengan perencanaan dan perancangan arsitektur di ruang luar. Manusia yang menempati ruang luar membutuhkan kenyamanan secara termis agar dapat melakukan kegiatan-kegiatan di ruang luar secara produktif, karena itu elemen-elemen seperti material dan penutup jalan, jenis pohon pelindung, naungan, dll harus diperhitungkan terhadap dampak iklim mikro yang ditimbulkannya.

Di daerah yang memiliki iklim tropis lembab seperti Indonesia, temperatur udara yang relatif tinggi merupakan penyebab utama situasi ketidaknyamanan secara termal bagi manusia. Ukuran untuk menentukan tingkat kenyamanan termis

manusia terhadap lingkungan di sekitarnya pada umumnya didasarkan pada pendekatan empirik berdasarkan studi laboratorium pada subjek yaitu dalam hal ini adalah manusia dalam keadaan melakukan kegiatan dan dibebani oleh kondisi iklim tertentu.

Hal ini dilakukan oleh Reny Syafriny dan Sangkertadi (2012) dalam penelitiannya yaitu Perbandingan pengaruh Suhu Lingkungan pada Kenyamanan Termis di Ruang Luar dan Ruang Dalam di Iklim Tropis Lembab bagi Manusia Beraktifitas Moderat. Dimana formulasi yang digunakan oleh Sangkertadi untuk mengetahui perbandingan akibat perubahan terhadap 3 variabel iklim (angina, suhu udara dan suhu radiasi) adalah formulasi DISC (Sangkertadi, 1998) yaitu suatu bentuk persamaan regresi untuk kasus khusus manusia beraktifitas ringan (moderat) seperti duduk santai, dimana nilai aktifitasnya hanya sekitar 1 met dan mengenakan pakaian tipe tropis sekitar 0.5 sampai dengan 0.7 clo. Formulasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$DISC = 3,9338 M_{cut} + 0,0158 D_s - 0,2248$$

Dimana:

- a. M_{cut} : luasan kulit basah karena keringat (prosentase)
- b. D_s : debit keringat (g/h)

Adapun formulasi regresi untuk mendapatkan angka tingkat kenyamanan termis di ruang luar iklim tropis lembab untuk situasu manusia duduk santai (beraktifitas moderat) dan berpakaian tropis (Sangkertadi, 2012):

$$Y_D = -7,9122 - 0,5215 v + 0,0684 T_a + 0,1673 T_g - 0,0007 HR + 1,4329$$

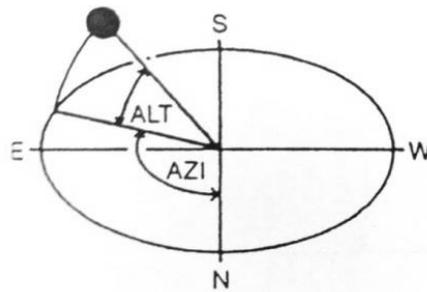
Dimana:

- a. v : kecepatan angina (m/s)
- b. T_a : suhu udara (0C)
- c. T_g : suhu globe temperature (0C)
- d. HR : kelembaban relative (prosentase)

2.2 Konsep Pembayangan Ruang Luar

Menurut Pagalla (2013) pola bayangan merupakan pola yang terbentuk pada suatu bidang sebagai akibat dari sinar matahari langsung yang terhalang suatu objek ataupun penangkal sinar matahari. Pola pembayangan dipengaruhi oleh keadaan lingkungan di sekitarnya, terdapat dua faktor yang saling berkaitan dalam terbentuknya pola pembayangan yang tepat, yaitu faktor matahari dan faktor letak geografis. Apabila dihubungkan dengan pola pembayangan, faktor matahari berkaitan dengan garis edar tahunan dimana dalam waktu satu tahun matahari beredar dari garis 23.5° LS – 23.5° LU dan terus berulang (Szokolay, 2008: 23).

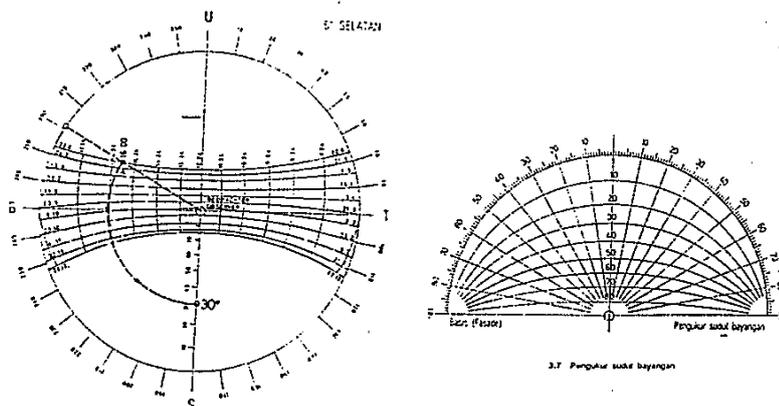
Perputaran ini menyebabkan terjadinya perubahan musim dan perubahan pola bayangan secara dinamis dalam jangka waktu satu tahun. Sedangkan pada bidang bayangan yang dihasilkan dipengaruhi besarnya sudut ketinggian matahari atau *altitude* berdasarkan tanggal, bulan dan waktu siang hari dengan besaran sudut berkisar antara 0° hingga 90° seperti pada Gambar 2.2. Pola bayangan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh waktu: bulan, hari, jam menit dan detik, begitu juga dengan letak geografis suatu daerah yang akan menentukan nilai sudut *azimuth* dan sudut *altitude*.



Gambar 2.3 Sudut *Azimuth* dan sudut *Altitude* (Szokolay, 2008)

Efektifitas sistem pembayangan dapat dilihat dari besarnya bagian / bidang yang dapat terlindungi dari sinar matahari. Besarnya bagian yang terlindungi dari sinar matahari dipengaruhi oleh tanggal dan jam pembayangan serta elemen sistem pembayangan (Lippsmeier, 1994). Bidang yang terlindungi dari sinar matahari langsung dapat diketahui melalui pengamatan langsung maupun analisa grafis. Analisa grafis dilakukan dengan menggunakan diagram matahari (*solar chart*) dan

diagram pengukur sudut bayangan (*shadow angle protector*). Luasan bidang pembayangan dapat diketahui dengan menghubungkan proyeksi sudut jatuh vertikal dan horisontal sinar matahari yang mengenai bidang penghalang pada bidang yang terbayangi (Lippsmeier, 1994).



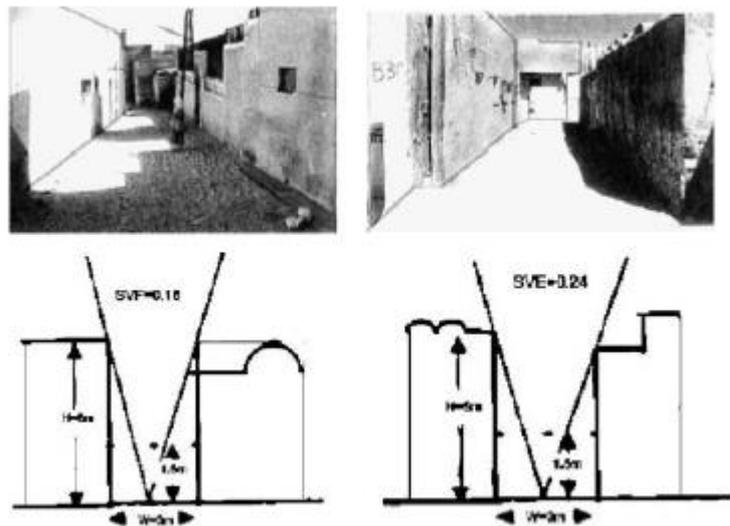
Gambar 2.4 Diagram Matahari (*Solar Chart*) dan Diagram Pengukur Bayangan (*Shadow Angle Protector*), (Szokolay, 1979)

Salah satu ciri daerah tropis dalam mendapatkan pembayangan adalah waktu pagi dan sore hari yang semakin pendek, dimana semakin jauh sebuah tempat dari garis khatulistiwa, semakin panjang waktu malamnya (Lippsmeier, 1994) sehingga membuat daerah khatulistiwa merupakan daerah yang paling banyak menerima rasdiasi matahari. Dengan demikian, berbagai cara dilakukan untuk dapat menghalangi radisi matahari untuk sampai ke permukaan bumi. Radiasi matahari yang tidak sampai ke bumi secara tidak langsung dapat menghasilkan bayangan. Bayangan itu di peroleh dari benda yang membentuk tiga dimensi (*three-dimensional objects*) seperti pohon, bangunan, pagar atau benda buatan manusia (Lin dkk, 2010).

Beberapa penelitian lain terkait pembayangan di ruang luar adalah Widiyananto (2013), pada penelitiannya terhadap pengaruh pola bayangan terhadap suhu permukaan ruang luar pada perumahan di Cirebon. Dari hasil penelitiannya, dapat diambil kesimpulan bahwa suhu permukaan di daerah terbayangi oleh vegetasi lebih kecil daripada daerah yang terbayangi oleh bangunan. Hal ini dikarenakan pola bayangan yang dihasilkan oleh bangunan massif lebih merata

daripada bayangan pohon yang masih tergantung pada tingkat kepadatan dari pohon tersebut. Sedangkan Shashua-Bar dkk (2003) mendeskripsikan efek pendinginan dari bayangan pohon yang memiliki peran dalam penetrasi radiasi matahari ditinjau dari aspek geometri dan orientasi pada koridor jalan (*canyon street*) di iklim panas dan gersang (*hot dan arid climate*).

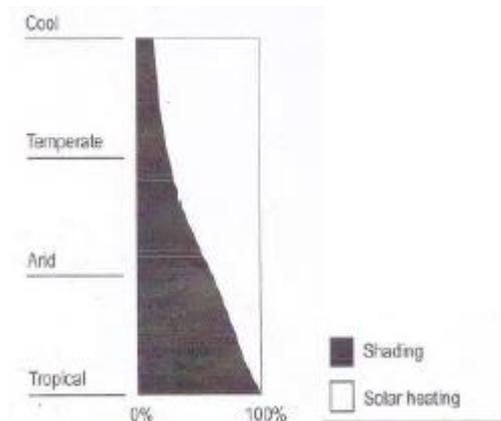
Kemudian Bourbia dkk (2004) melakukan penelitian di wilayah Sahara, Algeria yang beriklim panas-kering. Terdapatnya varian temperatur udara dengan temperatur permukaan yang dipengaruhi oleh aspek bayangan yang tercipta dari bangunan dan aspek faktor langit (*Sky View Factor/SVF*) pada koridor jalan. Dengan kata lain, terdapatnya korelasi yang besar antara bayangan dengan geometri perkotaan (bangunan dan jalan), *SVF* dan temperatur permukaan yang dapat menurunkan temperatur udara setempat.



Gambar 2.4 Pengukuran Lapangan (Bourbia dkk, 2004)

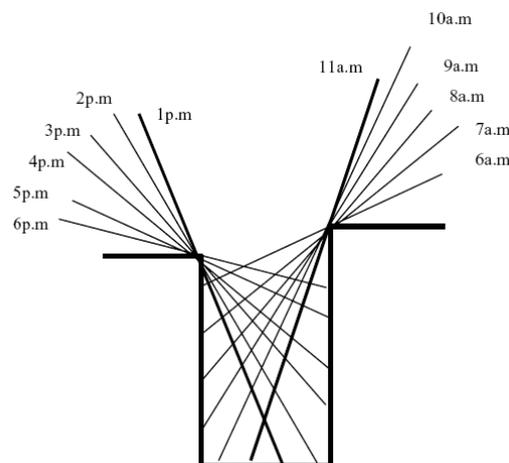
Menurut Yeang (2006) untuk dapat mengurangi beban panas dari permukaan penutup lahan, kemungkinan pembayangan dapat menjadi suatu prioritas dalam desain lansekap kota pada daerah iklim tropis (Gambar 2.5). Demikian juga Emmanuel dkk (2007) yang menjelaskan bahwa bayangan perkotaan (*urban shading*) di jalan merupakan fungsi dari orientasi jalan dan perbandingan nilai H/W. Di mana peningkatan nilai H/W mampu meningkatkan pembayangan, sehingga dapat menurunkan temperatur radiasi dan nilai PET yang

berarti dapat meningkatkan kenyamanan termal ruang luar.



Gambar 2.5 Kebutuhan Peningkatan Pembayaran pada Daerah Iklim Tropis
(Yeang, 2006)

Posisi matahari dan karakteristik geometri perkotaan memiliki pengaruh dalam pembentukan bayangan pada permukaan di bawahnya. Prosentase bayangan yang dihasilkan akan berbeda-beda di setiap suatu zona atau kawasan. Biasanya prosentase hasil bayangan yang terbesar terjadi pada waktu mulai pagi hari sampai menjelang siang dan waktu setelah siang sampai sore hari (menjelang terbenamnya matahari). Pada waktu siang sendiri, persentase bayangan yang dihasilkan sedikit karena posisi matahari tepat berada di atas pengamat/tegak lurus terhadap permukaan bumi (sudut datang matahari 90°). Sebagai contoh Gambar 2.21 menunjukkan hasil proyeksi bayangan di koridor jalan pada waktu yang berbeda dengan ketinggian matahari $61,10^\circ$.



Gambar 2.6 Hasil Proyeksi Bayangan pada Koridor jalan pada waktu yang berbeda (Bourbia dkk, 2004)

Sehingga dari penelitian di atas, dapat disimpulkan tentang konsep pembayangan, antara lain:

1. Pada daerah bayangan itu di peroleh dari posisi matahari dan benda berbentuk tiga dimensi seperti pohon, bangunan, pagar atau benda buatan manusia lainnya. Dan tidak terlepas dari pengaruh H/W, dimana semai kn nilai H/W dapat meningkatkan prosentase pembayangan yang dihasilkan.
2. Adanya perbedaan temperatur udara dengan temperatur permukaan yang dipengaruhi oleh aspek bayangan yang tercipta dari bangunan dan orientasi jalan. Hal ini berkaintan dengan komponen penutup lahan yang berada di bawah banyangan yang dihasilkan.

Konsep bayangan di atas digunakan sebagai salah satu konsep dasar dalam menentukan kondisi termal ruang luar. Khususnya untuk mengalisis dan mengkaji pengaruh pembayangan yang terbentuk dari konfigurasi lansekap ruang terhadap kondisi termal pada ruang luar terutama lingkungan perkotaan. Dimana dengan memanipulasi pembayangan melalui sebuah tipe lansekap ruang luar dapat memberikan salah satu cara yang baik untuk mengurangi pemanasan kota khususnya daerah tropis lembab seperti Surabaya.

2.2.1 Faktor Penentu Efek Pembayangan Bangunan

Pembayangan dalam suatu bangunan dapat dipengaruhi oleh banyak hal, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembayangan antara lain:

1. Ketinggian bangunan dan lebar jalan

Penempatan dan ukuran bangunan dalam kota akan mempengaruhi penerimaan radiasi matahari (Marsh, 1991). Elemen ketinggian bangunan (H) dapat menjadi penentu pembayangan melalui perbandingan tinggi dan lebar ruang jalan (H/W), apabila nilai ketinggian (H) besar dan nilai lebar ruang jalan kecil (W) akan menghasilkan rasio H/W besar dengan nilai diatas setengah atau satu ($H/W > 0.5$ atau $0.5 > H/W > 1$ atau $H/W > 1$) dimana dengan nilai H/W besar akan menghasilkan perlindungan bayangan yang luas ke dalam area ruang jalan.

Pada penelitian Johansson dalam buku *Urban Design and Outdoor Comfort in Warm Climate* (2008), ditemukan bahwa temperatur udara dan permukaan pada lebar jalan yang lebih pendek yaitu $H/W = 6$ memiliki temperatur yang cukup baik

pada orientasi Timur-Selatan, dimana hal yang sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Nakamura. Y (1988), Pearlmutter. D (1999) dan Bourbia. F (2004).

2. Lokasi

Kuantitas radiasi matahari terhadap pembayangan bangunan tergantung dari posisi bujur dan lintang, selain itu kondisi fisik dan lingkungan bangunan cukup berpengaruh, antara lain seperti posisi orientasi bangunan, ketinggian bangunan dan lebar jalan di sekitar lokasi bangunan (Harold, 1985). Perubahan posisi matahari tiap bulan terhadap letak bujur dan lintang berpengaruh pada tingkat kedalaman efek pembayangan.

3. Orientasi

Robinette (1993) menyatakan bahwa jalan dengan orientasi Utara dan Selatan mendapat pengaruh radiasi matahari yang berbeda dengan jalan yang berorientasi ke Timur-Barat. Pada daerah tropis, dimana matahari selalu bergerak di atasnya, orientasi jalan Utara-Selatan maupun Timur-Barat, keduanya akan mendapat radiasi matahari yang cukup besar. Tapi demikian bangunan dengan orientasi Timur-Barat akan mendapatkan akses pencahayaan matahari secara terus-menerus dari matahari terbit hingga terbenam.

4. Material

Pada penelitian Widiyananto (2013), menjelaskan bahwa tingkat kenaikan suhu permukaan sebuah bahan pada saat yang bersamaan dipengaruhi oleh proses pembayangan yang terjadi sebelumnya, apakah material atau permukaan itu terbayangi atau tidak. Sehingga dapat dikatakan bahwa permukaan yang terbayangi akan memiliki suhu permukaan yang lebih rendah daripada area permukaan yang tidak terbayangi. Dikarenakan suhu permukaan benda dalam menyerap panas memiliki kemampuan maksimal dalam menyerap dan kecepatan menyerap panas, tergantung pada konduktivitas material tersebut.

Seperti pada tanah contohnya, kemampuan penyerapan pada tanah masih tergantung pada jenis dan ketebalan tanah serta kondisi tanah saat kering dan basah. Beberapa material permukaan yang sering ditemui pada ruang luar (terbuka) apartemen adalah material *paving block* pada area pedestrian hingga parkir area luar bangunan dan aspal pada area luar kawasan bangunan apartemenen.

Menurut Roselund (2000) dan Evans (1980), terdapat tiga macam *Thermal Properties* pada material, yaitu:

1. *Density* (kg/kg³)

Merupakan perbandingan antara besar dan volume. Bahan bangunan yang memiliki kepadatan kecil memiliki daya isolasi lebih besar dari pada bahan bangunan yang memiliki kepadatan besar.

2. *Conductivity* (W/mK)

Merupakan kemampuan bahan bangunan atau material untuk menghantarkan panas. Material yang memiliki *conductivity* rendah memiliki daya isolator yang baik.

Konduksi adalah perpindahan atau penyebaran panas di dalam suatu obyek atau dari suatu obyek ke obyek lain karena hubungan langsung, melalui suatu medium perantara. Dalam hal ini obyek tidak berpindah namun hanya panasnya saja yang berpindah.

Arus perpindahan panas secara konduksi pada suatu benda dipengaruhi oleh:

- Luas benda (obyek) yang tegak lurus pada arah perpindahan panas.
- Ketebalan obyek atau jarak antar obyek.
- Perbedaan temperatur antara dua titik yang diukur (umumnya antara temperatur di luar bangunan dengan di dalam bangunan).
- Karakteristik material atau konduktivitas bahan dari obyek atau medium.

3. *Specific Heat* (W/mK)

Mengindikasikan kemampuan suatu material dalam menyimpan sejumlah energi, dimana material yang memiliki *specific heat* memiliki kemampuan menyimpan panas.

Dimana kombinasi dari ketiga sifat termal diatas menghasilkan karakteristik sifat termal, yaitu:

a. *Time lag*

Waktu maksimum yang digunakan oleh bahan untuk mengeluarkan panas dari luar muka dinding ke dinding dalam.

b. *Attenuation*

Perbandingan amplitude temperatur interior terhadap exterior

c. *Absortance*

Kemampuan material untuk menyerap gelombang radiasi pendek yang berhubungan dengan warna dari permukaan material tersebut.

d. *Emittance*

Kemampuan material yang berhubungan dengan gelombang pendek yaitu panas akibat radiasi.

Thermal properties material pada permukaan ruang luar dapat dihitung menggunakan rumus *admittance* yaitu kemampuan material menyerap dan melepaskan energi panas. Nilai *admittance* dapat dilihat berdasarkan kemampuan material dalam merespon perubahan suhu secara dinamis, dimana satuan dari *admittance* adalah $W/m^2\text{°K}$.

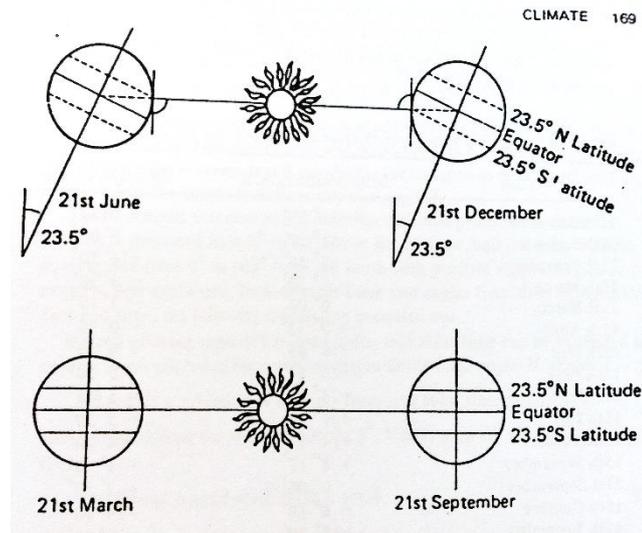
$$\gamma = \frac{b^2}{\alpha}$$

Dengan:

- a. $\gamma = \textit{admittance}$ ($W/m^2\text{°K}$)
- b. $b = \textit{thickness}$ (m)
- c. $\alpha = \textit{thermal diffusivity}$ (m^2/s)

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pola Bayangan

Dua faktor yang saling berkaitan dengan sistem pembayangan adalah faktor matahari dan letak geografis, dimana faktor matahari berkaitan dengan garis edar tahunan matahari, yaitu dalam satu tahun matahari bergerak bolak-balik dari garis 23.5°LS sampai garis 23.5°LU . Matahari berada pada garis balik 23.5°LS (garis balik Capricorn) pada tanggal 21 Desember terus bergerak ke utara dan sampai di sekitar garis ekuator pada tanggal 21 Maret. Pada tanggal 21 Juni matahari akan berada pada garis balik 23.5°LU (garis balik Cancer). Selanjutnya matahari akan berbalik arah ke Selatan hingga berada di sekitar garis ekuator pada tanggal 22 September dan kembali berada di garis balik 23.5°LS pada 21 Desember.



Gambar 2.6 Posisi Matahari Tahunan (Szokolay, 1979)

Faktor letak geografis akan menentukan posisi (*azimuth*) dan ketinggian (*altitude*) matahari pada suatu waktu terhadap pengamat. Posisi azimuth matahari adalah letak matahari terhadap pengamat di bumi terhadap arah Utara sedangkan ketinggian matahari (*altitude*) adalah ketinggian matahari terhadap cakrawala. Posisi dan ketinggian matahari tersebut dapat diketahui dengan menggunakan diagram matahari (*solar chart*) pada gambar 2.3. Berdasarkan posisi dan ketinggian matahari itu dapat ditentukan berapa sudut bayangan yang terjadi pada sebuah bidang melalui diagram bayangan sudut bayangan (*shadow angle protector*), (Szokolay,1979).

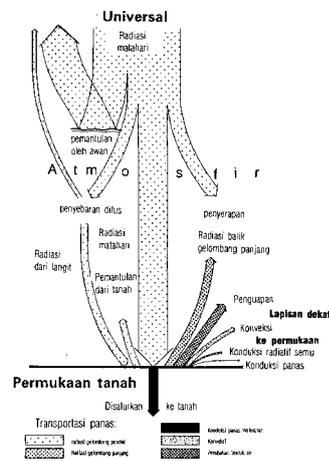
1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah penyebab sifat iklim, radiasi ini juga sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia. Kebutuhan efektifnya ditentukan oleh:

- a. Energi radiasi matahari
 - Aktifitas bintik matahari yang meningkatkan radiasi ultraviolet sebesar 1-2 %.
 - Jarak matahari dan bumi yang selalu berubah dan menyebabkan fluktuasi sebesar $\pm 35\%$.
- b. Pemantulan oleh permukaan bumi.
- c. Berkurangnya radiasi karena penguapan.

- Perubahan sifat penyerap atmosfer
 - Perbedaan sifat penyebaran massa udara (uap air, ozon, debu)
 - Perbedaan jalan yang ditempuh radiasi pada atmosfer
 - Jumlah hujan dan perbedaan pemantulan oleh awan
- d. Arus radiasi di atmosfer, kesemuanya itu kemudian membentuk keseimbangan di muka bumi.

Dalam perjalanannya menuju permukaan bumi, radiasi matahari akan melewati atmosfer yang sebagian mengandung debu dan uap air. Jarak terpendek radiasi adalah secara vertikal, dimana secara teori insolasi tertinggi akan terjadi jika sampai di permukaan bumi tegak lurus yaitu antara tropis *cancer* dan *capricorn*.



Gambar 2.7 Pertukaran panas pada pukul 12.00 dalam musim panas (Lippsmeier, 1997)

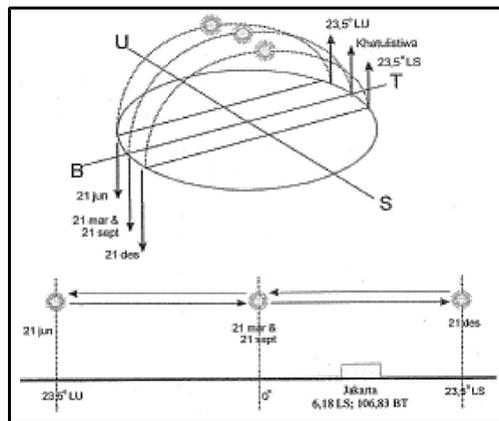
Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu:

- a. Radiasi langsung (*Beam/Direct Radiation*) yaitu radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.
- b. Radiasi hambur (*Diffuse Radiation*) yaitu radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.
- c. Radiasi total (*Global Radiation*) yaitu penjumlahan radiasi langsung (*direct radiation*) dan radiasi hambur (*diffuse radiation*)

Panas tertinggi dicapai kira-kira 2 jam setelah tengah hari, karena pada saat itu radiasi matahari langsung bergabung dengan temperatur udara yang sudah tinggi. Karena itu perambatan panas terbesar panas tersebar terdapat pada fasad barat daya (tergantung pada musim dan garis lintang) dan fasad barat. Sehingga

dapat dianggap bahwa temperatur tertinggi sekitar 1-2 jam setelah posisi matahari tinggi, dan temperatur terendah sekitar 1-2 jam sebelum matahari terbit. Temperatur sudah mulai naik lagi sebelum matahari terbit disebabkan oleh penyebaran radiasi pada langit.

Sebanyak 43% radiasi matahari dipantulkan kembali dan 57% diserap, yaitu 14% oleh atmosfer dan 43 oleh permukaan bumi. Sebagian radiasi yang diserap dipantulkan kembali ke udara, terutama setelah matahari terbenam (Lippsmeier, 1997). Pengaruh radiasi matahari ditentukan terutama oleh durasi, intensitas dan sudut jatuh. Matahari berada pada titik terjauh di sebelah utara khatulistiwa, pada tanggal 21 Juni dengan sudut sebesar 23.5 LU. Sedangkan sudut terjauh posisi matahari di sebelah selatan khatulistiwa adalah pada tanggal 21 Desember di sudut 23.5 LS.



Gambar 2.8 Posisi dan Pergerakan Matahari (Satwiko, 2004)

Dengan demikian dapat dilihat dari posisi dan pergerakan matahari sepanjang tahun di kota-kota terutama di pulau Jawa, maka matahari lebih dominan berada di sebelah Utara.

Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung nilai radiasi, yaitu:

$$G = G_b + G_d (+G_r)$$

Dengan:

- G : irradiance or power density (W/m^2)
- G_b : beam
- G_d : diffuse

d. Gr : *reflected*

2. Lamanya Waktu Penyinaran

Lamanya durasi penyinaran matahari setiap hari dapat diukur dengan orogral sinar matahari fotografis dan thermo elektrik. Lamanya penyinaran maksimum dapat mencapai 90% tergantung pada musim, garis lintang, geografis tempat pengamatan dan kerapatan awan.

Daerah tropis memiliki waktu remang pagi dan senja atau sore hari yang pendek. Semakin jauh dari khatulistiwa, waktu remang semakin panjang. Sedangkan cahaya siang bermula dan berakhir saat matahari berada 18°C di bawah garis khatulistiwa.

3. Topografi

Menurut Setyo Soetiadji (1986) orientasi adalah suatu posisi relatif suatu bentuk terhadap bidang dasar, arah mata angin, atau terhadap pandangan seseorang yang melihatnya. Orientasi yang tepat akan memberikan pembayangan yang maksimal pada sebuah bangunan.

4. Geometri bangunan dan Massa

Bentuk geometri dan penataan massa bangunan mampu mempengaruhi suatu lingkungan dalam memperoleh bayangan yang lebih baik. Secara teori lingkungan yang padat dengan ketinggian yang berbeda secara signifikan menyediakan pola bayangan atau ketertutupan yang lebih rapat akan mempengaruhi kondisi termal lingkungan dan bangunan di sekitarnya dibanding dengan lingkungan yang tidak padat dengan ketinggian yang hampir sama. Sehingga aspek rasio H/W dan luas permukaan yang terekspos juga sangat berpengaruh terhadap penurunan temperatur udara.

2.2.3 Pembayangan terhadap Iklim Makro

Pada skala lingkungan mikro sendiri, menurut Satwiko (2004), terdapat 3 hal yang dapat dikendalikan untuk meminimalkan radiasi yang mempengaruhi peningkatan termperatur lingkungan, yaitu durasi sinar matahari, intensitas matahari dan sudut jatuh matahari. Bentuk pembayangan pada bangunan

merupakan upaya dalam mengantisipasi iklim tropis untuk mencapai kondisi termal yang nyaman dengan mempertimbangkan ke tiga hal tersebut.

Penataan bangunan sendiri menjadi salah satu faktor yang menentukan akses sinar matahari untuk menahan panas yang akan memperbesar peluang untuk mendapatkan kondisi suhu lingkungan yang lebih nyaman. Sehingga perancangan bangunan dan permukaan luarnya dalam upayanya untuk mendapatkan ketertutupan untuk mengurangi panas, menjadi bagian setting kota yang menghambat sinar matahari baik dalam bentuk gelombang panjang maupun energi termal yang mampu mengurangi suhu permukaan bumi (Purnomo, 2003), membuat suhu lingkungan secara tidak langsung akan dipengaruhi oleh bayangan yang ditimbulkan baik oleh bangunan dan vegetasi.

Pada penelitian Pengaruh Bayangan Bangunan dan Vegetasi pada Suhu Udara di Kampus Trisakti oleh Purnomo (2003) dilakukan studi untuk melihat hubungan antara pengaruh bayangan bangunan dan vegetasi pada suhu udara di sekitar kampus sebagai pengembangan penelitian tentang pembayangan oleh Eka (2002). Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suhu dengan tiga jenis suhu yaitu suhu bola, suhu bola basah dan suhu radiasi.

Dari hasil penelitian diketahui beberapa hal tentang hubungan antara suhu sebagai sebuah komponen iklim mikro dengan bayangan pohon dan bangunan sebagai komponen setting buatan manusia yaitu, pola bayangan akibat peletakan massa bangunan dan pohon dapat menurunkan suhu ambien pada suhu bola. Sedangkan penataan vegetasi terutama pada pohon karena proses evapotranspirasinya dapat menurunkan suhu bola basah, dan penataan penerasan berdasarkan albedo yang dimiliki tiap jenis penerasan sehingga dapat mengurangi pancaran radiasi termal dan menurunkan suhu radian.

Adapun suhu radiasi rata-rata berdasarkan angka suhu globe temperature (T_g) di ruang dapat diperoleg melalui pendekatan rumus sebagai berikut (Dreyfus, 1962):

$$T_{rm} = T_g + 2.8 (T_g - T_a) \sqrt{v}$$

Dimana:

- a. T_{rm} : suhu radiasi rata-rata (0C)
- b. T_g : suhu globe thermometer (0C)

- c. T_a : suhu udara (OC)
- d. v : kecepatan uadara (m/s)

Suhu *globe* adalah hasil pengukuran suhu dengan alat *globe thermometer* yaitu suhu bola metal tipis yang terbuat dari tembaga hitam yang di dalamnya terdapat termometer.

2.3 Bangunan Apartemen

Apartemen adalah satu ruang atau lebih yang biasanya merupakan bagian dari sebuah hunian yang dirancang untuk ditempati oleh lebih dari satu keluarga (Jae K dan Joel G, 1996). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1993: 51), apartemen didefinisikan sebagai tempat tinggal (terdiri atas kamar duduk, kamar tidur, kamar mandi, dapur dsb) yang berada pada satu lantai bangunan bertingkat, rumah flat, rumah pangsang, bangunan bertingkat terbagi dalam beberapa tempat tinggal.

Pengertian apartemen dibagi menjadi 3 berdasarkan pendapat dari Akmal (2007), Givoni (1998) dan Pasal Undang-Undang Rusunawa (UURS), dimana menurut Pasal UURS no. 16 tahun 1985, apartemen adalah suatu gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan, terbagi atas beberapa bagian yang disusun fungsional pada arah vertikal dan horizontal yang merupakan satuan-satuan yang dapat dimiliki atau digunakan secara terpisah maupun yang dilengkapi dengan bagian bersama seperti tanah bersama dan benda bersama.

Secara umum, apartemen dapat didefinisikan sebagai suatu bangunan bertingkat atau lebih yang di dalamnya terdapat beberapa unit hunian, dengan tiap unit memiliki ruang yang lengkap beserta fasilitasnya.

2.3.1 Tipologi Bangunan Apartemen

Pengklasifikasian apartemen berdasarkan jenis dan ketinggian bangunan (Akmal, 2007: 21):

- a. *Garden* Apartemen yaitu bangunan apartemen yang terdiri dua sampai empat lantai.

- b. *Walked-Up* Apartemen yaitu bangunan apartemen yang terdiri atas tiga sampai dengan enam lantai.
- c. *Low Rise* Apartmen yaitu apartemen dengan Ketinggian bangunan kurang dari tujuh lantai.
- d. *Medium Rise* Apartmen yaitu bangunan apartemen yang terdiri dari tujuh sampai dengan sepuluh lantai dan lebih sering dibangun di pusat kota.
- e. *High Rise* Apartmen yaitu bangunan apartemen yang terdiri atas lebih dari sepuluh lantai. Jenis ini banyak dibangun dipusat kota.

Menurut Giovani (1998), bangunan apartemen dibagi menjadi 2 berdasarkan jenis koridornya, yaitu:

- a. *Double loaded corridors* yaitu koridor yang terletak ditengah-tengah unit apartemen.
- b. *Single loaded corridors* yaitu terdapat eksternal koridor pada salah satu sisi dinding bangunan.

Berdasarkan sirkulasi vertikal, apartemen dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu (Kevin Lynch dan Gary Hack, 1984: 280 – 281):

1. *Walk-up Apartment*

Pada apartemen ini sirkulasi vertikal utamanya adalah menggunakan tangga. Ketinggian bangunan apartemen ini maksimal hanya 4 lantai. Apartemen ini dirancang dengan koridor seminimal mungkin dan kebanyakan unit hunian dekat dengan tangga sirkulasi. Apartemen ini dapat dibagi lagi menjadi dua berdasarkan letak tangga sirkulasinya, yaitu:

- a. *Core – type walk up apartment*

Pada apartemen tipe ini tangga sirkulasi (*stair core*) dikelilingi oleh unit-unit hunian.

- b. *Corridor – type walk up apartment*

Pada apartemen ini tangga sirkulasi terletak di kedua ujung koridor. Dengan menggunakan tipe sirkulasi ini dapat memperbanyak jumlah unit pada satu lantai.

2. *Elevator Apartment*

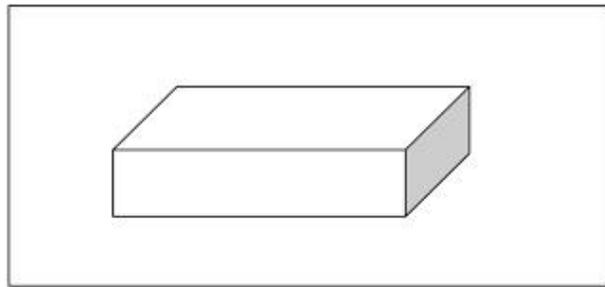
Pada apartemen ini sirkulasi vertikal utamanya adalah lift dan memiliki sirkulasi vertikal sekunder berupa tangga yang seringkali juga merupakan tangga

darurat. Umumnya apartemen ini dilengkapi dengan lobby atau ruang tunggu lift. Ketinggian bangunan umumnya diatas 6 lantai.

Pengelompokan apartemen berdasarkan bentuk massa bangunannya yaitu (Samuel Paul, 1967: 46):

3. Apartemen berbentuk *Slab*

Pada apartemen berbentuk *slab*, antara tinggi bangunan dan lebar/panjang bangunan hampir sebanding, sehingga bangunan berbentuk seperti kotak yang pipih. Biasanya memiliki koridor yang memanjang dengan unit-unit hunian berada di salah satu atau kedua sisi koridor.

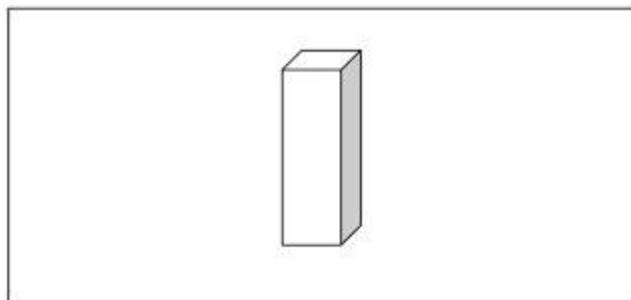


Gambar 2.9 Bangunan Apartemen berbentuk Slab

4. Apartemen berbentuk *Tower*

Pada apartemen berbentuk tower, lebar/panjang bangunan lebih kecil dibandingkan dengan tingginya sehingga bentuk bangunan seperti tiang. Biasanya ketinggian bangunannya diatas 20 lantai. Sistem sirkulasinya menggunakan sistem core karena menggunakan lift. Ada berbagai variasi bentuk *tower* antara lain :

a. *Single tower*



Gambar 2.10 Bangunan Apartemen berbentuk Tower

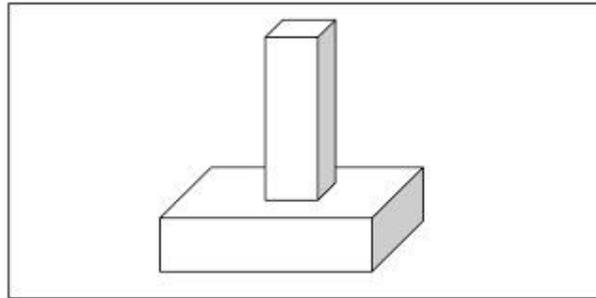
Apartemen dengan hanya satu massa bangunan. Core umumnya terletak di tengah. Ruang koridor dapat diminimalkan. Unit-unit hunian akan terletak dekat dengan tangga dan lift. Berdasarkan bentuk massa, apartemen dengan satu tower

dapat dibedakan menjadi *tower plan*, *expanded tower plan*, *circular plan*, *cross plan*, dan *five wing plan*.

b. *Multi tower*

Apartemen yang memiliki lebih dari satu massa bangunan. Antara massa bangunan dapat dihubungkan oleh suatu massa penghubung ataupun hanya berupa pedestrian penghubung saja. Bila massa bangunan dihubungkan oleh suatu massa penghubung, umumnya massa penghubung terletak di tengah dengan massa lain mengelilinginya. Lift dan tangga diletakkan pada massa penghubung tersebut. Sementara untuk massa yang hanya dihubungkan oleh pedestrian, tiap massa akan memiliki lift dan tangga masing-masing.

c. Apartemen dengan bentuk *Varian* (campuran antara *Slab* dan *Tower*)



Gambar 2.11 Bangunan Apartemen Varian Tower

Sedangkan menurut Juwana (2005), terdapat tiga bentuk tipologi bangunan yaitu:

Tabel 2.6 Tipe Bentuk Tipologi Bangunan Apartemen

Center Tower	
Elongated Tower	
Tower dengan bentuk silang (Y, T, U dan H)	

Berdasarkan konfigurasinya, terdapat dua tipe bentuk tata pola massa bangunan (Seon-Yeong Jeong, 2012):

Tabel.2.7 Tipe Konfigurasi Bangunan Apartemen

Flat-Type	Tower-Type
<p data-bbox="347 439 724 524">Biasanya berbentuk seperti matchbox, berjajar.</p> 	<p data-bbox="746 439 1139 524">Biasanya berbentuk seperti bujur sangkar atau segi empat.</p> 

Pada tipe *flat-type* konfigurasi massa bangunan dibuat paralel membentuk pola sejajar atau *matchbox*. Sedangkan pada *tower-type* konfigurasi massa bangunan berbentuk seperti bujur sangkar atau segi empat. Antara kedua tipe konfigurasi massa bangunan dihubungkan oleh suatu massa penghubung ataupun hanya berupa pedestrian penghubung saja.

Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 05/Prt/M/2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi (Apartemen), presentasi luas tanah yang boleh dibangun (KDB) pada bangunan tinggi khususnya apartemen pada umumnya sama dengan kepadatan bangunan (*building density*) sedangkan pada perbandingan luas lantai terhadap luas tanah (*floor area ratio*) sangat tergantung pada ketinggian bangunan ekonomis (*economic building height*) dan peraturan tata kota yang didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan makro perkotaan dan ekonomi perkotaan/*urban economics*.

Dalam hal ini rusuna bangunan bertingkat tinggi yang dibangun dalam skala kawasan, maka perhitungan KDB-nya didasarkan pada total luas daerah/kawasan perencanaan. Karena penggunaan lahan untuk bangunan sendiri mempertimbangkan faktor lingkungan disekitarnya maka penggunaan lahan biasanya terdiri dari 60% bangunan, 25% area ruang terbuka dan 15% sirkulasi menuju bangunan.

2.3.2 Apartemen sebagai Massa Bangunan Tinggi

Menurut Harisdani (2004), konsep dasar perancangan bangunan tinggi secara khusus dilakukan dengan mempertimbangkan:

a. Geometri

Berupa aturan terhadap bentuk untuk mendapatkan persepsi dari suatu konfigurasi elemen-elemen geometri berupa titik, garis, permukaan dan isi. Dimensi-dimensi yang dihasilkan dapat berupa sebuah komposisi fungsional, sosial, simbol dan lain-lain. Secara solid/masif, bentuk geometri yang adalah berupa *sphere*, prisma/silinder, piramid-*cones*, *polyhedra* dll. Bentuk lain dari bangunan tinggi juga dapat berupa tipe dari huruf abjad dan simbol seperti I, L, T, F, Z, H, U, E, X, Y, O, +, θ , Δ , \square .

b. Lingkungan

Baik secara luas seperti politis, ekonomis dan sosial, dan secara khusus seperti zoning, peraturan tapak (daerah, kota, propinsi, nasional dll), dan peraturan spesifikasi bangunan yang berhubungan kepada pengguna dan masyarakat umum dari segi kesehatan, keamanan dll.

c. Fungsi

Fungsi dari bangunan tinggi dikaitkan dengan aktivitas dan kebutuhan ruang yang ada, fungsi dengan struktur yang diterapkan dll.

Jarak bebas antar dua bangunan rusuna bertingkat tinggi dalam suatu tapak diatur sebagai berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 05/Prt/M/2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi):

1. Apabila kedua-duanya memiliki bidang bukaan yang saling berhadapan, maka jarak antara dinding atau bidang tersebut minimal dua kali jarak bebas yang ditetapkan.
2. Apabila salah satu dinding yang berhadapan merupakan dinding tembok tertutup dan yang lain merupakan bidang terbuka dan/atau berlubang, maka jarak antara dinding tersebut minimal satu kali jarak bebas yang ditetapkan.
3. Apabila kedua-duanya memiliki bidang tertutup yang saling berhadapan, maka jarak dinding terluar minimal setengah kali jarak bebas yang ditetapkan.

2.3.3 Ruang Luar Pada Bangunan Apartemen

Yoshinobu Ashihara (1974) menyatakan ruang luar adalah ruang yang terjadi dengan membatasi alam. Ruang luar dipisahkan dari alam dengan memberi frame atau batasan tertentu, sehingga ruang luar atau ruang eksterior adalah ruang yang dibatasi oleh elemen-elemen lantai dan dinding. Pada ruang luar, langit merupakan penutup bagian atas sehingga ruang luar merupakan bagian dari alam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ruang luar merupakan bagian dari bangunan yang berhubungan dengan alam atau lingkungan sekitarnya. Ruang luar merupakan ruang yang dilihat pertama kali sebelum memasuki bangunan dan dapat difungsikan sebagai fasad bangunan yang menjaga hubungan dengan lingkungan sekitarnya.

Menurut Prabawasari dan Suparman (1999), ruang luar adalah:

- a. Ruang yang terjadi dengan membatasi alam hanya pada bidang alas dan dindingnya sedangkan atapnya tidak terbatas.
- b. Sebagai lingkungan luar buatan manusia yang mempunyai arti dan maksud tertentu dan sebagai bagian dari alam.
- c. Arsitektur tanpa atap tetapi dibatasi oleh dua bidang yaitu lantai dan dinding atau ruang yang terjadi dengan menggunakan dua elemen pembatas.

Pada umumnya ruang luar pada bangunan apartemen terdiri dari area parkir atau lahan parkir, area pedestrian, jalur kendaraan dan area hijau. Ruang luar pada bangunan apartemen sendiri terdiri dari dua bagian antara lain:

1. Ruang luar aktif

Ruang luar yang mengandung unsur-unsur kegiatan di dalamnya dan difungsikan sebagai penyediaan fasilitas, misalnya : kolam renang, lapangan olahraga, tempat bermain dan kegiatan lainnya.

2. Ruang luar pasif

Ruang yang di dalamnya tidak mengandung kegiatan manusia dimana ruang ini hanya berupa penghijauan atau taman sebagai sumber pengudaraan lingkungan, penghijauan sebagai resapan air hujan.

Ukuran standar nasional untuk kolam renang adalah 50 x 25 m dengan garis lebar sebesar 2,5 m. Menurut Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian

Fasilitas Parkir (1998), rasio parkir bangunan apartemen umumnya adalah 1:1, namun kebutuhan parkir juga disesuaikan dengan luas lantai yang tersedia.

Tabel.2.8 Luas Lantai Bangunan Apartemen dan Kebutuhan Parkirnya

Luas lantai Bangunan (bruto)	Kebutuhan Parkir
> 150 m ²	1 mobil / 1 unit hunian
50 – 150 m ²	1 mobil / 2 unit hunian
< 150 m ²	1 mobil / 5 unit hunian

Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir, 1998.

Penataan parkir di luar bangunan apartemen atau terbuka memiliki rasio 25 m² untuk 1 mobil. Penataan area parkir pada ruang terbuka di antara GSB dan GSJ, antara lain:

Tabel.2.9 Lebar Rencana Lantai dan Luas min. Lahan Parkirnya

Lebar Rencana Jalan	Luas minimum Lahan Parkir
Lebar > 26 m	Boleh sampai dengan 75% dan penghijauan
26 m < lebar < 50 m	Boleh sampai dengan 50% dan penghijauan
Lebar > 50 m	Mutlak harus penghijauan dan rg. Publik lainnya

Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir, 1998.

Menurut *Times-Saver Standards for Building Types*, lebar entrance apartemen adalah minimal 5,5 meter atau dapat dilalui untuk 2 mobil. Lebar minimum jalur pedestrian pada area terbuka adalah 120 cm untuk jalur searah dan 160 cm untuk jalur dua arah. Sedangkan pada lantai ruang luar apartemenn pada dasarnya merupakan permukaan yang biasanya terbentuk secara alami ataupun buatan dalam hal ini berupa tanah, rumput atau bebatuan, sedangkan pada permukaan buatan berupa *paving block*, aspal ataupun semen.

2.4 Bentuk dan Massa Bangunan

Bentuk dan massa bangunan mencakup ketinggian, blok massa, koefisien dasar bangunan, koefisien lantai bangunan, garis sempadan bangunan, gaya atau langgam, skala, material, tekstur dan warna (Spreiregen, 1965). Dimana menurut Spreiregen (1965) terdapat beberapa isu penting mengenai bentuk dan massa bangunan, yaitu:

1. Skala, yaitu berkaitan dengan pengamatan visual manusia, sirkulasi, bangunan, dan ukuran lingkungan pemukiman.
2. Ruang luar kota, yaitu sebagai elemen utama rancangan kota dan pentingnya artikulasi bentuk, skala urban, ketertutupan, serta tipe ruang luar urban.
3. Massa, yaitu meliputi bangunan-bangunan, permukaan tanah, serta obyek lain di dalam ruang yang dapat diatur.

Bentuk Pola pengembangan massa menurut Francis D.K Ching (2012), adalah:

1. *Centralized Form*

Pengembangan dengan sebuah titik pusat yang kuat / dominan. Bentuk lebih dominan terpusat dengan pegelompokan sejumlah ruang sekunder yang relatif padat dan secara geometri teratur.

2. *Linear Form*

Pengembangan dalam sebuah garis maya. Bentuk pola ini berurutan dalam satu garis dari ruang-ruang yang berulang. Biasanya berbentuk lurus, bersegmen, atau melengkung. Konfigurasinya dapat berbentuk horizontal sepanjang tapaknya, diagonal menaiki suatu kemiringan atau berdiri tegak seperti menara.

3. *Radial Form*

Pengembangan dengan komposisi campuran dari linear dan *central*. Beberapa variasi tertentu dalam bentuk radial adalah baling-baling, dimana lengan-lengan linearnya berkembang dari sisi ruang pusat berbentuk segi empat atau bujur sangkar. Secara visual bentuk ini mengarah pada gerak berputar mengelilingi pusatnya.

4. *Organization Cluster Form*

Pengembangan bebas dan menggunakan penggabungan bentuk yang beraneka ragam dalam satu kesatuan / kelompok.

5. *Cluster Form*

Pengembangan dengan sistem grid dan pola modul yang sama.

2.5 Konfigurasi Penutup lahan (Massa Bangunan) dan Pembayangan sebagai Faktor yang Mempengaruhi Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar

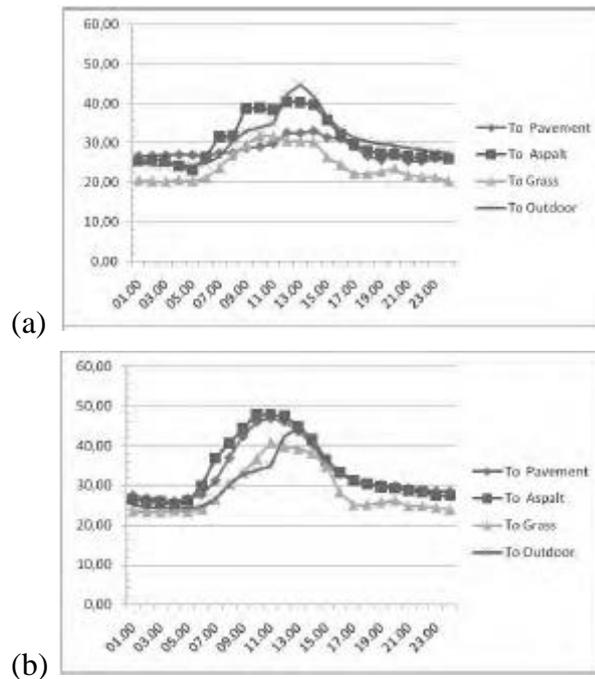
Faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan termal di ruang luar adalah luas dan karakteristik penutup lahan terbagun berupa geometri bangunan (perbandingan tinggi bangunan dan lebar jalan) serta penutup lahan alami seperti taman, pepohonan, rumput, tanah dan air. Setiap komponen penutup lahan tersebut memiliki sifat termal (kapasitas panas/*heat capacity*, konduktivitas termal/*thermal conductivity*) dan radiasi (emisivitas, albedo) yang akan menciptakan kinerja termal yang berbeda yang nantinya akan mempengaruhi kondisi iklim mikro perkotaan (Oleson, 2008).

Kinerja termal yang dihasilkan oleh karakteristik penutup lahan seperti bangunan dan pohon dapat dijadikan sebagai elemen penyerapan panas yang bisa menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur udara. Namun sebaiknya penutup lahan tersebut dapat sebagai elemen pembentuk pembayangan yang memberikan efek pendinginan di ruang luar. Arnfield (2003) dan Johansson (2006) mendeskripsikan bahwa termal properties dari komponen penutup lahan sangat mempengaruhi iklim perkotaan. Selain itu, juga dipengaruhi oleh nilai pemantulan dan penyerapan dari berbagai bahan dan jenis permukaan penutup lahan.

Sifat termal dan radiasi dari masing-masing properti fisik perkotaan tersebut, tidak terlepas dari indikator suatu perencanaan perkotaan. Adapun indikator dari suatu perencanaan perkotaan pada umumnya terdiri dari rasio luas bangunan, kepadatan bangunan, batas tinggi bangunan, jarak antara bangunan rasio ruang hijau, dan rasio cover hijau (Zhao dkk, 2010).

Demikian yang dilakukan Bahar dkk (2011), yang menyelidiki pengaruh kinerja termal dari konfigurasi elemen lansekap (aspal, paving, tanah, rumput) terhadap kondisi termal pada kawasan perumahan di daerah tropis lembab. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa elemen lansekap yang terbayangi cenderung memiliki temperatur permukaan yang lebih rendah dibandingkan yang tidak terbayangi (terkena paparan sinar matahari langsung) (Gambar 2.24). Selain itu juga menjelaskan pentingnya pembayangan dalam mengatur kondisi termal.



Gambar 2.8 Perbedaan Temperatur Permukaan Elemen Lansekap dengan Temperatur Udara di daerah terbuka: (a) Terbayangi (b) Tidak Terbayangi (Bahar dkk,2011)

Sehingga dapat disimpulkan dari karakteristik fisik di ruang luar terutama perkotaan, terdapat beberapa parameter desain dari lansekap ruang kota yang mempengaruhi kondisi termal di ruang luar adalah sebagai berikut:

- Komponen penutup lahan (elemen lansekap)
- Orientasi
- Pola peletakkan massa bangunan
- Perbandingan nilai H/W
- Pembayangan (bangunan dan pohon): presentase area terbayangi.

2.6 Dasar Teori

Pada penelitian ini, dasar teori yang digunakan adalah Szokolay (2004), Golany (1995), Emmanuel (1997), dan Arnfield (2003) terkait dengan hubungan desain penataan geometri bangunan dengan kondisi termal, dimana dijelaskan bahwa termal lingkungan ruang luar bangunan banyak dipengaruhi oleh orientasi dan lebar jalan, ruang terbuka / tata hijau serta bahan / material lingkungannya. Elemen-elemen tersebut merupakan variabel penentu dari kondisi ruang luar bangunan dan kaitannya dengan iklim mikro, khususnya radiasi matahari yang tinggi di daerah tropis.

Arnfield (2003) menjelaskan bahwa bentuk geometri bangunan yang memberikan lapisan tirai pada area urban berupa jalanan yang diapit oleh barisan bangunan yang secara geometri ditentukan oleh rasio tinggi dan lebar jalan (H/W) akan mempengaruhi iklim kota, dimana hal yang hampir sama juga dinyatakan oleh Widoyo (2002), bahwa orientasi dan lebar jalan akan mempengaruhi laju pergerakan udara dan radiasi matahari di lingkungan sekitarnya.

Konfigurasi penutup lahan yang terdiri dari penutup lahan terbangun berupa geometri bangunan yang menjadi setting perkotaan (perbandingan tinggi dan lebar jalan) maupun penutup lahan berupa pepohonan, vegetasi, tanah dan air mampu menghambat radiasi panas matahari baik dalam bentuk gelombang panjang ataupun energi termal yang dapat mengurangi suhu di permukaan bumi (Jacobson, 2002), dan mampu menghasilkan bayangan yang dapat menghalangi radiasi matahari sampai pada permukaan. Johanson (2008) dan Arnfield (2003), juga menjelaskan bahwa komponen tutupan lahan dilihat dari termal *properties*, konduktifitas termal, dan radiasi memiliki pengaruh pada kondisi termal lingkungan terbangun.

Pembayangan digunakan sebagai salah satu cara pendinginan pasif pada lingkungan untuk termal ruang luar, seperti yang di jelaskan pada Lippsmeier (1997), Purnomo (2003), Dotulong (1998), Widiyanto (2013), bahwa pendinginan pasif pada ruang luar dipengaruhi oleh geometri bangunan yang dapat menghasilkan pembayangan. Geometri bangunan yang mencakup rasio tinggi bangunan, jarak antar bangunan dan orientasi mampu mempengaruhi jumlah radiasi matahari langsung pada ruang terbuka (Dotulong, 2008), dimana semakin besar rasio H/W pada bangunan, maka semakin kecil jumlah radiasi rata-rata di permukaan. Apabila nilai ketinggian (H) besar dan nilai lebar ruang jalan kecil (W)

akan menghasilkan rasio H/W besar dengan nilai diatas setengah atau satu ($H/W > 0.5$ atau $0.5 > H/W > 1$ atau $H/W > 1$)³ dimana dengan nilai H/W besar akan menghasilkan perlindungan bayangan yang luas ke dalam area ruang jalan.

Variabel yang perlu diperhatikan pada komponen desain massa bangunan yang mempengaruhi termal ruang luar bangunan adalah penataan bentuk geometri dan orientasi (Arnfield, 2003; Dotulong, 2008). Efektifitas penataan bentuk geometri atau konfigurasi bangunan itu sendiri dipengaruhi oleh tinggi bangunan (H) dan jarak antar bangunan (W) serta pemantulan dan konduktansi bahan / material permukaan di ruang luarnya

Oleh karena itu penggunaan rasio tinggi bangunan, jarak antar bangunan dan orientasi pada penataan pola geometri massa bangunan merupakan salah satu parameter untuk mendapatkan pengaruh hubungan konfigurasi massa bangunan terhadap kondisi termal di ruang luar. Sehingga dalam mencari penataan pola massa bangunan untuk mendapatkan pembayangan yang mampu mematahkan panas radiasi matahari, penggunaan konfigurasi bangunan yang mencakup tinggi dan jarak antar bangunan beserta arah bangunan menjadi variabel yang mempengaruhi temperatur udara pada ruang luar bangunan apartemen yang akan diteliti.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Paradigma Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan pengaruh pola konfigurasi massa bangunan dan bayangannya terhadap kondisi lingkungan termal ruang luar bangunan. Secara umum penelitian ini membahas mengenai kondisi termal ruang luar bangunan yang analisa dan penjelasannya berfokus pada distribusi penyebaran radiasi panas matahari serta temperatur ruang luar bangunannya yang dihasilkan akibat pengaruh bayangan dari massa bangunan tinggi apartemen. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dapat digolongkan kedalam penelitian positivistik, dimana menurut Groat and Wang (2002):

- 1) Proses yang dilakukan pada penelitian ini bersifat deduktif, dimana penelitian ini mencari hubungan sebab-akibat dari pola konfigurasi massa bangunan dan kondisi termal lingkungan ruang luarnya.
- 2) Proses manipulasi pada fenomena yang dapat diukur dengan angka, dimana kondisi termal ruang luar yang diteliti dilihat melalui data nilai rata-rata radiasi matahari dan temperatur ruang luarnya.
- 3) Penelitian mengutamakan objektivitas dari hasil, artinya dalam menyelesaikan permasalahan penelitian tidak memihak pada suatu kondisi yang diyakini secara mendalam.

Pengukuran terhadap distribusi radiasi matahari dan temperatur luar ruang yang dipengaruhi oleh pola konfigurasi massa bangunannya dilakukan dengan bantuan program simulasi, dimana pengamatan yang dilakukan melibatkan kondisi iklim urban Surabaya yang membutuhkan detail-detail elemen iklim termalnya, serta melihat pengaruh pola konfigurasi massa bangunan dan bayangan yang dihasilkannya dalam menurunkan suhu lingkungan yang lebih baik di ruang luar bangunan. Hasil dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat digeneralisir untuk kondisi lingkungan lainnya, namun bisa saja menghasilkan kemungkinan-kemungkinan yang berbeda akibat perbedaan kondisi lingkungan seperti perbedaan tingkat ketinggian daratan (*altitude*) dan letak geografis (*latitude*)

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan penelitian ini adalah eksperimen dengan bantuan simulasi komputer dan pengukuran lapangan untuk mengetahui dan menemukan karakteristik dari kondisi lapangan yang nyata sebagai bentuk verifikasi dalam metode eksperimen dengan bantuan simulasi yang akan digunakan. Metode ini digunakan untuk mengetahui keadaan termal di ruang luar yang dipengaruhi oleh pola konfigurasi massa bangunan dan bayangannya. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui keadaan termal di ruang luar dan pengaruh dari tiap variable modifikasi pada konfigurasi massa bangunan yang telah ditentukan berdasarkan literatur ilmiah.

Metode eksperimen dengan bantuan simulasi juga dilakukan oleh Dotulong (2008) untuk menjelaskan pengaruh geometri bangunan terhadap jumlah solar radiasi di area terbuka, khususnya pada Lintang 7° . Sedangkan Purnomo menggunakan metode pengukuran lapangan dan bantuan simulasi dengan melihat suhu yang telah diukur dipengaruhi secara signifikan oleh pola bayangan vegetasi dan bangunan.

Beberapa peneliti lain yang menggunakan metode yang sama adalah Jeong dan Yoon (2012), yang menggunakan metode eksperimental dengan bantuan perhitungan simulasi untuk mendapatkan pengaruh variabel desain berupa tipe bangunan apartemen, tipe *site plan*, arah fasad bangunan dan *landscape* rasio terhadap jumlah *mean radiation temperature* (MRT) dan *heat island potential* (HIP).

Metode simulasi ini dipilih dalam penelitian ini karena selain memudahkan peneliti dalam melakukan perubahan-perubahan pola penataan massa bangunan karena tidak memungkinkan melakukan perubahan dalam bentuk setting nyata, metode ini juga dapat berfungsi untuk mengetahui sebab akibat dan menyelidiki pengaruh perubahan antar variabel penelitian sehingga didapatkan suatu kondisi ideal seperti yang diharapkan. Modifikasi akan dilakukan pada massa bangunan untuk mengetahui keadaan termal di ruang luar objek penelitian dengan bantuan simulasi computer. ENVI-met dipilih sebagai software simulasi untuk menganalisa pengaruh modifikasi massa bangunan sebagai bentuk pembayangan dalam mengurangi suhu lingkungan.

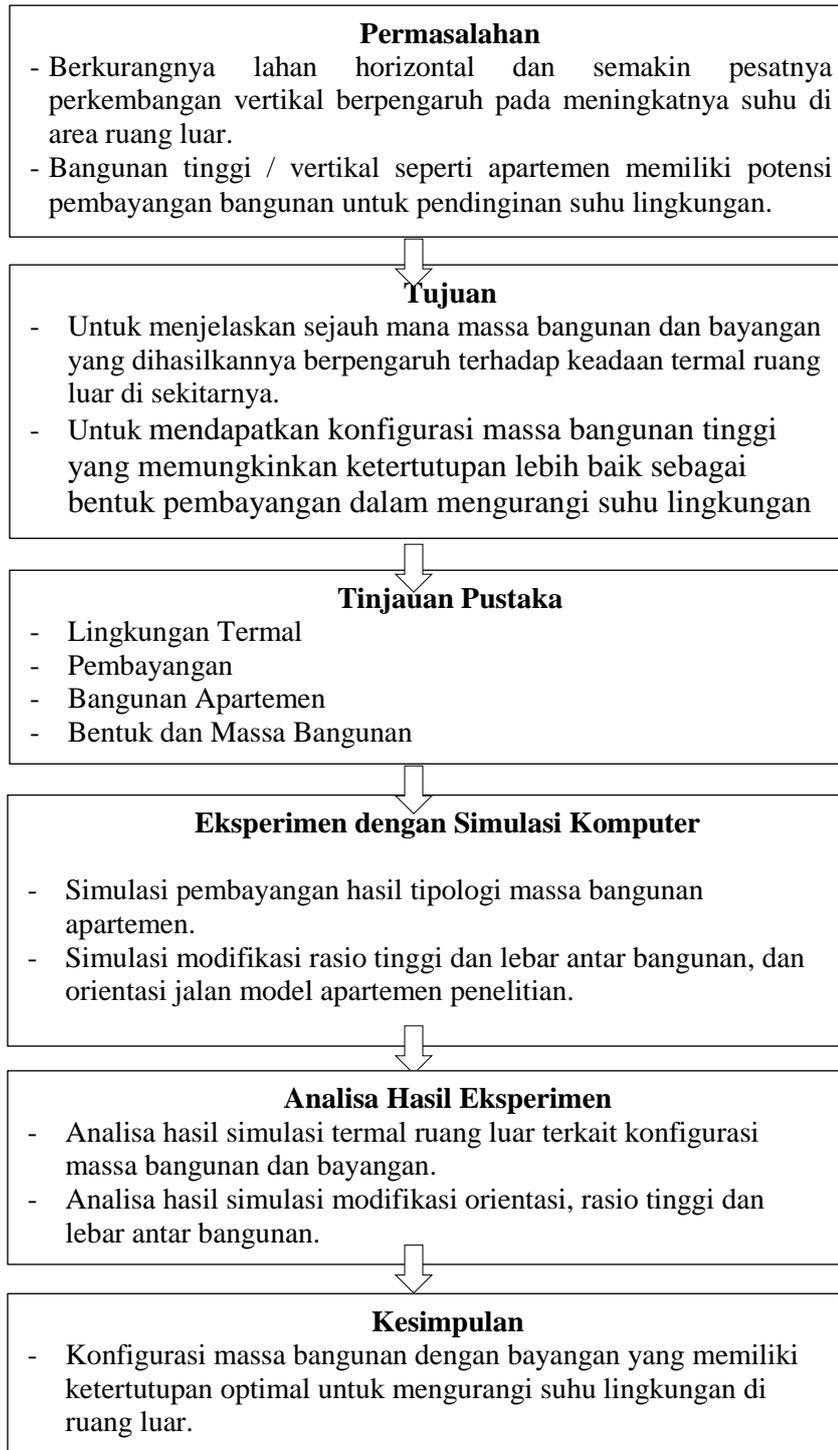
Untuk meneliti pengaruh konfigurasi massa bangunan terhadap kondisi termal di ruang luar bangunan tinggi apartemen, digunakan metode eksperimental dengan bantuan simulasi seperti yang dijelaskan di atas. Metode ini digunakan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Penelitian berfokus pada hubungan sebab-akibat (Groat and Wang, 2002), dalam hal ini adalah hubungan massa bangunan apartemen dan pola bayangan yang dihasilkan pada ruang luarnya dengan kondisi termal ruang luar bangunan apartemen menggunakan parameter distribusi radiasi matahari dan temperatur di luar bangunannya.
- 2) Penggunaan perlakuan atau variabel bebas (Groat and Wang, 2002), dimana dalam hal ini adalah bentuk bangunan berupa tata pola massa bangunan apartemen.
- 3) Pengukuran hasil pada penelitian atau variabel terikat (Groat and Wang, 2002), dimana dalam hal ini adalah kondisi termal ruang luar berupa nilai distribusi radiasi matahari dan temperatur ruang luar bangunan.

Untuk mempermudah kondisi lingkungan eksperimen, maka penelitian menggunakan alat bantu simulasi, dalam hal bahan, properti dan perubahan model seperti yang diungkapkan Satwiko (2010), dimana dengan simulasi terdapat beberapa keuntungan antara lain:

- 1) Tidak memerlukan ruang fisik yang besar (Satwiko, 2004), dimana dalam hal ini berupa bangunan fisik apartemen.
- 2) Memiliki kemampuan memproduksi keadaan nyata (Satwiko, 2004), berupa perilaku distribusi radiasi matahari dan temperatur dalam ruang luar bangunan apartemen.
- 3) Kemudahan dalam perekaman visual dan numerik sehingga mampu disimpan dalam bentuk siap sisip ke dalam laporan (Satwiko, 2004), dimana dalam hal ini berupa visualisasi distribusi radiasi matahari: grafik isokontur dan temperatur ruang luar dari simulasi ENVI-met 4.

3.3 Tahapan Penelitian



3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Jenis Variabel

Pada penelitian ini terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini ditentukan sesuai dengan keadaan yang diinginkan berdasarkan kajian literatur. Variabel ini akan digunakan untuk mengetahui dan menjelaskan pengaruh modifikasi konfigurasi massa bangunan dengan pola bayangannya pada kondisi termal di ruang luar apartemen.

1. Variabel bebas, yaitu variabel yang menentukan atau yang mempengaruhi variabel terikat. Penelitian ini memiliki variabel bebas meliputi :
 - Konfigurasi massa bangunan, dengan sub variabel meliputi tinggi dan jarak antar bangunan (H/W), dan orientasi.
 - Pembayangan yang dihasilkan konfigurasi bangunan.
2. Variabel terikat, yaitu variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas dan merupakan variabel yang diamati. Penelitian ini memiliki variabel terikat berupa :
 - Kondisi termal di luar ruang bangunan apartemen (Suhu).

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Indikator	Parameter
Variabel bebas : Konfigurasi Massa Bangunan dan pembayangan yang dihasilkan dari konfigurasi massa bangunan	Tinggi dan jarak antar bangunan serta bentuk dan orientasi bangunan	- Rasio tinggi dan lebar jalan ruang terbuka (H/W) - Pola massa bangunan
Variabel terikat : Kondisi Termal Ruang Luar	Suhu udara ruang luar bangunan dan intensitas radiasi matahari	- Temperatur (°C)

Karena kondisi variabel terikat dipengaruhi variabel bebas maka dalam eksperimen beberapa variabel bebas akan dimodifikasi untuk mendapatkan variabel terikat yang optimal. Ketentuan dari volume bangunan yang dipilih berdasarkan pada kriteria sampling yang telah ditentukan. Dari beberapa kategori bentuk bangunan apartemen, dipilih beberapa sampel yang mewakili apartemen-apartemen

yang ada di kota Surabaya. Bangunan eksisting yang sudah ditetapkan diberi perlakuan sesuai dengan ketentuan standar parameter pada variabel penelitian dan selanjutnya hubungan dari variabel penelitian dapat dilihat dari konfigurasi massa bangunan yang diterapkan dan kemudian dianalisa.

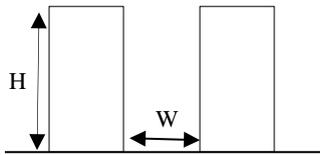
3.4.2 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel dilakukan untuk memperjelas dari variabel-variabel yang akan digunakan pada penelitian ini. Penjelasan definisi variabel-variabel adalah sebagai berikut :

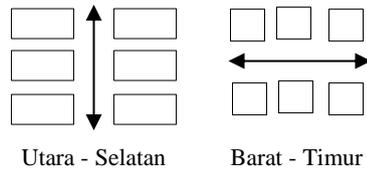
1. Kondisi termal berupa kondisi temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), intensitas radiasi matahari (W/m^2). Pengukuran masing-masing indikator dilakukan pada waktu yang bersamaan pada zona yang telah ditentukan dalam penelitian ini.
2. Konfigurasi massa bangunan, yaitu:
 - a. Konfigurasi merupakan karakteristik spasial, pengaturan, posisi, dan tipologi bangunan (L, U, \square).

Parameter desain yang digunakan adalah :

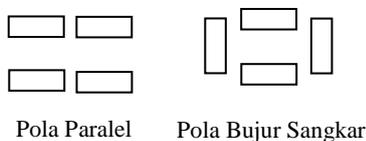
- Rasio H/W merupakan perbandingan tinggi bangunan dan jarak antar bangunan



- Orientasi jalan. Untuk menentukan orientasi kawasan yang ditentukan berdasarkan orientasi jalan.



- Pola massa bangunan



- Pembayangan yaitu presentase area ruang luar yang terbayangi dan tidak terbayangi pada kondisi waktu mulai terbit dan terbenamnya matahari.

3.5 Subjek Penelitian

Pada penelitian ini, subjek yang diteliti adalah bangunan apartemen yang merupakan bangunan gedung bertingkat tinggi yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional dan vertikal yang masing-masing dapat memiliki atau digunakan secara terpisah, terutama pada tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama.

Untuk mempermudah menentukan tipe subjek bangunan penelitian ini, maka digunakan metode teknik sampling data *nonprobabilistic* atau sampel data *purposive*. Teknik sampel yang tidak berfokus pada generelesasi populasi yang luas dan lebih fokus untuk menentukan kriteria yang lebih berguna dalam satu kelompok ataupun populasi (Groat dan Wang, 2002).

3.5.1 Populasi

Bangunan yang dipilih sebagai populasi bangunan apartemen tipe *high-rise* adalah bangunan yang sekarang banyak dikembangkan di daerah Surabaya. Surabaya sendiri sampai saat ini memiliki 20 apartemen bertipe *high-rise*, dari 20 apartemen dengan tipe tersebut diambil tipologi yang paling banyak digunakan apartemen di daerah Surabaya. Terdapat pertimbangan sampel data yang akan digunakan berdasarkan batasan penelitian yang digunakan, yaitu :

- Memiliki ketinggian 20 lantai.
- Memiliki lebih dari satu bangunan tower atau massa bangunan.

Tabel 3.2 Batasan Model Tipologi Bangunan yang Digunakan

Tipologi Bangunan	
Tipe Flat	Elonggated / L
Tipe Tower	Tipe - □
	Tipe - U

Beberapa apartemen *high-rise* yang ada di Surabaya, yaitu :

- a. Apartemen Adhiwangsa A : 42 lantai dengan 1 tower
- b. Apartemen Ciputra World : 40 lantai dengan 2 tower
- c. Apartemen Water Palace : 38 lantai dengan 4 tower
- d. Apartemen Marvel City : 36 lantai dengan 1 tower
- e. Apartemen Tamansari Papilio : 33 lantai dengan 1 tower
- f. Apartemen Pakuwon City CBD : 33 lantai dengan 4 tower
- g. Apartemen Beverly Park : 32 lantai dengan 1 tower
- h. Apartemen Trillium : 32 lantai dengan 2 tower
- i. Apartemen Puri Matahari : 30 lantai dengan 1 tower
- j. Apartemen Pucak Bukit Golf : 30 lantai dengan 2 tower
- k. Apartemen Bale Hinggil : 30 lantai dengan 2 tower
- l. Apartemen Gunawangsa Merr : 30 lantai dengan 2 tower
- m. Apartemen Sheraton Tower : 28 lantai dengan 1 tower
- n. Apartemen UC Berkeley : 26 lantai dengan 1 tower
- o. Apartemen Somerset : 25 lantai dengan 2 tower
- p. Apartemen Dian Regency : 23 lantai dengan 1 tower
- q. Apartemen Java Paragon : 22 lantai dengan 2 tower
- r. Apartemen Gunawangsa Tower : 20 lantai dengan 3 tower
- s. Apartemen Puncak Kertajaya : 20 lantai dengan 2 tower
- t. Apartemen Metropolis : 20 lantai dengan 2 tower
- u. Apartemen Puncak Marina : 20 lantai dengan 2 tower

Selanjutnya dari 21 apartemen *high-rise* yang ada di Surabaya, dilakukan pengamatan beberapa tipologi apartemen untuk menentukan satu sampel penelitian yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Dari 21 bangunan apartemen kemudian dipilih 10 bangunan apartemen yang mewakili. Dari beberapa bangunan apartemen yang diambil dapat disimpulkan bahwa tipologi dengan tipe *flat* berbentuk bangunan berupa *elongated* dan L lebih dominan dan banyak digunakan pengembang di Surabaya. Rasio tinggi dan lebar jalan (H/W) beragam mulai dari 1 hingga tertinggi adalah 11 pada bangunan dengan kisaran lebar jalan mulai dari 7-20 m.

Dari 10 apartemen tersebut diambil 1 eksisting sebagai modul dari masing-masing tipologi bangunan yang telah disesuaikan dengan batasan penelitian. Apartemen Gunawangsa Manyar, Puncak Kertajaya dan Puncak Marina diambil sebagai eksisting yang mewakili dari bangunan dengan 20 lantai yang memiliki tipe flat dengan bentuk L, sedangkan Apartemen Puncak Kertajaya mewakili apartemen 20 lantai yang memiliki tipe tower dengan bentuk silang atau U, dan apartemen Puncak Marina diambil karena mewakili satu-satunya apartemen dengan 20 lantai yang memiliki tipe tower dengan bentuk □.

3.5.2 Sampel

Pengambilan sampel dilakukan karena dalam suatu penelitian sulit untuk meneliti keseluruhan populasi objek penelitian. Dengan pengambilan sampel, objek yang dipilih dapat diambil dari suatu kesatuan atau keseluruhan untuk mendapatkan gambaran mengenai kesatuan atau keseluruhan objek penelitian tersebut. Secara prinsip metode pengambilan sampel dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengambilan sampel secara acak dan secara tidak acak dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu.

Pada penelitian ini digunakan sampel dan *purpose sample*. Dari data 21 apartemen yang ada di Surabaya, diambil beberapa tipologi bangunan yang dominan dan banyak digunakan sebagai bentuk apartemen di Surabaya. Dari data tersebut, sebanyak 10 apartemen di Surabaya menggunakan tipe flat dengan bentuk bangunan memanjang dan L, tipe tower berupa bentuk U dan □ :

- Pada apartemen Gunawangsa Manyar, Gunawangsa Merr, dan Educity Kalisari lebih banyak menggunakan bentuk L dengan tipe *flat*.
- Pada apartemen Trilium, Metropolis, dan Via and Vue Ciputra World lebih banyak menggunakan bentuk memanjang dengan tipe *flat*.
- Pada apartemen Puncak Kertajaya dan Bale Hinggil menggunakan bentuk U dengan tipe *tower*.
- Pada apartemen Puncak Marina menggunakan bentuk □ dengan tipe *tower*.

Dari 10 apartemen tersebut diambil 1 eksisting sebagai modul bangunan pada penelitian yang telah disesuaikan dengan batasan penelitian yang digunakan

dan apartemen Puncak Kertajaya, Puncak Marina dan Gunawangsa Manyar diambil sebagai eksisting yang mewakili tiap tipe bangunan dan tipologi yang diteliti.

3.6 Koleksi Data

1. Jenis data

Data yang digunakan untuk penelitian ini ditentukan berdasarkan variabel dan parameter yang digunakan. Jenis data ini dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Data primer

Data yang didapatkan peneliti sebagai data awal untuk mendapatkan data tipologi bangunan apartemen di Surabaya serta orientasi yang sering digunakan. Dilakukan pengamatan dengan peralatan *stationery* untuk pencatatan dan teknik perhitungan dengan kalkulator, literatur data sekunder, dan *software* computer.

Data kedua adalah data iklim mikro yang di dapatkan dari salah satu bangunan apartemen yang ada di Surabaya Timur untuk membantu validasi simulasi *software* dalam metode eksperimen yang digunakan.

Pada penelitian ini data primer melalui perhitungan yang dilakukan adalah mencari nilai suhu udara dan banyaknya jumlah distribusi radiasi di ruang luar apartemen sebagai input data di *software* ENVI-met.

b. Data sekunder

Data sekunder yang membantu data penunjang data primer diperoleh dari sumber-sumber yang relevan dan tanpa proses pengukuran langsung merupakan data penunjang yang diperoleh untuk melengkapi data primer.

Data sekunder yang diperlukan dalam tahapan pengumpulan data ini adalah:

- Data iklim makro kota Surabaya berupa temperatur udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi matahari selama dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2007-2011) yang didapat dari Badan Meterologi, Klimatologi, dan Geofisika kota Surabaya.
- Data iklim makro Surabaya tahun 2012 yang didapat dari Badan Meterologi, dan Geofisika kota Surabaya.

- Literatur Tipologi bangunan dan faktor penentu efek pembayangan bangunan yaitu orientasi, lokasi, material, serta ketinggian bangunan dan lebar jalan yang akan diterapkan pada model bangunan apartemen.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah pengukuran lapangan, dan simulasi komputer.

1. Pengukuran Lapangan

Pengukuran lapangan dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik bangunan apartemen yang ada di Surabaya berupa data tipologi, orientasi yang sering digunakan, serta data kondisi termal ruang luar pada salah satu bangunan apartemen yang dijadikan eksisting pada penelitian ini yaitu apartemen Gunawangsa Manyar guna mengetahui dan menemukan karakteristik dari kondisi lapangan yang nyata sebagai bentuk validasi dalam penggunaan *software* simulasi pada metode eksperimen yang digunakan.

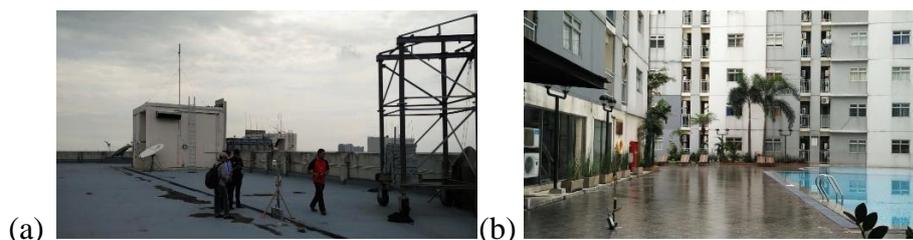
Langkah-langkah yang dilakukan sebelum pengukuran di lapangan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan reliabilitas dan validitas alat ukur (Bungin, 2005).

Reliabilitas alat ukur adalah kesesuaian alat ukur dengan alat yang diukur, sehingga alat ukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan. Validitas alat ukur adalah akurasi alat ukur dengan cara mengkalibrasikan antar alat ukur.

- b. Penentuan waktu pengukuran di lapangan.

Waktu yang ditetapkan dalam pengukuran ini berdasarkan hasil pengukuran data iklim BMKG kota Surabaya tahun 2007-2011. Pengukuran dilakukan selama 7 hari pada bulan terpanas (Oktober).





(c)

Gambar 3.2 Pengukuran Survey Lapangan: (a) *Weather Station*, (b) *Hotwire Anemometer*, dan (c) *Micro Station*.

Tabel 3.4. Jenis dan Teknik Pengambilan Data

No.	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data	Alat Pengambilan Data	Waktu Pengamatan
Data Primer				
1.	Data iklim mikro Bale Hinggil: - Temperatur - Kelembaban - Kecepatan angin - Intensitas radiasi matahari	- Pengukuran di lapangan - Simulasi ENVI-met 4 - Pencatatan	<i>Weather Station</i>	7 x 24 jam
2.	Data tipologi dan orientasi bangunan apartemen di Surabaya	- Pengukuran - Dokumentasi dan pencatatan	- Alat tulis dan gambar - <i>Software google earth</i>	2 kali dalam seminggu
Data Sekunder				
1.	Data iklim makro kota Surabaya	BMKG kota Surabaya	Pemerintah	Tahun 2007 - 2011 dan tahun 2012

2. Simulasi Komputer

Penelitian ini menggunakan bantuan simulasi yaitu simulasi ENVI-met 4. Tahap simulasi ini digunakan untuk mengetahui kondisi termal di ruang luar apartemen. Output dari simulasi ENVI-met adalah temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (%), radiasi matahari (W/m^2) dan kecepatan angin (m/s).

3.7 Rancangan Eksperimen

Desain eksperimen digunakan untuk mencari pengaruh pola konfigurasi massa bangunan apartemen dan bayangan yang dihasilkan terhadap kondisi termal

ruang luar dengan melakukan perlakuan pada variabel konfigurasi bangunan berdasarkan parameter rasio tinggi dan lebar ruang terbuka. Johansson (2006) menjelaskan untuk menghasilkan pembayangan yang baik pada orientasi Timur-Barat membutuhkan setidaknya $H/W \geq 4$ dan untuk orientasi Utara-Selatan membutuhkan setidaknya $H/W \leq 2$.

Pada penelitian ini tipologi yang digunakan adalah tipe flat dengan bentuk L dan tipe tower dengan bentuk silang / U dan \square yang paling banyak digunakan di Surabaya. Konfigurasi yang diaplikasikan pada model bangunan apartemen berdasarkan bentuk dasar bangunan. Dengan ketentuan sebagai berikut:

- Tinggi bangunan apartemen adalah 20 lantai
- Rasio perbandingan tinggi dan lebar jalan adalah $H/W=1$, $H/W=3$, dan $H/W=6$. Dengan penutup lahan pada area jalan / koridor apartemen hanya berupa paving dan tidak ada vegetasi.
- Pola massa bangunan adalah bujur sangkar (memusat) dan paralel (memanjang).
- Orientasi jalan adalah Timur-Barat dan Utara-Selatan.

Secara keseluruhan tahapan eksperimen akan dilakukan dengan tahapan-tahapan dengan bantuan simulasi komputer. Pada proses eksperimen dilakukan perhitungan dengan bantuan ENVI-met dengan memasukan data input berupa temperatur, kelembaban udara, dan kecepatan angin rata-rata kota Surabaya (Iklim Makro Surabaya), serta model massa bangunan yang telah diberikan perlakuan sesuai variabel yang ditentukan (Lampiran 1). Dalam kombinasinya dianalisa berdasarkan kelompok eksperimen dengan memahami pengaruh variabelnya terhadap kondisi termal. Setelah melakukan pengujian dengan mengkombinasikan variabel bebasnya, maka akan diperoleh hasil optimum yang dapat memberikan penurunan suhu lingkungan di ruang luar. Dari hasil yang didapat ini akan dianalisa dengan menghubungkan dengan data yang diperoleh dari studi literatur.

3.8 Simulasi

Untuk melakukan eksperimen pada penelitian ini digunakan strategi simulasi aplikasi dengan bantuan ENVI-met 4. Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya diketahui bahwa strategi tersebut dapat digunakan dengan pendekatan

untuk mengetahui pengaruh antar variabel sehingga dapat dianalisa lebih lanjut untuk keperluan menjawab pertanyaan penelitian.

Strategi eksperimen termal dengan simulasi ENVI-met 4 digunakan Gudson dan Duarte (2016) yang melakukan penelitian *Effects of Built Density and Urban Morphology on Urban Microclimate - Calibration of the Model ENVI-met V4 for the Subtropical Sao Paulo, Brazil*. Paas dan Schneider (2016) yang membandingkan performa permodelan menggunakan ENVI-met 4 dengan Aural2000, serta Ferdinando Salata dkk (2016) dengan penelitian *Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data*.

ENVI-met adalah program komputer yang mampu memprediksi *microclimate* pada suatu urban area (Bruse, 2006). Program ini didasarkan pada 3 dimensional CFD dan model *energy balance* yang dideskripsikan secara detail oleh Bruse (1999). Model yang digunakan dalam proses perhitungan fisiknya antara lain adalah atmosfer, permukaan / *ground, buildings* dan vegetasi, serta simulasi iklim dalam urban area dengan *high spasial* dan *temporal resolution* yang memungkinkan studi yang mendetail mengenai variasi *microclimate*.

Untuk memprediksi nilai variabel yang diujicobakan pada software ENVI-met ini memiliki kekuatan dan kelemahan, yaitu :

Kekuatan:

- a. Memiliki pengolahan citra yang mengkombinasikan teknik *file-based* dan *band-based* dengan fungsi yang interaktif, dimana semua saluran bisa diakses oleh fungsi sistem.
- b. Dapat mensimulasikan secara aerodinamis, termodinamika dan keseimbangan radiasi dalam struktur perkotaan yang kompleks dengan resolusi (grid/ukuran) antara 0,5 meter dan 10 meter sesuai dengan posisi matahari, geometri perkotaan, vegetasi, tanah dan berbagai konstruksi.
- c. Output dari simulasi cukup detail yaitu berupa komponen iklim mikro dan penilaian ruang luar.
- d. Adanya *real-time* dan *spatial/spectral profiling* dari *multiband* dan data *hyperspectral* mempermudah melihat data dengan dimensi tinggi.

- e. Adanya *tools* interaktif (Leonardo) yang dapat melihat dan menganalisis data *vector* dan atribut sistem informasi geografis (SIG).

Kelemahan :

- a. Terdapat perbedaan fluks gelombang panjang vertikal tidak diperhitungkan yang mampu mengakibatkan perbedaan temperatur sebesar 2-4°C.
- b. Untuk Permodelan bangunan, memiliki nilai albedo dan U-value dianggap sama untuk keseluruhan bangunan (dinding dan atap), tidak memperhitungkan massa termal bangunan dalam penyimpanan dan pembuangan panas bangunan. Kondisi ini tidak menguntungkan untuk model bangunan berkepadatan tinggi.
- c. Tidak mampu mensimulasikan penyimpanan panas pada bangunan, karena setiap bangunan diberikan temperatur awal yang sama, yaitu dijaga konstan selama simulasi.

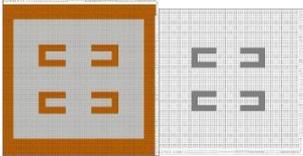
Adapun tahapan simulasi dengan software ENVI-met 4 untuk menghitung nilai tempertur, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari yang terjadi pada ruang luar bangunan apartemen:

- a. Pada tahap awal dilakukan permodelan bangunan sesuai dengan desain eksperimen (lampiran 1).
- b. Tahap berikutnya adalah dengan penentuan iklim, lokasi dan waktu simulasi, serta material permukaan pada ENVI-met 4. Data iklim yang digunakan merupakan data iklim Juanda, Surabaya pada tahun 2012, dengan waktu simulasi ditetapkan 1x12 jam pada pukul 06.00 sampai dengan pukul 18.00 pada bulan Oktober.
- c. Simulasi kemudian dijalankan dan menghasilkan data berupa radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan angin pada ruang luar yang selanjutnya untuk memudahkan analisa pada hasil eksperimen, maka data tersebut kemudian dimasukkan kedalam bentuk tabel dan grafik yang digabungkan dengan gambar hasil simulasi untuk memperoleh gambaran lengkap mengenai pola massa bangunan dan pembayangan yang dihasilkannya pada ruang luar yang nantinya akan berpengaruh pada penurunan suhu di luar.

Berdasarkan tahapan simulasi di atas, maka pembuatan model simulasi untuk ke-36 simulasi tersebut maka akan dilakukan penyederhanaan model (Tabel

3.7). Penyederhanaan ini mengikuti software ENVI-met yang nantinya akan berpengaruh pada verifikasi antara hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi. Jika terdapat perbedaan, hal ini didukung oleh penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara hasil pengukuran lapangan dan simulasi yaitu sekitar 2-4 °C (Bruse, 2009; Taleghani dkk, 2015).

Tabel 3.5 Penyederhanaan Model Simulasi ENVI-met untuk ke-36 Tipe Konfigurasi Pola Massa Bangunan Apartemen

1. Komponen Penutup Lahan: Bangunan dan paving		
	Eksisting	Model Simulasi
Komponen penutup lahan	Tidak ada perbedaan antara eksisting dan model simulasi. Hanya saja komponen penutup lahan pada model simulasi hanya menggunakan <i>paving</i> dan sisanya tanah gembur. Tidak ada vegetasi.	
Bangunan	Bangunan Eksisting	Bangunan hanya bisa berupa blok dan beratap datar
Aspal, vegetasi, <i>paving</i> dan tanah	Terdapat aspal, vegetasi dan paving sebagai penutup jalan di sekitar bangunan apartemen	Penutup lahan hanya berupa <i>paving</i> sebagai permukaan jalan dan sisanya tanah kosong. Tidak ada vegetasi 
2. Orientasi jalan, rasio H/W, dan pola massa bangunan		
	Eksisting	Model Simulasi
Orientasi	Tidak ada perbedaan antara eksisting dan model simulasi. Hanya saja pada model simulasi digunakan 2 arah orientasi jalan sebagai pembanding antar pola massa bangunan yaitu Timur-Barat (TB) dan Utara-Selatan (US)	
Rasio H/W	Tidak ada perbedaan antara tinggi eksisting dan model simulasi. Perbedaan hanya terdapat pada lebar jalan pada model simulasi yang akan diberi perlakuan dengan rasio yang sudah ditentukan (H/W=1, H/W=3, H/W=6)	
Pola Massa Bangunan	Pola Eksisting	Pola massa bangunan yang digunakan adalah tipe bujur sangkar (memusat) dan paralel (memanjang)

3.9 Tahap Penelitian

Dari penjelasan sebelumnya maka tahapan penelitian akan dilakukan dengan melalui 5 tahapan yaitu, yang pertama adalah melakukan identifikasi masalah subyek penelitian dan merumuskannya dalam bentuk tujuan, batasan dan

manfaat penelitian. Tahap ini dibutuhkan untuk memfokuskan alur penelitian agar memiliki tujuan dan batasan masalah yang konsisten.

Tahap kedua merupakan tahap di mana penyusunan kajian pustaka yang dimulai dari berbagai macam studi literatur mengenai teori termal dan pembayangan. Data literatur dapat diperoleh dari studi pustaka, jurnal dan *website-website* pendukung teori. Tahap ini sangat dibutuhkan untuk menentukan lebih *detail* batasan-batasan dan variabel-variabel penelitian.

Tahap berikutnya adalah mengidentifikasi data-data hasil observasi yang kemudian dilanjutkan dengan menspesifikasikan data-data tersebut dalam variabel-variabel yang telah ditentukan. Identifikasi dimulai dari pengukuran sampel bangunan apartemen hingga pemilihan bangunan yang akan digunakan dalam eksperimen.

Tahap keempat adalah tahap eksperimen dan simulasi. Tahap simulasi dimulai untuk mengetahui pola bayangan yang dihasilkan massa bangunan dengan menggunakan *software* ENVI-met. Penggunaan *software* ENVI-met ini juga digunakan untuk membantu mendapatkan nilai temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari pada permukaan ruang luar.

Tahap terakhir adalah tahap analisa, pembahasan dan penarikan kesimpulan dari hasil simulasi konfigurasi massa bangunan apartemen dan pembayangan yang dihasilkan terhadap kondisi termal di ruang luarnya dan jumlah penurunan suhu di ruang luar akibat pembayangan bangunan dengan bantuan tabel-tabel dan grafik yang dibuat untuk mempermudah proses analisa.

Analisa dilakukan dengan mengganti variabel yang dipertahankan. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan sebagai berikut:

- a. Prosentse besar-kecilnya pembayangan yang dihasilkan oleh massa bangunan dibandingkan pada tiap nilai H/W dan pola massa bangunan, kemudian dibandingkan dengan nilai temperatur yang didapatkan pada daerah yang terbayangi dan tidak terbayangi.
- b. Hasil kondisi termal (temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari) pada pola massa bangunan di tiap H/W dan orientasi dibandingkan dan dicari variabel yang paling berpengaruh untuk kemudian dibandingkan pada tiap masing-masing konfigurasi.

Dari perhitungan kondisi termal yang dilakukan pada tiap jam yang berbeda nantinya akan didapatkan penurunan suhu lingkungan yang paling rendah pada tiap massa bangunan di tiap jam dan kecenderungan-kecenderungan perubahan pola bayangan dan temperatur udara di ruang luar oleh karena perubahan setiap variabel.

3.10 Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan tujuan untuk menjawab permasalahan demi mencapai tujuan penelitian, yaitu dengan mengidentifikasi konfigurasi pola massa bangunan dan pembayangan pada ruang luar apartemen. Analisa data dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Analisa data iklim makro

Menganalisa data iklim Surabaya. Data iklim digunakan untuk menentukan waktu ekstrim di sepanjang tahun yang akan digunakan untuk menentukan waktu pengukuran di setiap tipe konfigurasi pola massa bangunan.

2. Analisa data iklim mikro

Analisa data iklim mikro apartemen Gunawangsa Manyar, digunakan untuk mengetahui dan menemukan karakteristik dari kondisi lapangan yang nyata sebagai bentuk verifikasi dalam metode eksperimen dengan bantuan simulasi software yang akan digunakan.

3. Analisa pembayangan dan konfigurasi massa bangunan

Pengidentifikasi pola pembayangan dengan hasil berupa presentase pembayangan yang dihasilkan dari masing-masing tipe H/W dan penataan pola massa bangunan pada bulan terpanas. Analisa konfigurasi massa bangunan dan pembayangan yang dihasilkannya dilakukan dengan mengkaji seberapa besar pengaruh konfigurasi pola massa bangunan dan bayangan yang dihasilkan pada jam-jam tertentu. Dengan demikian didapatkan konfigurasi massa bangunan dan bayangan yang nantinya paling berpengaruh terhadap kondisi lingkungan di ruang luar apartemen.

4. Analisa kondisi termal ruang luar

Menganalisa kondisi termal ruang luar dilakukan dengan parameter tinggi dan jarak antar bangunan serta bentuk dan orientasi dengan melakukan

perbandingan dari tipe penataan pola massa bangunan yang telah direncanakan pada bulan terpanas.

5. Analisa pembayangan oleh konfigurasi massa bangunan

Analisa ini dilakukan dengan mengkaji seberapa besar pengaruh konfigurasi pola massa bangunan terhadap hasil bayangan pada jam-jam tertentu. Dengan demikian didapatkan konfigurasi massa bangunan yang dapat menghasilkan bayangan yang nantinya paling berpengaruh terhadap kondisi lingkungan termal di ruang luar.

6. Analisa hubungan antara pengaruh konfigurasi massa bangunan serta pembayangan yang dihasilkan pada kondisi termal di ruang luar

Analisa akhir ini dilakukan untuk menjelaskan dan mengevaluasi pengaruh konfigurasi massa bangunan dan pembayangan yang dihasilkan terhadap kondisi termal di ruang luar. Hasil akhir dari penelitian ini berupa model yang akan dijelaskan berupa tipe konfigurasi massa bangunan dan bayangan yang dihasilkan yang bagaimana yang dapat menurunkan suhu lingkungan di ruang luar.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Iklim Kota Surabaya

Kota Surabaya terletak di antara 7.15°-7.35° Lintang Selatan dan 112.6°-112.9° Bujur Timur. Letak geografis ini mempengaruhi kondisi iklim kota Surabaya yang dipengaruhi oleh iklim tropis panas lembab dengan temperatur udara yang relatif panas, kelembaban udara yang relatif tinggi dan radiasi matahari yang relatif tinggi. Tabel 4.1 menunjukkan data iklim kota Surabaya dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dari tahun 2007-2011.

Tabel 4.1 Data Iklim kota Surabaya tahun 2007-2011

Bulan	Temperatur Udara			Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Arah Angin	Lama Penyinaran Matahari	Intensitas Radiasi Matahari	Curah Hujan						
	Maks	Min	Rata-rata							Rata-rata	Rata-rata	Frekuensi	Rata-rata	Rata-rata	Jumlah
	(°C)	(°C)	(°C)							%	m/s		%	Watt/m ²	
Jan	33,8	23,2	27,4	80,2	4,2	T	52,8	5756,0	323,8						
Feb	33,4	21,7	27,1	76,0	4,4	B	54,8	6149,7	415,9						
Mar	33,3	23,2	27,5	82,8	3,7	B	55,3	6170,6	279,3						
Apr	32,9	23,6	27,7	82,6	3,3	B	59,6	5698,2	151,8						
Mei	33,0	22,5	28,0	79,6	3,7	T	72,1	5685,2	186,7						
Juni	32,3	22,2	27,4	77,3	3,8	T	80,5	5925,4	53,3						
Juli	32,2	21,0	26,9	75,7	4,0	T	91,6	6502,3	51,7						
Aug	32,6	21,2	26,9	73,1	4,2	T	94,5	7226,6	15,5						
Sep	33,8	22,4	27,5	70,3	4,2	T	90,3	7609,3	129,3						
Okt	34,8	23,3	28,9	70,4	4,3	T	81,9	7450,8	83,9						
Nov	34,4	23,6	28,4	75,9	3,7	T	66,4	6520,9	142,6						
Des	33,6	23,2	27,3	80,1	3,8	B	43,8	5382,5	365,1						

Sumber : BMKG Juanda Surabaya, 2007-2011

Pada penelitian ini dibutuhkan data iklim makro Surabaya untuk melihat waktu ekstrim di sepanjang tahun, yaitu kondisi iklim pada bulan terdingin (Juli) dan terpanas (Oktober). Pemilihan bulan terdingin dan terpanas diambil berdasarkan kondisi temperatur udara rata-rata terendah dan tertinggi dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dengan karakteristik kondisi iklim makro. Adapun karakteristik kondisi iklim makro kota Surabaya dalam kurun lima tahun terakhir, sebagai berikut:

1. Temperatur Udara

Temperatur rata-rata terendah terjadi pada bulan Juli dan Agustus, sedangkan temperatur tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan November dimana peningkatan dan penurunan temperatur udara setiap bulannya berkisar 0,3-0,6 °C. Temperatur udara di Surabaya pada awal tahun hingga pada bulan Agustus memiliki kecenderungan rendah dan mulai naik pada bulan September dan Oktober, kemudian mengalami penurunan kembali hingga akhir tahun. Hal ini juga dipengaruhi oleh elemen iklim lainnya seperti kelembaban udara, kecepatan udara dan arah datangnya, lama penyinaran matahari dan intensitas radiasi serta curah hujan.

2. Kelembaban Udara

Kelembaban udara rata-rata terendah di Surabaya terjadi pada bulan September 70,3% dan kelembaban udara rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar 82,5 %, dimana perbedaan kelembaban udara rata-rata tidak begitu besar setiap bulannya yaitu sekitar 2-6%. Karakteristik kelembaban udara ini berbanding terbalik dengan temperatur udara yang tinggi.

3. Kecepatan dan Arah Angin

Kecepatan angin rata-rata terendah di Surabaya terjadi pada bulan April yaitu dengan kecepatan 3,3 m/s, sedangkan kecepatan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu dengan kecepatan 4,4 m/s dimana frekuensi arah datang angin terbanyak berasal dari timur. Kecepatan angin cenderung tinggi karena dipengaruhi oleh kondisi geografis kota Surabaya yang berada di dekat laut, dimana arah datang angin lebih banyak berasal dari Timu-Barat.

4. Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari tertinggi di Surabaya terjadi pada bulan September yaitu sebesar 7609,3 Watt/m² dengan intensitas radiasi terendah pada bulan Desember yaitu sebesar 2959,2 Watt/m² hal ini dikarenakan curah hujan yang relatif tinggi pada akhir tahun. Tinggi-rendahnya intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi tinggi-rendahnya nilai temperatur udara.

5. Curah Hujan

Curah hujan di Surabaya cenderung tinggi pada awal bulan dan berangsur turun pada bulan Maret hingga Oktober dan meningkat lagi hingga akhir tahun. Curah

hujan di Surabaya yang terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 14,5 mm sedangkan curah hujan tertinggi terjadi di Surabaya pada bulan Februari sebesar 415,9 mm. Curah hujan tahunan yang terjadi di Surabaya relatif rendah dan tidak begitu banyak mempengaruhi kelembaban udara karena kecepatan angin yang terjadi di Surabaya relatif tinggi.

Pada elemen iklim makro, khususnya untuk kota Surabaya dapat disimpulkan bahwa peningkatan dan penurunan temperatur udara sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin. Keterkaitan antara elemen iklim sangat kuat

Pada bulan terdingin yaitu pada bulan Juli, kondisi curah hujan cenderung kecil, kelembaban udara lebih tinggi dibanding bulan Oktober yaitu bulan terpanas. Pada bulan terpanas, kondisi temperatur dan radiasi matahari cenderung tinggi namun kelembaban udara dan curah hujan cenderung kecil. Kecepatan angin pada bulan terpanas cukup tinggi dan kelembaban cukup rendah tetapi hal ini belum mampu membuat nyaman secara termal. Hal yang sama juga terjadi pada bulan terdingin dimana temperatur udara rendah, radiasi dan penyinaran tinggi, pada kondisi ini bulan terpanas dan terdingin iklim Surabaya belum masuk pada zona nyaman.

Radiasi matahari paling banyak terdapat pada sisi Barat, Barat daya, Timur dan Tenggara untuk bulan terpanas (Oktober) dan sisi Utara pada bulan terendah (Juli). Pada bulan terdingin, radiasi matahari terendah berada pada sisi Selatan dengan radiasi tertinggi pada Timur, Timur laut, Barat dan Barat laut. Posisi matahari berpengaruh pada radiasi matahari yang diterima pada tiap sisi.

Analisa iklim makro ini dilakukan untuk mengetahui waktu ekstrim di sepanjang tahun yaitu bulan terdingin (Juli) dan bulan terpanas (Oktober), dimana nantinya waktu tersebut akan digunakan untuk menentukan waktu pengukuran di setiap tipe pola massa bangunan.

4.2 Kondisi Iklim Surabaya tahun 2012

Analisa iklim makro tahun 2012 dilakukan sebagai verifikasi kondisi iklim pada 5 tahun terakhir, dimana waktu terpanas (Oktober) iklim makro pada tahun 2012 ini nantinya akan digunakan sebagai waktu pengukuran pada simulasi ENVI-

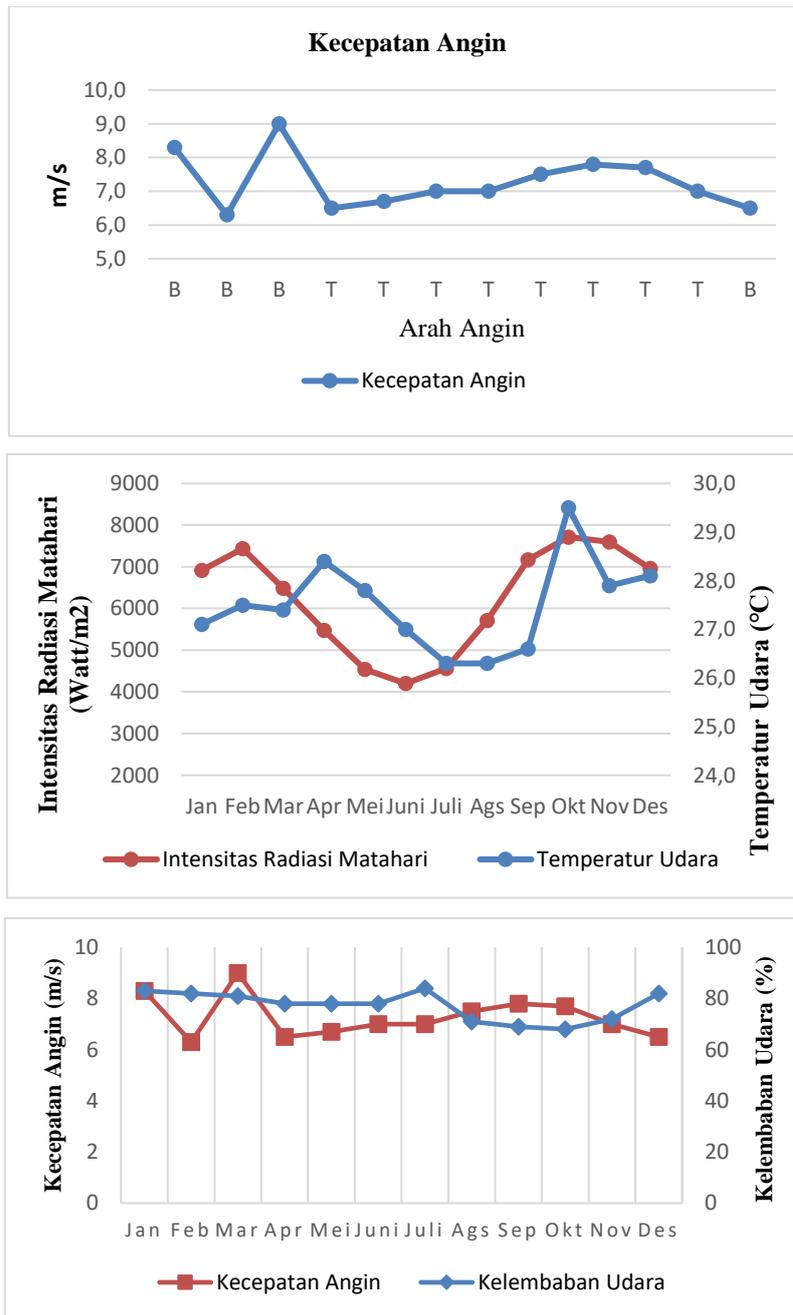
met. Berdasarkan tabel diketahui bahwa pada tahun 2012 temperatur rata-rata tertinggi terdapat pada bulan Oktober sebesar 29,5 °C dan temperatur terendah terjadi pada bulan Juli-Agustus sebesar 26,3 °C. Hampir sama dengan data iklim yang ditunjukkan pada 5 tahun terakhir (2007-2011), dimana data iklim tahun 2012 memiliki temperatur lebih tinggi dengan deviasi sebesar 0,6 °C pada bulan terpanas (Oktober) dan 0,3 °C pada bulan terdingin (Juli).

Tabel 4.2 Kondisi Iklim Surabaya tahun 2012

Bulan	Temperatur Udara			Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Arah Angin	Intensitas Radiasi Matahari	Curah Hujan					
	Maks	Min	Rata-rata						Rata-rata	Rata-rata	Frekuensi	Rata-rata	Jumlah
	(°C)	(°C)	(°C)						%	m/s		Watt/m ²	
Jan	34,6	23,5	27,1	83	8,3	B	5756,0	445,9					
Feb	33,6	23,1	27,5	82	6,3	B	6149,7	179,1					
Mar	32,7	22,8	27,4	81	9,0	B	6170,6	210,9					
Apr	33,4	24,1	28,4	78	6,5	T	5698,2	140,8					
Mei	32,7	22,7	27,8	78	6,7	T	5685,2	114,0					
Juni	32,0	21,5	27,0	78	7,0	T	5925,4	67,7					
Juli	32,4	20,6	26,3	84	7,0	T	6502,3	-					
Aug	33,1	20,6	26,3	71	7,5	T	7226,6	-					
Sep	33,4	20,6	26,6	69	7,8	T	7609,3	-					
Okt	35,1	23,5	29,5	68	7,7	T	7450,8	2,1					
Nov	35,4	24,6	27,9	72	7,0	T	6520,9	58,0					
Des	34,3	22,4	28,1	82	6,5	B	5382,5	171,0					
Rata-rata	33,6	22,5	27,5	77,2	7,3		6230,167	115,8					

Sumber : BMKG Juanda Surabaya.

Tingkat kelembaban dapat dikatakan hampir selalu stabil sepanjang bulan Januari hingga Juli dan menurun pada bulan Agustus hingga Oktober. Kelembaban udara tertinggi terjadi pada bulan Juli-Agustus dan terendah pada bulan Oktober, dimana kelembaban udara berkisar 68-84%. Kecepatan angin paling tinggi terjadi pada bulan Maret dan menurun hingga Mei kemudian berhenti dan cukup stabil di kisaran ± 7 m/s hingga bulan November. Kecepatan angin rata-rata di kota Surabaya berkisar antara 6,5-9,0 m/s dan datang dari arah Timur. Tidak jauh berbeda dengan data iklim 5 tahun terakhir yang juga memiliki arah datang angin terbanyak berasal dari arah Timur.



Gambar 4.1 Kondisi Iklim Makro Surabaya 2012 (BMKG Juanda Surabaya)

4.3 Verifikasi Hasil lapangan dan Hasil Simulasi

Verifikasi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi. Jika terpenuhi kriteria verifikasi, maka hasil ini digunakan untuk mengalalisa kondisi termal di ruang luar pada massa

apartemen di tiap pola dengan menggunakan data iklim mikro apartemen. Verifikasi ini menggunakan data iklim makro Surabaya dan dilakukan pada bangunan apartemen Gunawangsa Manyar.

4.3.3 Kondisi Lingkungan Termal di sekitar Apartemen Gunawangsa Manyar

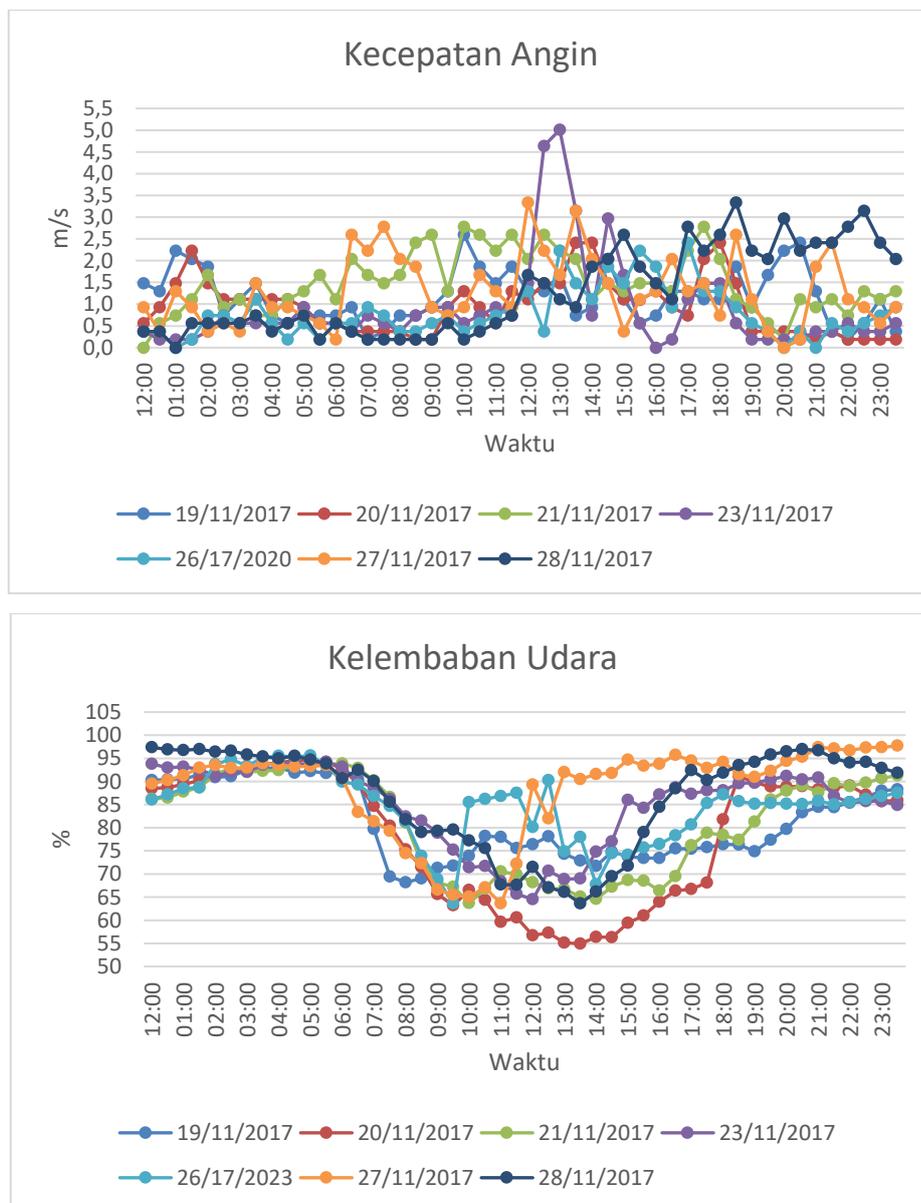
Pengukuran lapangan dilakukan pada apartemen Gunawangsa Manyar yang terletak di Jl. Menur Pumpungan no. 62, Menur Pumpungan, Sukolilo, Surabaya, Pada apartemen Gunawangsa Manyar terdapat 2 tower yang memiliki ketinggian masing-masing 20 lantai dengan tipe tipologi bangunan apartemen berbentuk L dan nilai $H/W=3$.



Gambar 4.2 Bangunan Apartemen Gunawangsa Manyar

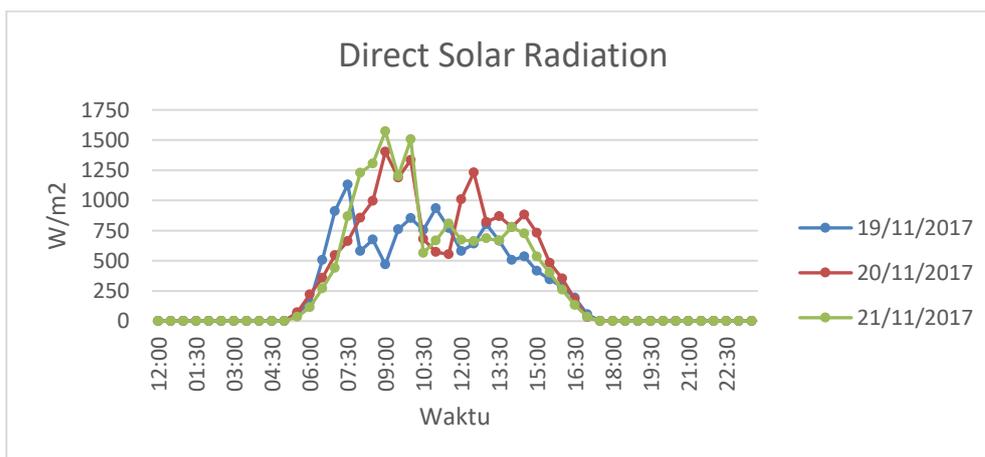
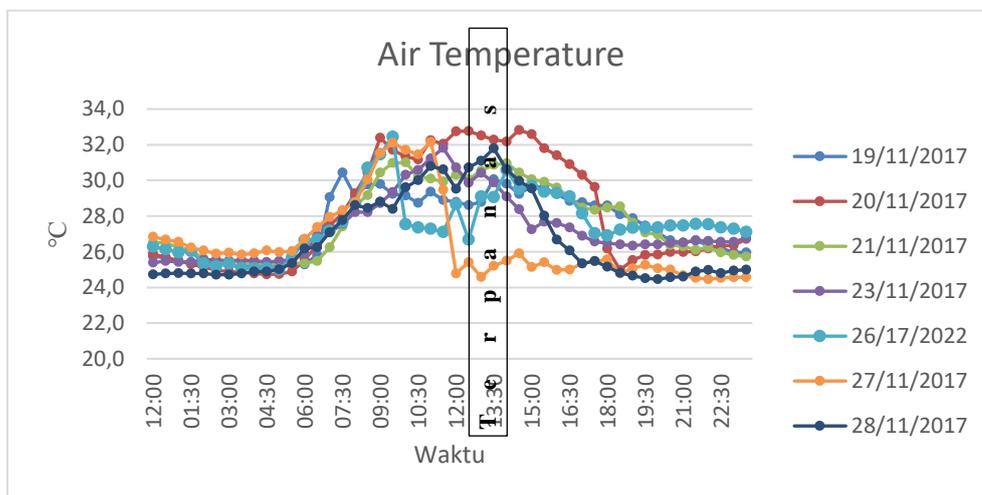
Pengukuran pada apartemen Gunawangsa Manyar dilakukan mulai pukul 10.00-14.00 siang selama lebih dari seminggu dengan menggunakan *hotwire anemometer* dan *weather station* yang diletakkan pada area podium (kolam renang) serta *micro station* yang diletakkan pada area rooftop selama 24 jam. Pengukuran data dari alat *hotwire* nantinya akan digunakan untuk melihat kondisi podium (area kolam renang) yang selanjutnya akan dibandingkan dengan data kondisi termal pada area rooftop apartemen (*micro station*) untuk melihat rasio kecepatan angin terbanyak pada area podium. Namun dalam penelitian ini, sebagian besar akan menggunakan data iklim mikro yang berasal dari alat *micro station* yang diletakkan pada *rooftop* untuk melihat kondisi lingkungan termal di area apartemen.

Dari beberapa data iklim yang telah diambil, hanya terdapat beberapa data harian yang dapat digunakan baik karena kendala hujan ataupun ekstrak data yang tidak terbaca (*error*). Pergerakan udara adalah perubahan posisi tanpa memperhatikan tekanan udara sebagai dampak dari kadar atau tingkat tekanan udara yang berbeda-beda. Menurut Boutet (1987) angin merupakan bentuk alami dari gerakan udara yang umumnya bergerak horizontal.



Gambar 4.3 Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara di Apartemen Gunawangsa Manyar

Pada grafik diatas, pola pergerakan kecepatan angin cenderung tidak menentu pada tiap jamnya dengan kecenderungan kecepatan angin rendah pada pagi hari dan naik hingga siang hari. Nilai kecepatan angin tertinggi terjadi pada hari ke empat di pukul 13.00-14.00 dengan kecepatan angin sebesar 3 – 5 m/s yang kemudian cenderung menurun hingga malam hari. Nilai temperatur tertinggi cenderung terjadi pada pukul 11.00-19.00 sore, dengan kecenderungan kecepatan angin naik terlihat sejak pukul 09.00 setelah itu turun sejak pukul 19.00 hingga pagi hari. Nilai temperatur tertinggi terjadi pada hari ke-dua yaitu sebesar 32,8 °C di pukul 14.30, dengan kecenderungan pola temperatur naik sejak pukul 09.00-14.00 siang. Kecenderungan temperatur tertinggi berada pada 1-2 jam setelah jam 12.00 siang. Hal ini dikarenakan pengaruh komponen penutup lahan dimana kondisi termal tidak terlepas dari proses penyerapan dan pelepasan panas dari sifat termal propertis dari masing-masing material penutup lahan.



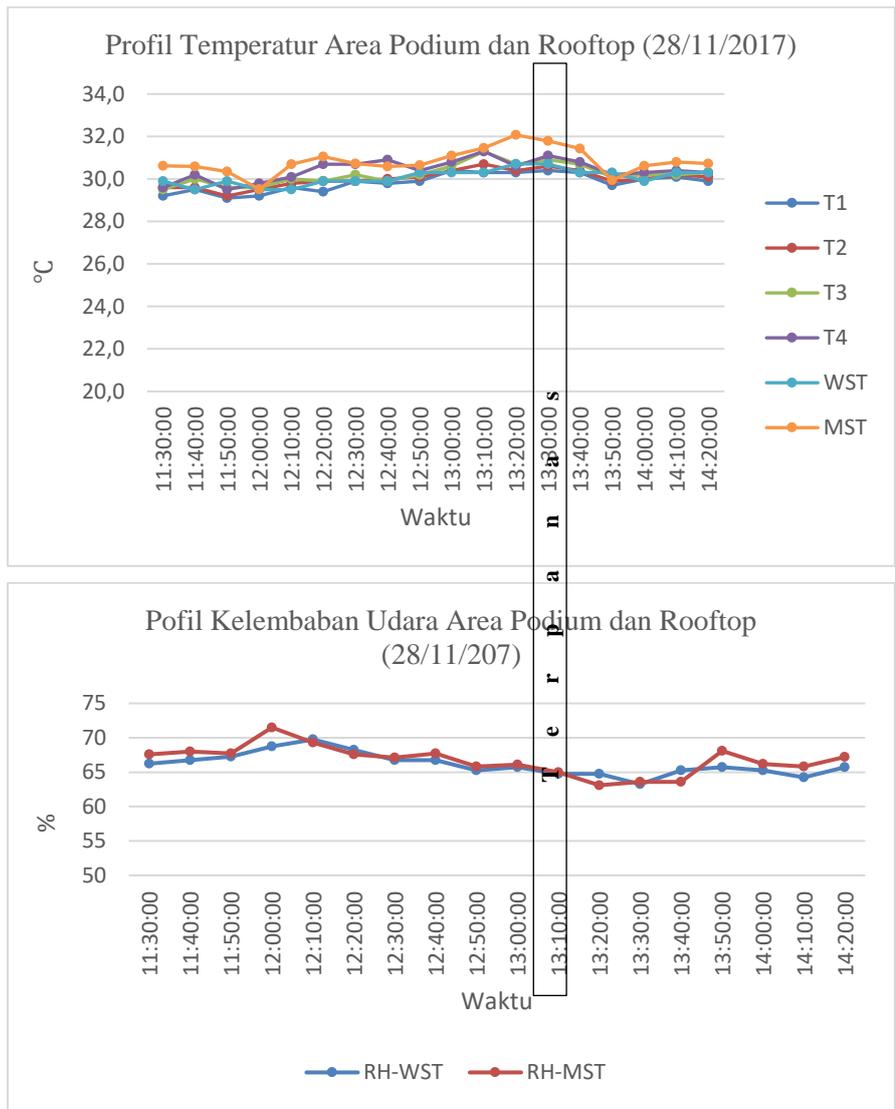
Gambar 4.4 Temperatur Udara di Area Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar

Sedangkan pada hasil pengukuran radiasi hanya terdapat 3 hasil ukur yang dapat terbaca yaitu pada hari pertama, ke-dua dan hari ke-tiga. Namun dari gambar diatas dapat dilihat pola pergerakan intensitas radiasi matahari memiliki perilaku yang cenderung hampir sama dengan kondisi temperatur udara dan kecepatan angin. Pada grafik 4.4, nilai radiasi matahari tertinggi terjadi di 1-3 jam sebelum pukul 12.00, hal ini disebabkan pada siang hari kondisi di sekitar apartemen Gunawangsa Manyar cenderung berawan dan mendung.

Peningkatan dan penurunan intensitas radiasi matahari berpengaruh pada peningkatan dan penurunan temperatur udara. Apartemen Gunawangsa Manyar memiliki bentuk geometri berbentuk L dengan pola bujur sangkar, dimana kedua tower saling berhadapan dan memusat. Fasad pada bangunan yang memanjang memiliki arah hadap orientasi Utara-Selatan dengan koridor jalan yang berorientasi Timur-Barat. Hal ini cukup menguntungkan dalam mendapatkan angin yang memang lebih banyak berasal dari Timur.

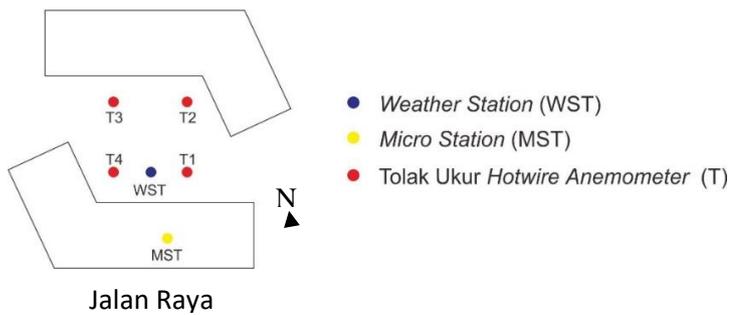
Pada gambar 4.5 sekilas untuk melihat perbedaan temperatur udara pada area rooftop dan area podium (kolam renang). Pada area podium, temperatur udara cenderung lebih rendah dibanding dengan temperatur udara pada area rooftop. Hal ini dikarenakan pada area rooftop tidak banyak penghalang atau penghambat panas sehingga pada area rooftop pola pergerakan temperatur lebih tinggi.

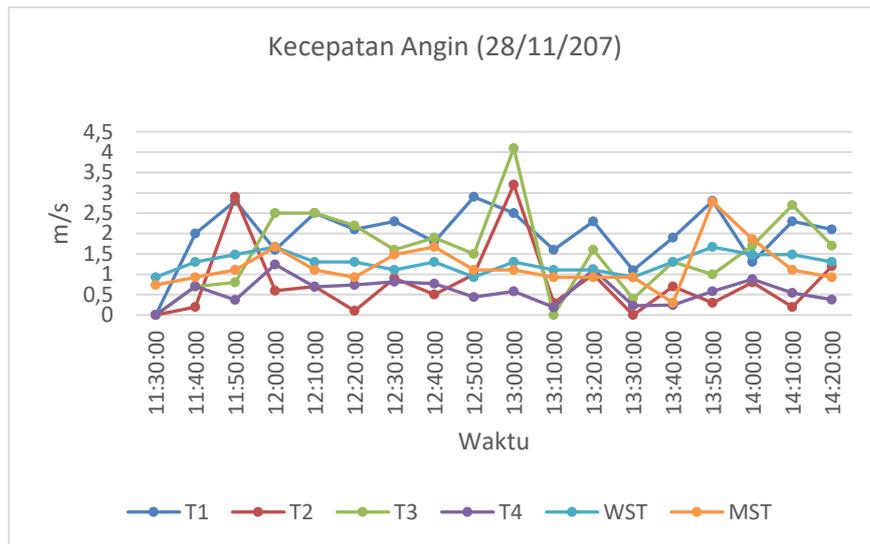
Sedangkan kecepatan angin pada area podium cenderung lebih tinggi terutama pada titik area *hotwire* T3 dan T1, dimana pada area ini angin lebih bergerak bebas tanpa ada hambatan dari bangunan dan juga arah angin lebih banyak bergerak dari arah Timur dan Barat dimana pada titik T1 dan T3 lebih menguntungkan dalam mendapatkan kecepatan angin yang tinggi.



Gambar 4.5 Temperatur dan Kelembaban Udara di Area Podium dan Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar

Keterangan :





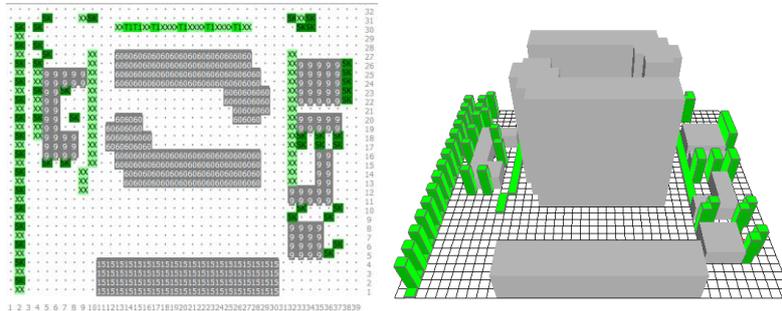
Gambar 4.6 Profil kecepatan Angin di Area Podium dan Area Rooftop Apartemen Gunawangsa Manyar

4.3.1 Kondisi Termal Ruang Luar Apartemen Gunawangsa Manyar dengan Simulasi ENVI-met

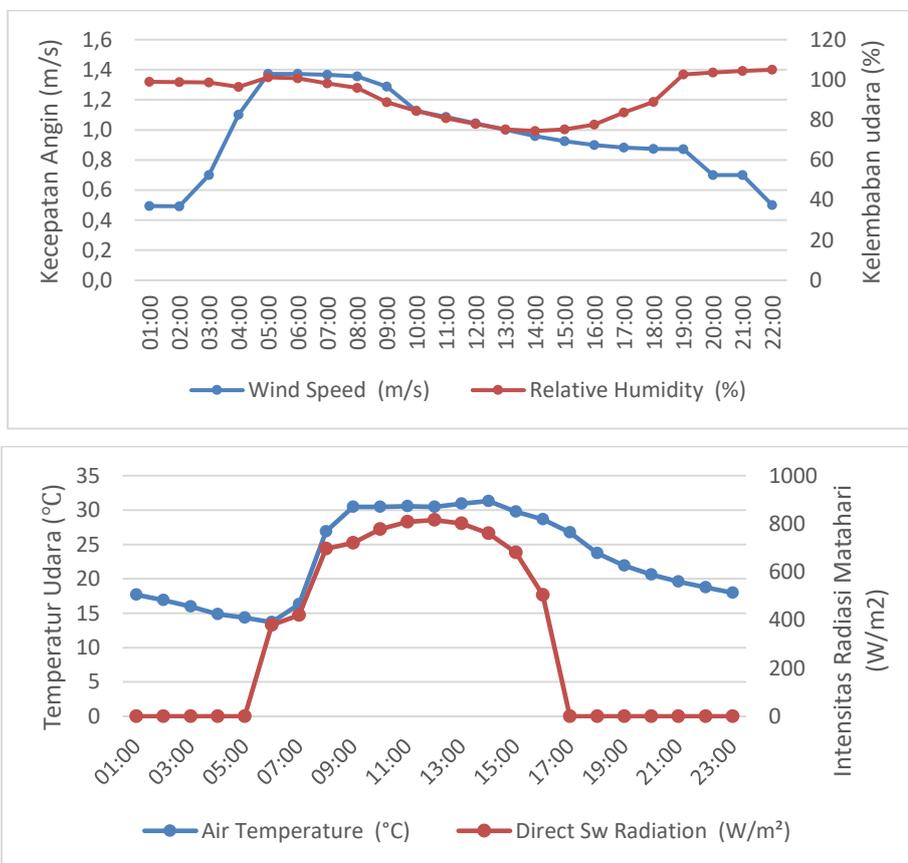
Berdasarkan kecenderungan yang terjadi di lapangan, terlihat juga pada hasil simulasi yaitu dimana kecenderungan berupa pola pergerakan temperatur yang hampir sama dengan pola pergerakan yang ada di lapangan, dimana temperatur cenderung naik dari pagi hingga siang hari sejalan dengan naiknya nilai intensitas radiasi matahari. Pergerakan kecepatan angin berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Orientasi jalan/ kawasan ini berkaitan dengan pola massa bangunan dalam perolehan kecepatan angin, dimana dapat menyebabkan terjadinya pembelokan dan perubahan kecepatan angin di ruang luar apartemen. Namun pada apartemen Gunawangsa Manyar, kedua sisi bebas yang tidak terhalang oleh bangunan masing-masing mengarah ke arah Timur-Barat, hal ini menguntungkan dalam mendapatkan aliran angin karena searah dengan arah angin.

Kelembaban udara tertinggi terjadi pada pukul 06.00 yaitu sebesar 101%, jauh lebih tinggi dibanding dengan hasil pengukuran lapangan namun memiliki pola pergerakan yang cenderung sama dengan hasil lapangan. Pada kecepatan angin, hasil menunjukkan pola pergerakan yang tidak jauh berbeda dengan pengukuran lapangan dimana kecepatan angin cenderung tinggi pada pagi hari dan menurun hingga malam hari. Temperatur pada hasil simulasi memiliki hasil puncak terpanas

berada pada pukul 14.00 dengan nilai temperatur sebesar 30,2 °C, sedikit lebih dingin dibanding kondisi pengukuran lapangan pada jam yang sama yaitu sebesar 30-32°C.



Gambar 4.7 Penyederhanaan Kawasan Apartemen Gunawangsa Manyar



Gambar 4.8 Grafik Iklim Mikro pada Simulasi Bangunan Apartemen Gunawangsa Manyar.

4.3.3 Verifikasi Hasil Lapangan dan Hasil Simulasi

Secara umum, model lansekap yang diverifikasi memiliki pola pergerakan temperatur udara selama 24 jam yang sama antara hasil lapangan dan hasil simulasi. Namun, secara angka jelas pada hasil pengukuran lapangan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil simulasi. Hal ini disebabkan karena adanya penyederhanaan pada model simulasi dan data input yang dimasukkan berupa data iklim makro Surabaya (sudah dijelaskan sebelumnya pada bab 3). Sementara di lapangan, data iklim yang diukur sudah berupa data iklim mikro.

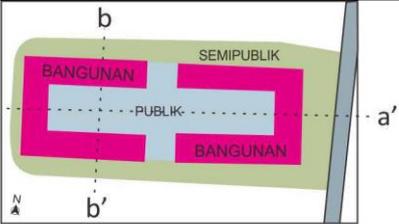
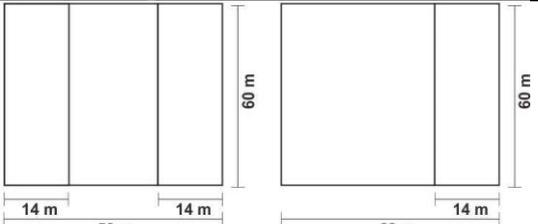
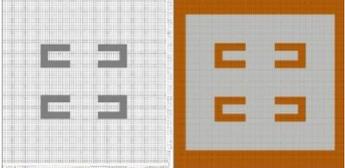
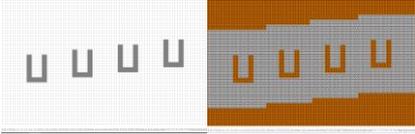
Hasil lapangan menunjukkan temperatur lebih tinggi dibandingkan dari hasil simulasi pada siang hari. Perbedaan temperatur sebesar 0,2-1,8 °C, dengan pola pergerakan temperatur udara hasil simulasi sama dengan hasil pengukuran lapangan. Penelitian Bruse (2009) menyatakan bahwa terdapat perbedaan temperatur udara hasil lapangan dan hasil simulasi 2-4 °C. Namun rentang perbedaan pada penelitian tersebut tidak mutlak, masih terdapat toleransi, sehingga nilai penyimpangan yang ada masih berada dalam batas penyimpangan dan simulasi software ENVI-met ini bisa digunakan selanjutnya.

4.4 Karakteristik Model Bangunan Apartemen Yang Digunakan pada Simulasi

Pada tiga tipe model massa bangunan penelitian ini terdapat kriteria konfigurasi yang berbeda-beda sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Identifikasi karakteristik konfigurasi massa bangunan apartemen tersebut dijelaskan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.3 Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi Tipe U

1. Apartemen Puncak Kertajaya	
Pola Massa Bangunan	
Bujur Sangkar (U1)	Pararel (U2)
Orientasi Massa Bangunan	
- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)	- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)
Nilai H/W	
H/W = 1 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m	H/W = 1 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m

H/W = 3 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m	H/W = 3 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m
H/W = 6 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m	H/W = 6 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m
Definisi	
Tipe pola bujur sangkar memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar sebesar 90%. dan sisanya tanah kosong.	Tipe pola paralel memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar 70%. dan sisanya tanah kosong.
Ilustrasi Eksisting	
 <p>TAPAK BANGUNAN APARTEMEN GUNAWANGSA MANYAR</p>	 <p>Potongan b-b'</p> <p>Potongan a-a'</p>
Ilustrasi Model Simulasi	
	

Apartemen Puncak Kertajaya memiliki dua tower dengan luas lahan sebesar $\pm 13.000 \text{ m}^2$ dengan nilai rasio $H/W=3$. Pada permodelan tipe U, masing-masing bangunan memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan dan paving sebesar 90% pada pola bujur sangkar sedangkan pada pola paralel sebesar 70%. Pada rasio H/W , tinggi bangunan akan tetap mengikuti tinggi eksisting (60 m) sedangkan perubahan lebar jalan akan mengikuti variabel bebas rasio H/W yang sudah ditentukan.

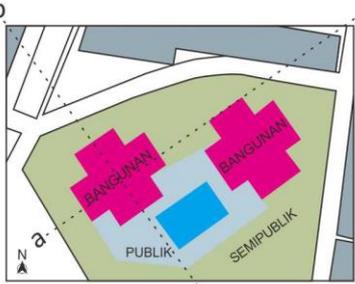
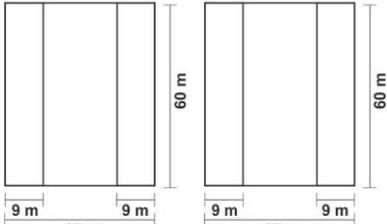
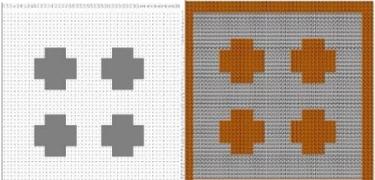
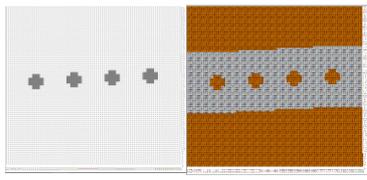
Tabel 4.4 Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi Tipe L

2. Apartemen Gunawangsa Manyar	
Pola Massa Bangunan	
Bujur Sangkar (L1)	Paralel (L2)
Orientasi Massa Bangunan	
- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)	- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)

Nilai H/W	
H/W = 1 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m	H/W = 1 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m
H/W = 3 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m	H/W = 3 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m
H/W = 6 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m	H/W = 6 Tinggi Bangunan : 60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m
Definisi	
Tipe pola bujur sangkar memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar 90% dan sisanya tanah kosong.	Tipe pola paralel memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar 70% dan sisanya tanah kosong.
Ilustrasi Eksisting	
Ilustrasi Model Simulasi	

Apartemen Gunawangsa Manyar memiliki luas lahan sebesar $\pm 8.500 \text{ m}^2$ dengan nilai rasio $H/W = 3$. Pada modeling tipe L, pola bangunan bujur sangkar memiliki komponen penutup berupa bangunan dan paving jalan sebesar 90%. Sedangkan pada pola paralel komponen penutup lahan terdiri dari bangunan dan paving sebesar sebesar 70%. Perubahan rasio H/W hanya pada lebar jalan sedangkan tinggi bangunan tetap mengikuti tinggi eksisting yaitu 60 m.

Tabel 4.5 Konfigurasi Massa Bangunan pada Tipologi Tipe □

3. Apartemen Puncak Marina	
Pola Massa Bangunan	
Bujur Sangkar (K1)	Pararel (K2)
Orientasi Massa Bangunan	
- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)	- Timur-Barat (TB) - Utara-Selatan (US)
Nilai H/W	
H/W = 1 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m	H/W = 1 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 60 m
H/W = 3 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m	H/W = 3 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 20 m
H/W = 6 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m	H/W = 6 Tinggi Bangunan : ±60 m (20 lantai) Lebar Jalan : 10 m
Definisi	
Tipe pola massa bangunan memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar 90% dan sisanya tanah kosong.	Tipe pola massa bangunan memiliki komponen penutup lahan terdiri dari bangunan, paving jalan sebesar 40% dan sisanya tanah kosong.
Ilustrasi Eksisting	
 <p style="text-align: center;">TAPAK BANGUNAN APARTEMEN PUNCAK MARINA</p>	 <p style="text-align: center;">Potongan b-b' Potongan a-a'</p>
Ilustrasi Model Simulasi	
	

Apartemen Puncak Marina memiliki luas lahan sebesar ± 7.500 m² dengan nilai rasio H/W = 3. Pada modeling tipe □, pola bangunan bujur sangkar memiliki komponen penutup lahan berupa bangunan dan paving jalan sebesar 90%.

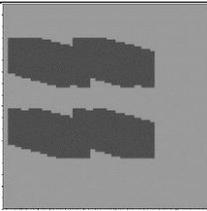
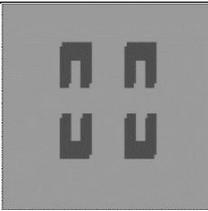
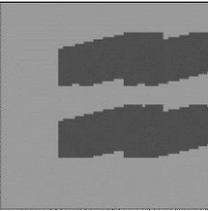
Sedangkan pada pola paralel komponen penutup lahan terdiri dari bangunan dan paving sebesar 40%.

4.5 Karakteristik Pembayangan yang dihasilkan oleh setiap Pola Massa Bangunan Apartemen

Hubungan antara komponen penutup lahan baik bangunan dan paving jalan dengan sinar matahari adalah terbentuknya daerah yang terbayangi dan tidak terbayangi. Hal ini dipengaruhi oleh posisi matahari pada suatu wilayah dimana sudut jatuh matahari yang ditentukan oleh posisi relatif matahari dan tempat pengamatan di bumi, sudut lintang geografis tempat pengamatan setempat, serta lama penyinaran harian (Satwiko, 2004). Perbandingan nilai H/W dan orientasi jalan / bangunan juga sangat menentukan hasil persentase bayangan yang dapat mempengaruhi kondisi termal.

4.5.1 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe U

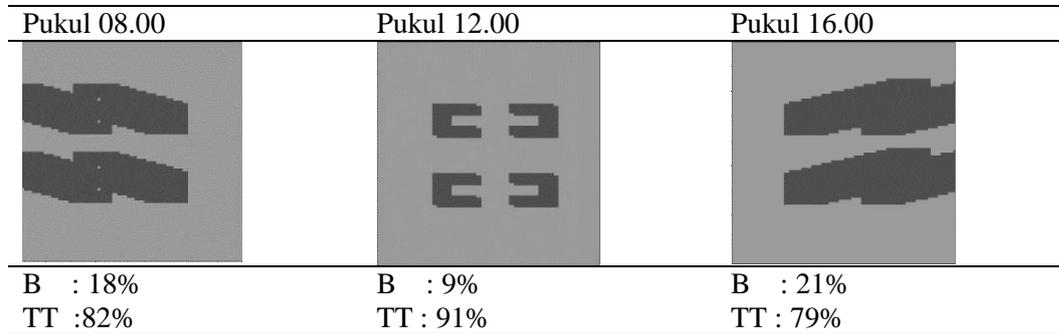
Waktu pengamatan yang efektif dalam pematahan sinar matahari menurut Lippsmeier (1994) adalah tiga jam sebelum pukul 12.00 pagi hari dan tiga jam setelah jam 12.00 pada sore hari. Pada tipe pola massa bangunan bujur sangkar dengan tipologi U berpotensi menghasilkan persentase pembayangan yang lebih banyak pada orientasi Timur-Barat dengan persentase pembayangan terkecil pada siang hari pukul 12.00 di rasio H/W=1, orientasi Utara-Selatan.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 28% TT : 72%	B : 14% TT : 86%	B : 29% TT : 71%

Gambar 4.9 Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

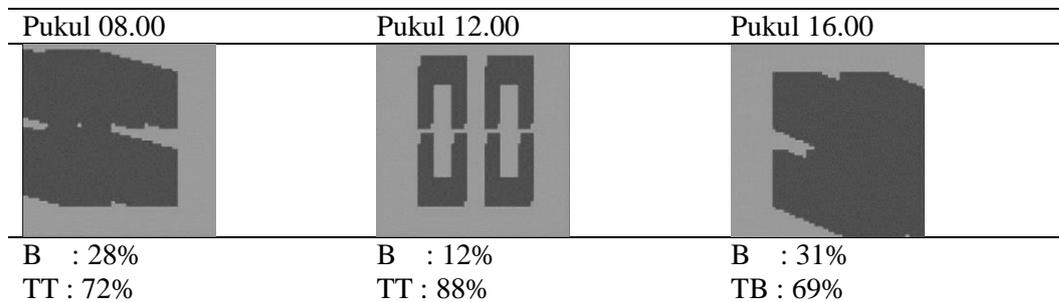
Persentasi bayangan terkecil terjadi pada pukul 12.00 siang hari dikarenakan posisi matahari berada tegak lurus dari permukaan bumi. Hasil

pembayangan yang dihasilkan pada ruang luar dengan pola massa bangunan ini cenderung sedikit mempengaruhi lingkungan disekitar bangunan, hal ini dikarenakan nilai perbandingan H/W yang kecil.



Gambar 4.10 Hasil Pembayangan pada rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

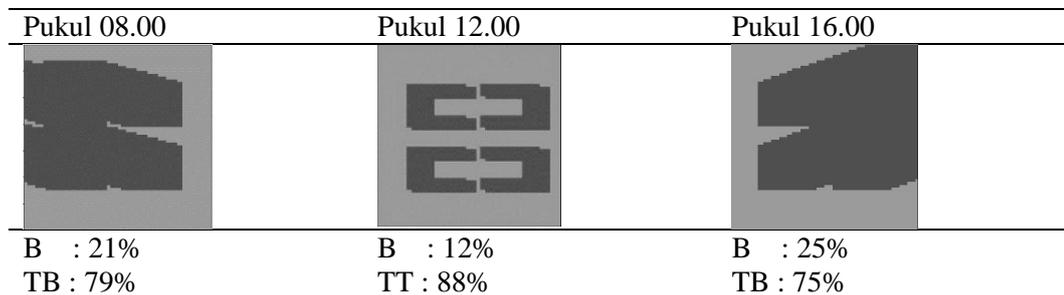
Hasil pembayangan yang dihasilkan pada orientasi Utara-Selatan pada pola massa bangunan ini cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan pola massa bangunan dengan H/W yang sama di orientasi Timur-Barat. Hal ini dikarenakan pada saat bulan terpanas posisi matahari berada di sisi Selatan, sehingga jalan yang berorientasi Timur-Barat lebih menguntungkan dalam memberikan pembayangan yang lebih banyak. Hal ini juga dipengaruhi oleh bentuk geometri bangunan dengan tipe U pada pola massa bangunan ini memiliki fasad menghadap Timur-Barat dan sisi fasad yang memanjang mengarah pada Utara-Selatan sehingga pola bayangan yang dihasilkan juga sedikit.



Gambar 4.11 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat

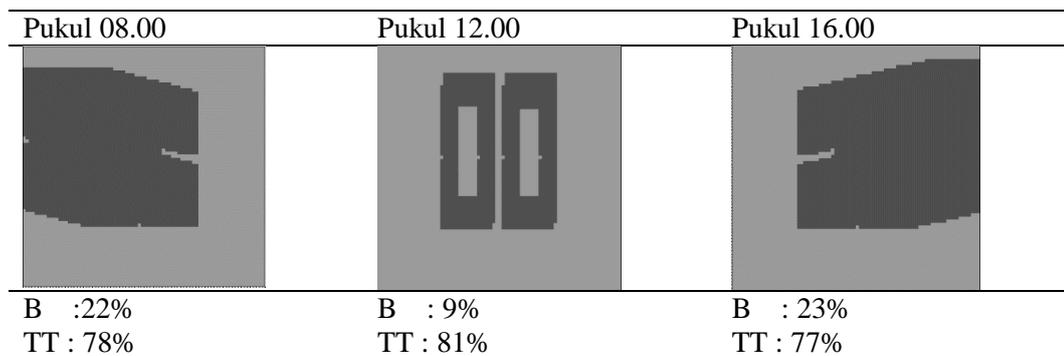
Pembayangan pada pola massa bangunan ini cenderung menghasilkan persentase bayangan yang cukup tinggi di area koridor jalan dan cenderung

mengelompok, hal ini dikarenakan pada pola massa bangunan yang berorientasi Timur-Barat ini memiliki nilai perbandingan H/W sebesar 3.



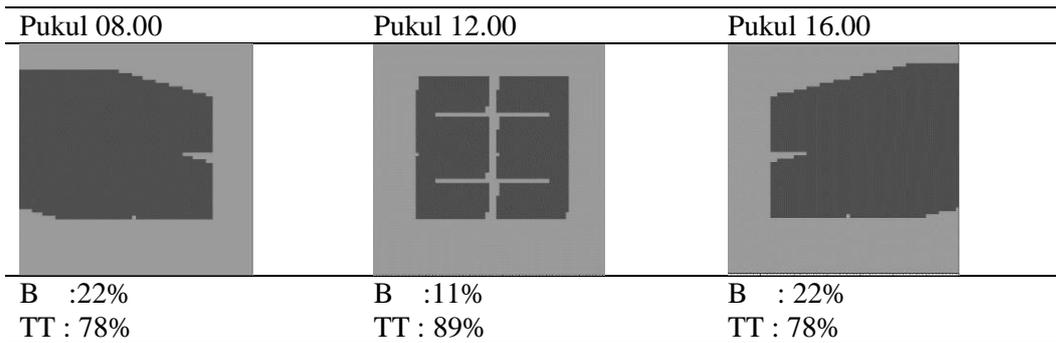
Gambar 4.12 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan

Hasil pembayangan pada pola massa bangunan dengan H/W=3 ini tidak jauh berbeda dengan pola massa bangunan sebelumnya dengan orientasi Timur-Barat. Namun memiliki persentase bayangan sedikit lebih kecil dikarenakan orientasi jalan pada pola massa bangunan ini berorientasi Utara-Selatan.



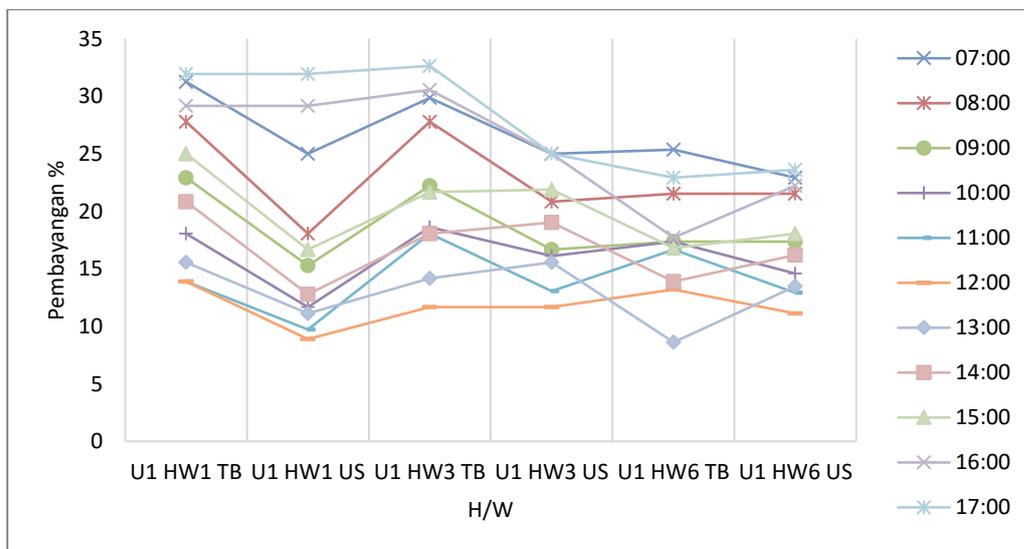
Gambar 4.13 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat

Pada pola massa bangunan dengan H/W=6 dan orientasi Timur-Barat, pola bayangan cenderung mengelompok dan lebih rapat dibanding dengan pola massa bangunan dengan nilai H/W lainnya dengan nilai persentase pembayangan pada pukul 08.00 dan 16.00 sebesar $\geq 20\%$.

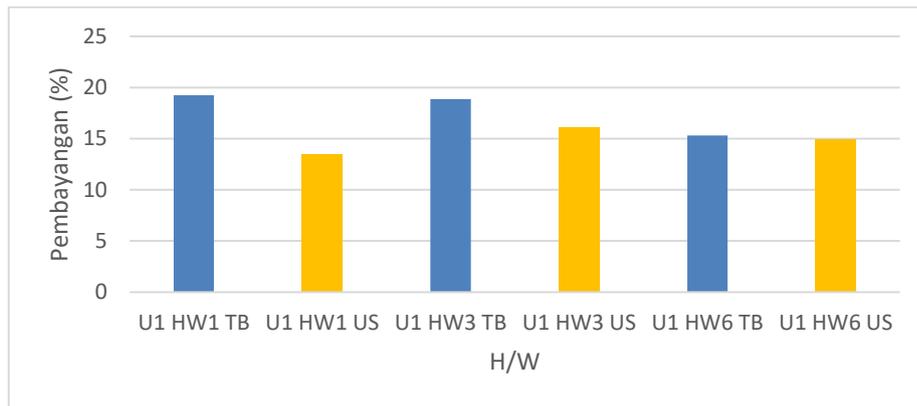


Gambar 4.14 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan

Persentase pembayangan yang dihasilkan pola bujur sangkar pada tipe U lebih banyak didapatkan pada orientasi Timur-Barat dengan nilai H/W yang rendah yaitu H/W=1. Hal ini dikarenakan pada saat bulan terpanas posisi matahari berada di sisi Selatan, sehingga jalan yang berorientasi Timur-Barat lebih menguntungkan dalam memberikan pembayangan yang lebih banyak. Begitu juga bentuk geometri bangunan pada tipe U dimana sisi fasad yang memanjang mengarah pada Utara-Selatan pada pola bangunan orientasi Timur-Barat mempengaruhi persentase bayangan yang dihasilkan juga. Persentase terbanyak terjadi pada pagi hari pada pukul 07.00 dan terendah terjadi pada pukul 12.00 saat matahari berada tegak lurus dari permukaan bumi.



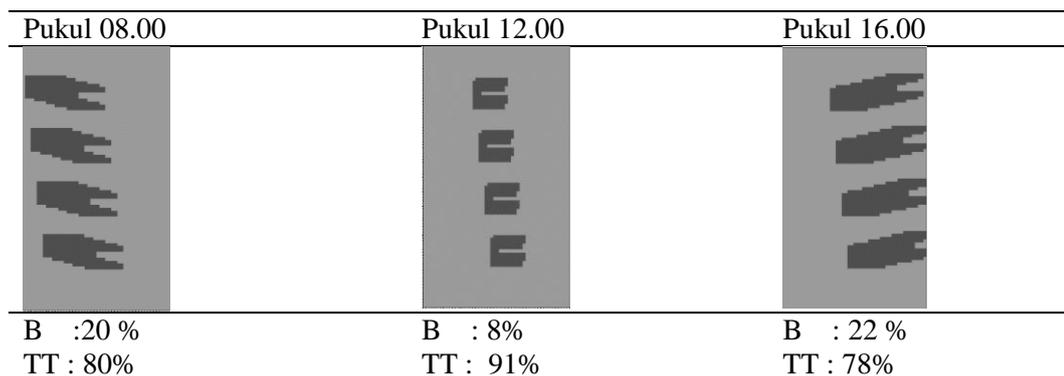
Gambar 4.15 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe U



Gambar 4.16 Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada tiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe U

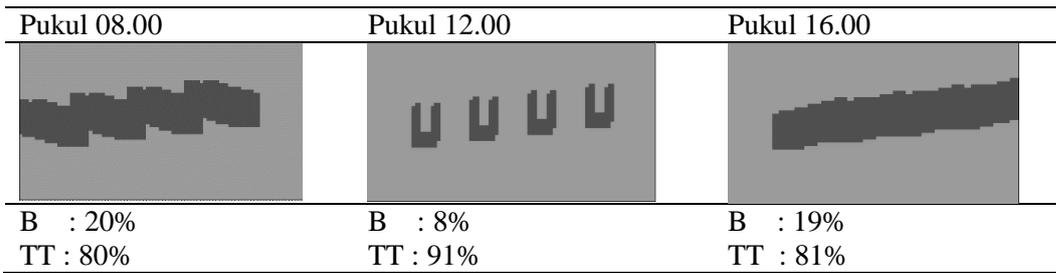
4.5.2 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe U

Hasil pembayangan yang dihasilkan pada ruang luar dengan pola paralel cenderung sedikit mempengaruhi lingkungan disekitar bangunan, hal ini dikarenakan nilai perbandingan H/W yang kecil menyebabkan koridor jalan yang cukup lebar serta komponen lahan luas menerima panas lebih besar dibanding dengan persentase bayangan yang dihasilkan.



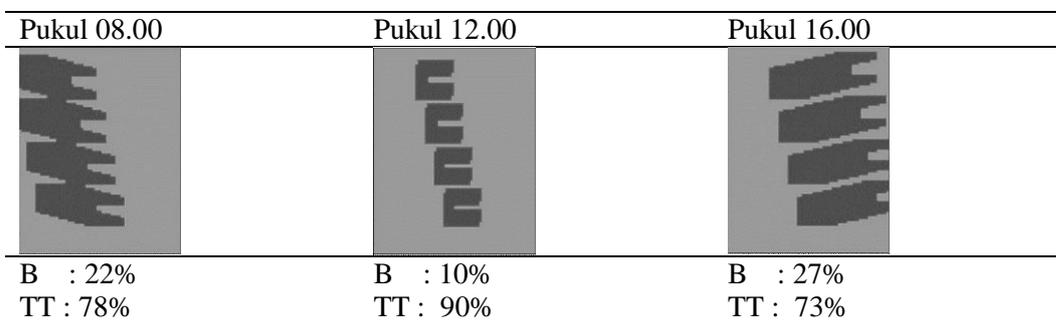
Gambar 4.17 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

Persentase pembayangan pada pukul 08.00 dan 16.00 memiliki nilai persentase yang hampir sama yaitu $\geq 20\%$. Pada pola paralel dengan nilai H/W=1, bayangan cenderung memanjang dan menyebar.



Gambar 4.18 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada pembayangan dengan nilai H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan. pola pembayangan cenderung memanjang. Persentase pembayangan pada orientasi ini tidak jauh berbeda dengan nilai persentase pada H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat.



Gambar 4.19 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat

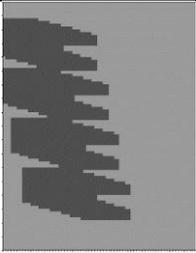
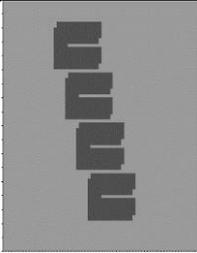
Pembayangan pada H/W = 1 dengan orientasi Timur-Barat cenderung menghasilkan bayangan yang menyebar dan tidak mengelompok, serta nilai persentase pembayangan yang lebih besar dari pada pola bayangan dengan nilai H/W lebih kecil di pukul 16.00 sore hari. Hal ini dikarenakan pola massa ini memiliki nilai perbandingan H/W sebesar 3 dengan keuntungan orientasi jalan yang mengarah ke arah Timur-Barat dimana sisi fasad yang memanjang menghadap Utara-Selatan.



B : 17%	B : 8%	B : 16%
TT : 83%	TT : 92%	TT : 84%

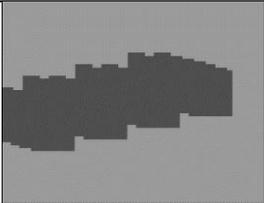
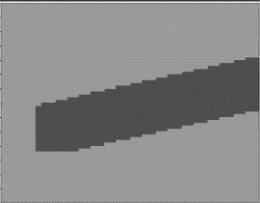
Gambar 4.20 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan

Hasil pembayangan pada pola paralel dengan H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan lebih kecil dibandingkan dengan H/W=3 pada orientasi Timur-Barat dengan nilai persentase sebesar 17% pada pagi hari dan 16% pada sore hari.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 20%	B : 11%	B : 26%
TT : 80%	TT : 98%	TT : 74%

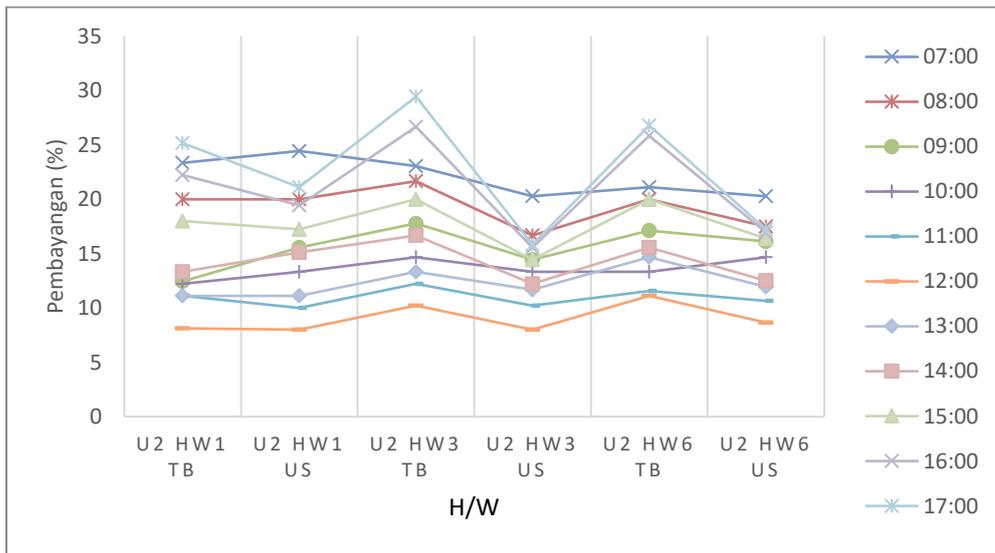
Gambar 4.21 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat

Pada pola paralel dengan H/W=6 dan orientasi Timur-Barat, pola pembayangan cenderung menyebar namun memiliki nilai persentase pembayangan yang sedikit lebih kecil dibanding dengan pola massa bangunan dengan nilai H/W=3 yang memiliki orientasi sama yaitu Timur-Barat. Hal ini dikarenakan nilai H/W yang tinggi dan jalan koridor yang cenderung kecil sehingga pola bayangan juga lebih rapat dan mengelompok dan bayangan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan pola paralel dengan H/W lebih rendah dan orientasi yang sama.

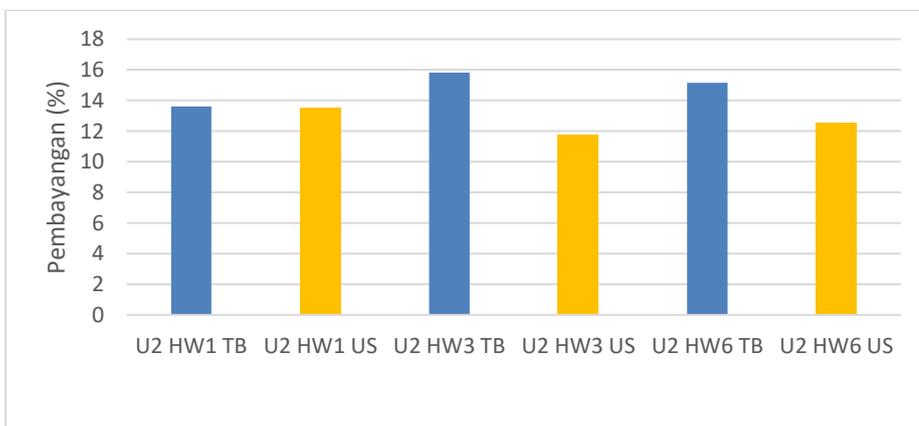
Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 18%	B : 9%	B : 17%
TT : 82%	TT : 91%	TT : 83%

Gambar 4.22 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6, orientasi Utara-Selatan

Pembayangan yang dihasilkan pada pola paralel tipe U cenderung mengelompok pada orientasi TB dan memanjang pada orientasi US. Nilai persentase bayangan pada orientasi TB lebih tinggi pada pukul 17.00 di tiap nilai H/W. Sedangkan pada orientasi US, persentase tertinggi di dapat pada pukul 07.00 pagi. Gambar 4.24 menunjukkan bahwa pola paralel pada tipe U dengan orientasi TB lebih tinggi dibanding dengan pola paralel dengan orientasi US, dimana pola paralel dengan nilai $H/W \geq 1$ memiliki persentase pembayangan tertinggi.



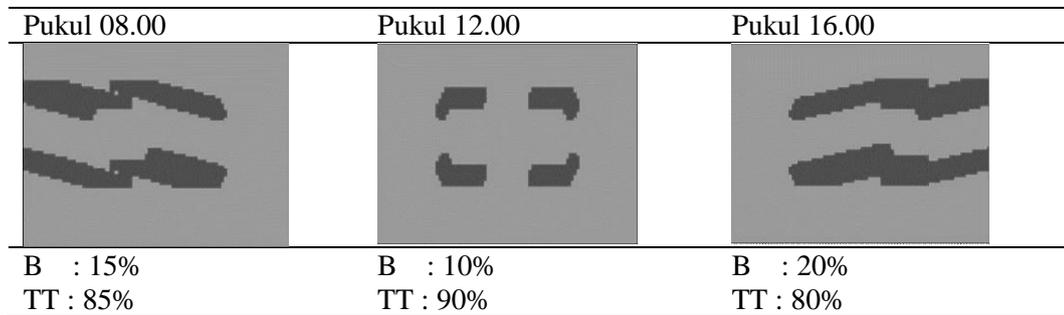
Gambar 4.23 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Paralel pada Tipe U



Gambar 4.24 Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada tiap Pola Paralel Tipe U

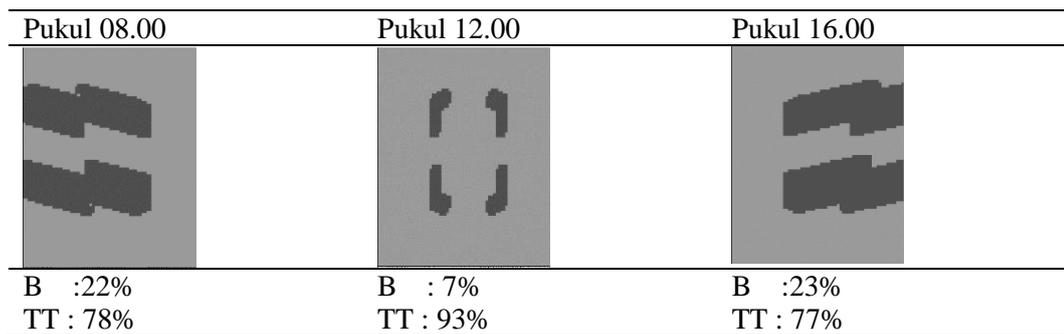
4.5.3 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe L

Hasil pembayangan yang dihasilkan pada pola bujur sangkar dengan tipe L cenderung memiliki pola yang memanjang karena bentuk geometri bangunan yang memang memiliki tipe memanjang.



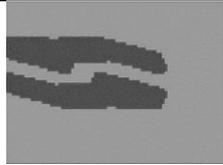
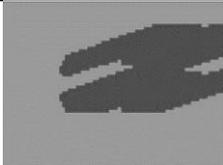
Gambar 4.25 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

Pada pola bujur sangkar dengan H/W=1 dan orientasi TB, pembayangan cenderung memanjang. Hal ini dikarenakan bangunan tipe L dengan orientasi TB memiliki sisi fasad bangunan memanjang menghadap Timur-Barat sehingga mempengaruhi pembayangan yang dihasilkan.



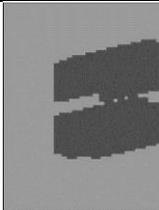
Gambar 4.26 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

Pembayangan pada pola paralel dengan nilai H/W=1 orientasi US cenderung terlihat lebih lebar karena pengaruh orientasi sisi fasad yang memanjang pada orientasi ini juga menghadap orientasi US dimana pada bulan terpanas (Oktober) posisi matahari berada di sisi Selatan.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 15% TT : 85%	B : 10% TT : 90%	B : 20% TT : 80%

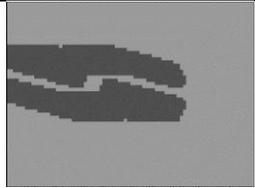
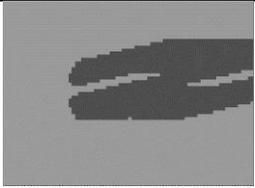
Gambar 4.27 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat

Hasil pembayangan pada pola massa bangunan dengan H/W=3 orientasi TB memiliki pola pembayangan yang cenderung lebih lebar dibanding dengan pola paralel pada H/W=1 dengan orientasi yang sama namun hasil persentase menunjukkan hasil yang tidak berbeda.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 22% TT : 78%	B : 7% TT : 93%	B : 23% TT : 77%

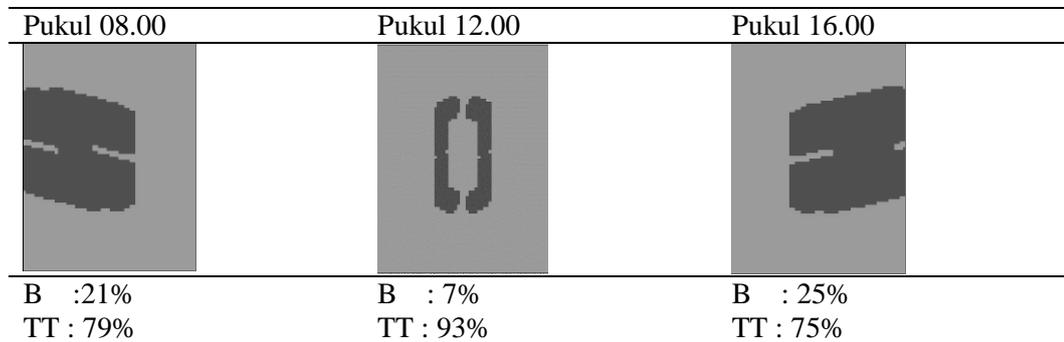
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Pembayangan di rasio H/W=3, orientasi Utara-

Pada pola paralel dengan H/W=3 dan orientasi US, pola pembayangan lebar dengan persentase pada pagi hari sebesar 22% dan sore hari sebesar 23%. Sama sekali tidak berbeda dengan persentase pada pola paralel dengan nilai H/W=1.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 16% TT : 84%	B : 8% TT : 92%	B : 19% TT : 81%

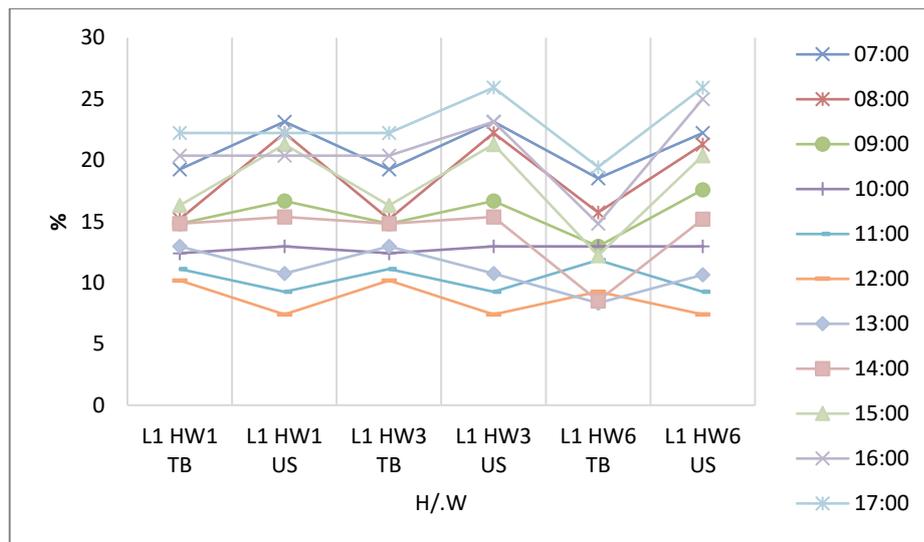
Gambar 4.29 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat

Pada gambar 4.29, pembayangan cenderung menghasilkan bayangan yang pipih dan memanjang. Persentase pembayangan sebesar 16% pada pagi hari dan 19% pada sore hari, sedikit lebih sedikit dibanding dengan pola paralel pada H/W=1.

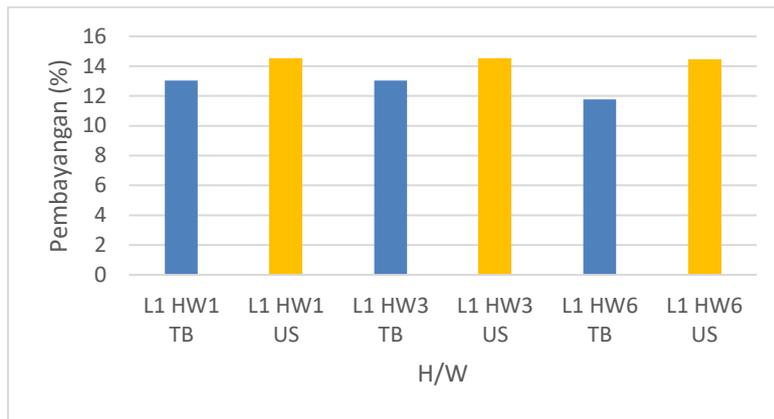


Gambar 4.30 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan

Jika dibandingkan pada keseluruhan tiap pola massa bangunan paralel pada tipe L, orientasi US memiliki nilai rata-rata persentase pembayangan yang sama pada tiap nilai H/W (Gambar 4.31). Sedangkan presentase tertinggi pada orientasi TB di dapat pada nilai H/W=1 dan H/W=3. Persentase tertinggi di dapatkan pada pukul 17.00 di setiap pola massa bangunan paralel.



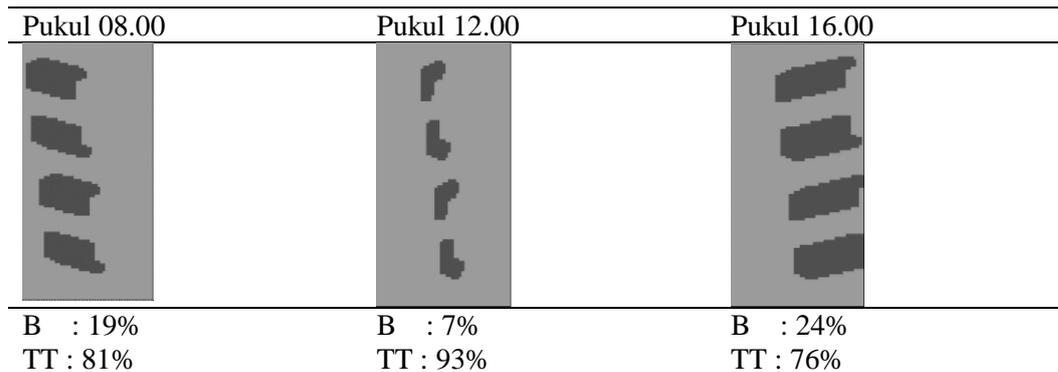
Gambar 4.30 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe L



Gambar 4.31 Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada tiap Pola Bujur Sangkar pada Tipe L

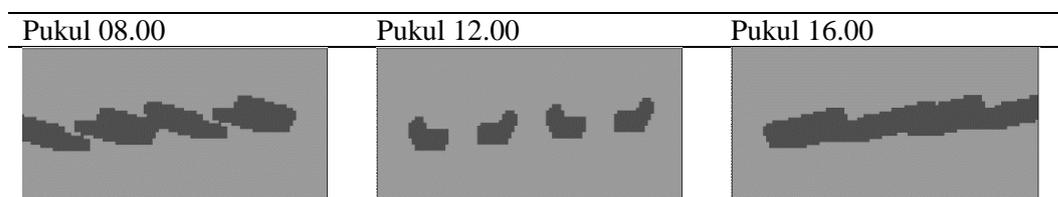
4.5.4 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe L

Pembayangan yang dihasilkan pada pola paralel tipe L memiliki pola bayangan yang cenderung memanjang pada orientasi US dan menyebar pada orientasi TB.



Gambar 4.32 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

Pada gambar 4.32, persentase pembayangan pada pagi hari sebesar 19% dan sore hari sebesar 23% dengan pola bayangan yang menyebar dan tidak mengelompok.



B : 12%	B : 7%	B : 16%
TT : 88%	TT : 93%	TT : 84%

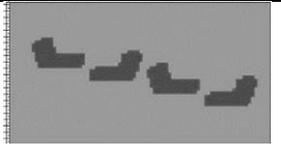
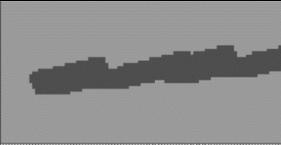
Gambar 4.33 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

Pembayangan pada gambar 4.33 memiliki pola pembayangan memanjang dan cenderung mengelompok dengan persentase sebesar 08.00 pada pagi hari dan 16.00 pada sore hari.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 17%	B : 6%	B : 22%
TT : 83%	TT : 93%	TT : 77%

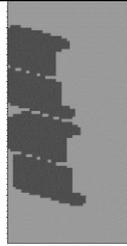
Gambar 4.34 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat

Pembayangan pada rasio H/W=3 dan orientasi TB memiliki pola pembayangan yang meyebar tidak jauh berbeda dengan orientasi TB pada pola paralel di tipe U dengan nilai persentase sebesar 17% pada pagi hari dan 22% pada sore hari.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 14%	B : 7%	B : 13%
TT : 86%	TT : 93%	TT : 87%

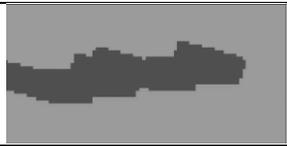
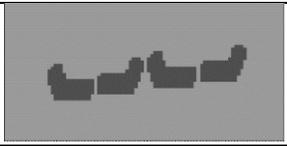
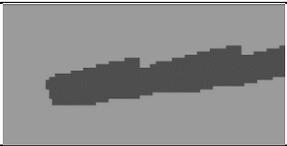
Gambar 4.35 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada gambar 4.35, pembayangan pada pukul 08.00 memiliki nilai persentase sebesar 14% dan sore hari sebesar 13%. Lebih sedikit $\pm 2\%$ dibanding dengan pola paralel pada rasio H/W=1 di orientasi yang sama.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 18% TT : 82%	B : 6% TT : 94%	B : 21% TT : 79%

Gambar 4.36 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat

Pembayangan pada gambar 3.36 cenderung lebih rapat dibanding dengan pola pembayangan pada rasio H/W=1 dan H/W=3 dengan nilai persentase pada pagi hari sebesar 18% dan sore hari sebesar 21%.

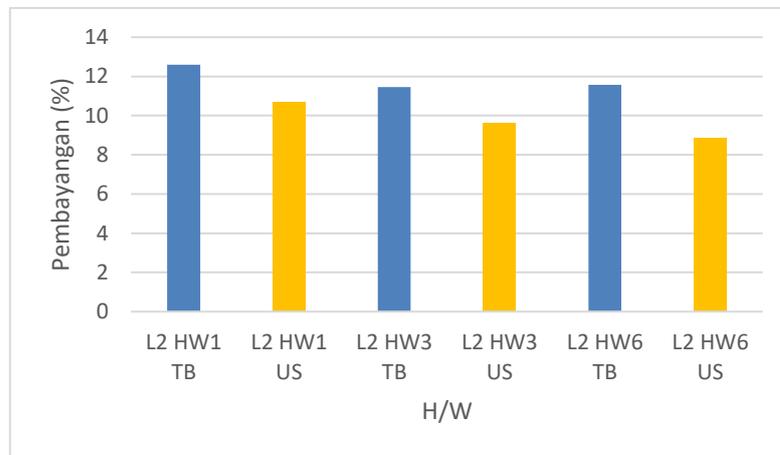
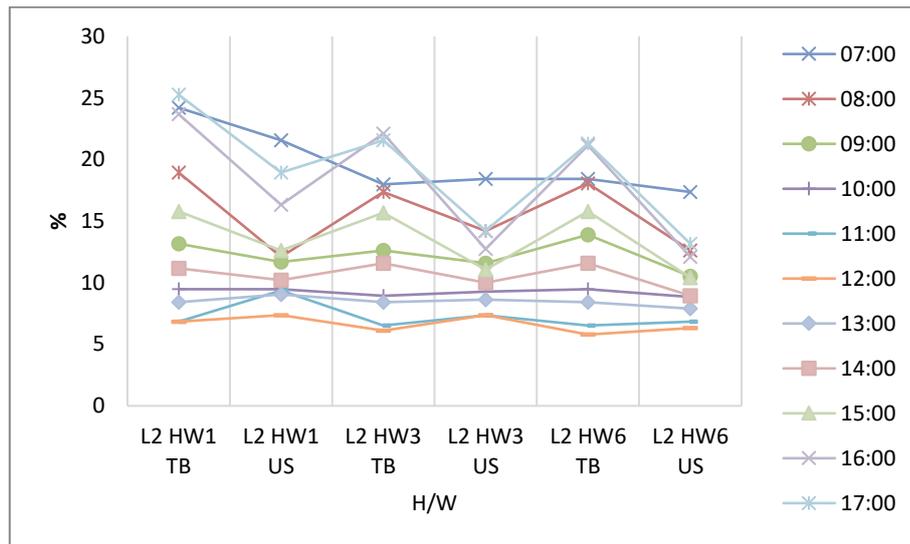
Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
		
B : 13% TT: 87%	B : 6% TT : 93%	B : 12% TT : 88%

Gambar 4.37 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada gambar 4.37, persentase pembayangan pukul 08.00 pada pola paralel di rasio H/W=6 orientasi US menunjukkan hasil pembayangan sebesar 13% dan Pada pukul 16.00 sebesar 16%.

Jika dibandingkan pada keseluruhan pola paralel tipe L, persentase pembayangan terbanyak di dapatkan pada orientasi TB dimana pada orientasi ini sisi fasad memanjang menghadap pada orientasi US sehingga mempengaruhi pendapatan pembayangan yang lebih baik. Presentase pembayangan terbanyak di dapatkan pada pukul 17.00 pada orientasi TB dan pukul 07.00 pada orientase US.

Gambar 4.37 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Pararel pada Tipe L

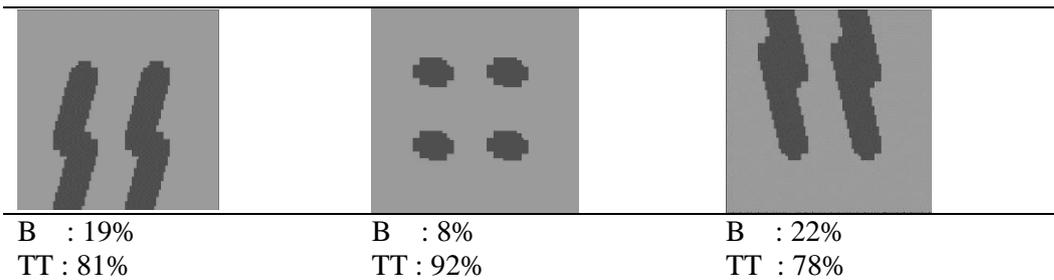


Gambar 4.38 Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayaran pada setiap Pola Pararel pada Tipe L

4.5.5 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe □ (K1)

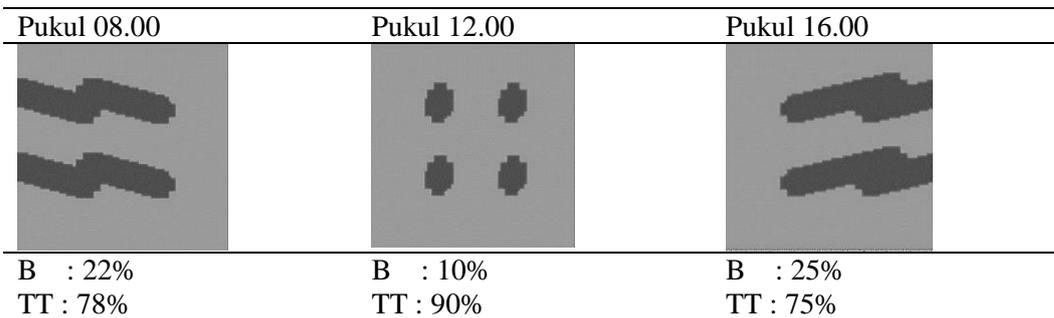
Pada tipe pola massa bangunan dengan tipologi □ ini menghasilkan persentase pembayaran yang hampir sama, baik pada pola bujur sangkar dan pola pararel.

Pukul 08.00	Pukul 12.00	Pukul 16.00
-------------	-------------	-------------



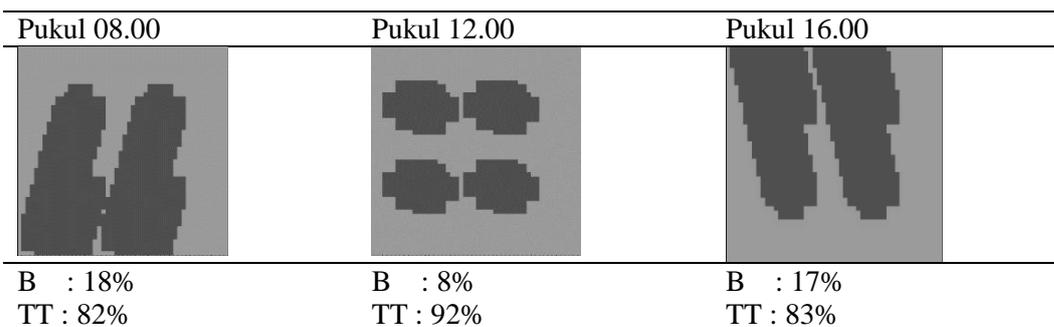
Gambar 4.39 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

Pembayangan yang dihasilkan pada gambar 4.39 cenderung memiliki pola bayangan yang terlihat memanjang dengan persentase pembayangan pada pukul 16.00 sebesar 22% dan persentase terkecil pada pukul 12.00 sebesar 8%.

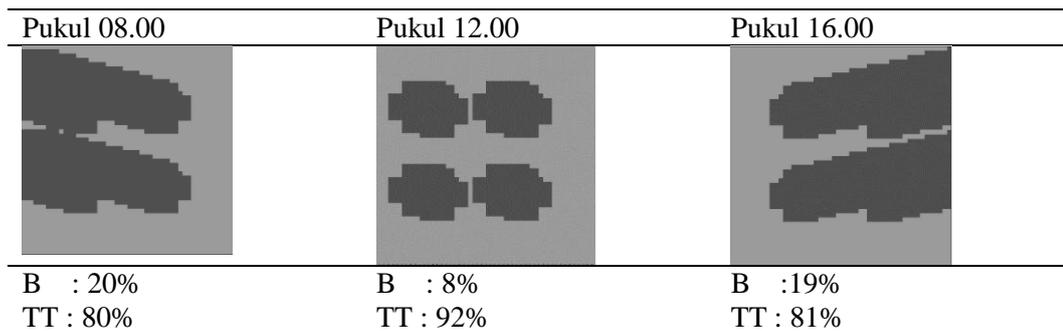


Gambar 4.40 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada pembayangan pola gambar 4.40, pembayangan cenderung memiliki pola yang sama dengan pola paralel dengan rasio H/W sama dan orientasi Timur-Barat, hal ini dikarenakan bentuk geometri yang sederhana pada tipe □ membuat tidak terlalu banyak perbedaan pada bentuk pola bayangan di setiap nilai H/W pada tiap pola paralel.

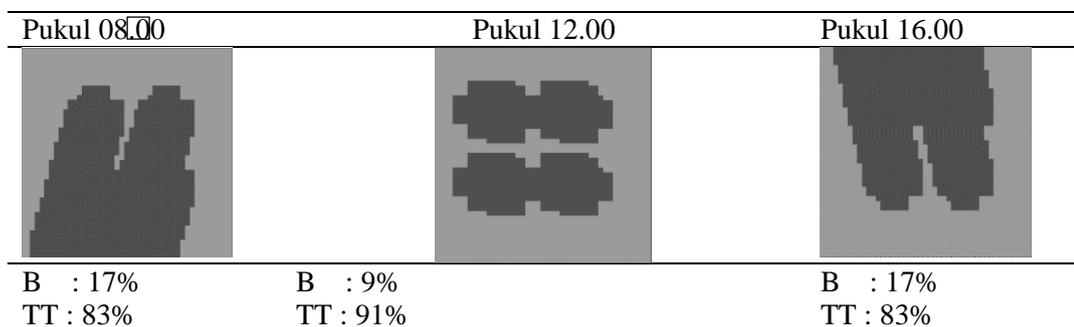


Gambar 4.41 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Timur-Barat



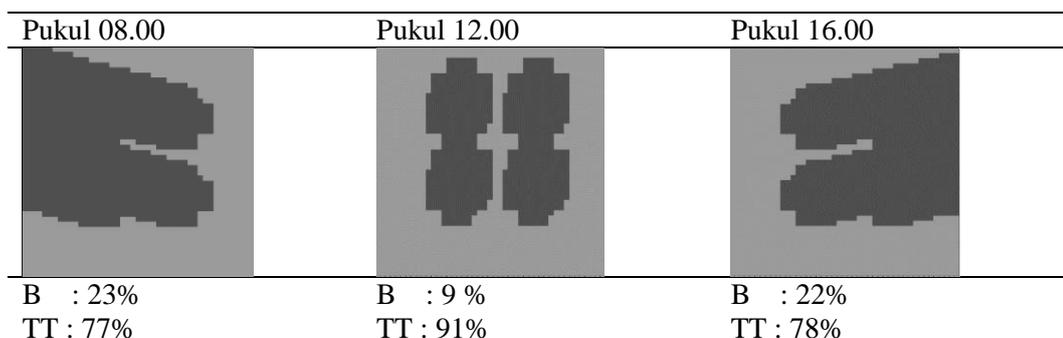
Gambar 4.42 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada gambar 4.42, persentase pembayangan pada pukul 08.00 memiliki nilai persentase sebesar 20% dan pukul 16.00 sebesar 19%. Tidak terdapat banyak perbedaan pada bentuk pola bayangan dengan bayangan pada H/W=1.



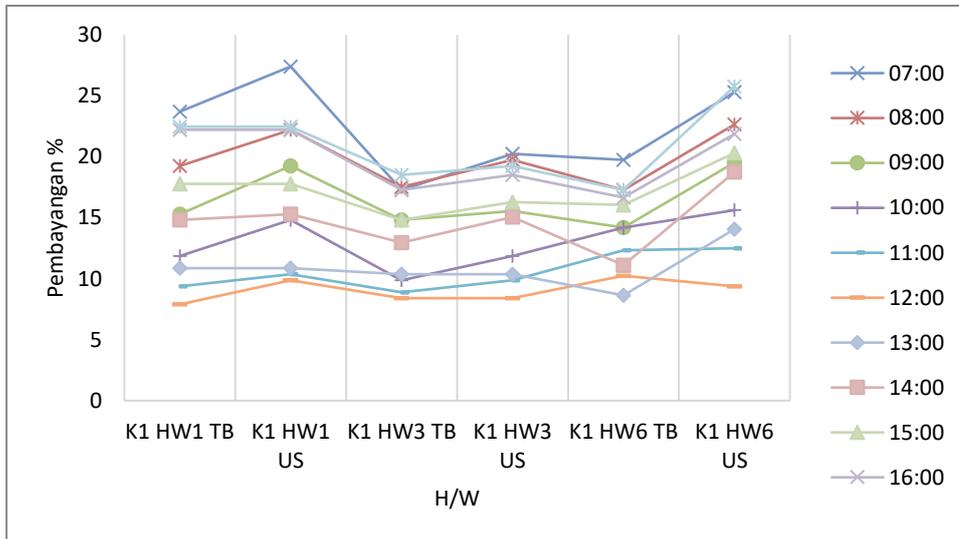
Gambar 4.43 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6, dengan orientasi Timur-Barat

Pembayangan pada pola K1 HW6 TB cenderung lebih padat dan mengelompok dengan persentase pembayangan hampir sama pada pukul 08.00 dan 16.00 yaitu sebesar 17%.

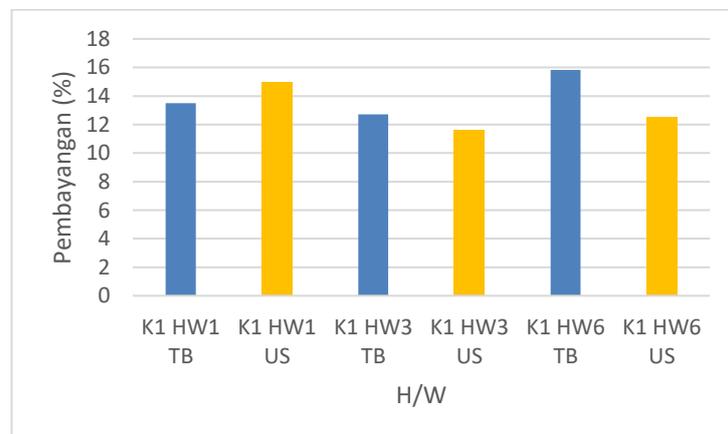


Gambar 4.44 Hasil Simulasi Pembayangan di rasio H/W=6, orientasi Utara-Selatan

Jika dibandingkan pada setiap pola paralel di tiap rasio H/W, persentase pembayangan terendah di dapatkan pada rasio H/W=3 pada tiap orientasi. Persentase tertinggi di dapat pada orientasi TB dengan rasio H/W=6. Sedangkan pada orientasi US, persentase tertinggi di dapat pada pola massa bangunan dengan rasio H/W=1.



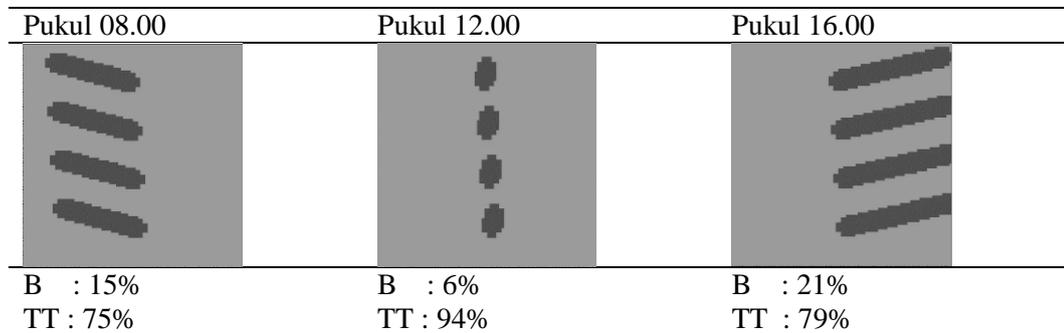
Gambar 4.45 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Pararel pada Tipe □



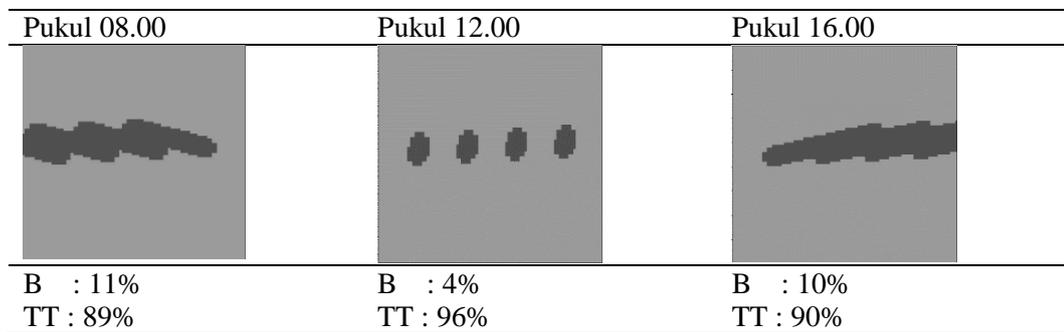
Gambar 4.46 Perbandingan Persentase Rata-Rata Pembayangan pada setiap Pola Pararel pada Tipe □

4.5.6 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe □

Pembayangan yang dihasilkan pada pola pararel pada tipe □ cenderung memiliki pola bayangan yang terlihat menyebar pada orientasi TB dan memanjang pada orientasi US.

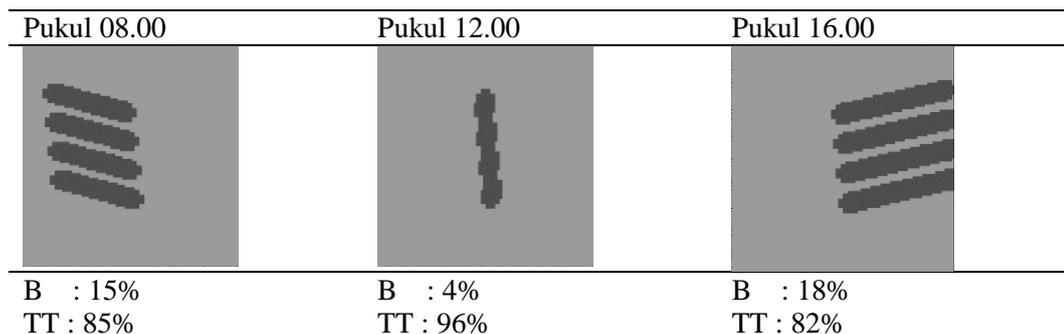


Gambar 4.47 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Timur-Barat

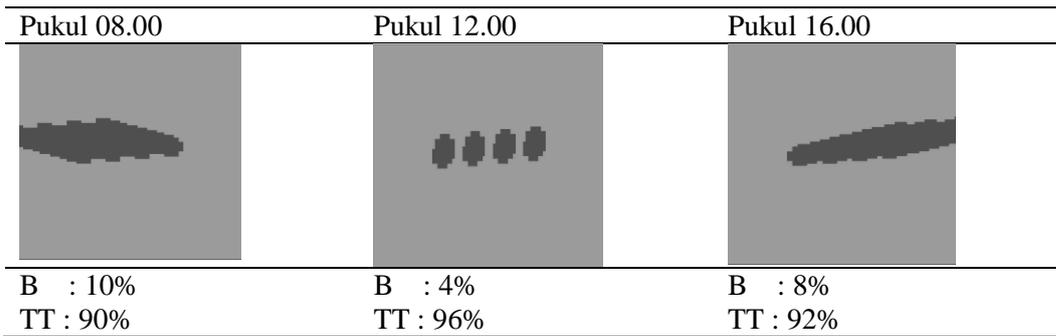


Gambar 4.48 Hasil Pembayangan di rasio H/W=1 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada gambar 4.48, persentase pembayangan pada H/W=1 dengan orientasi US cenderung memiliki pola bayangan yang terlihat memanjang dan mengelompok dibanding dengan orientasi TB dengan persentase sebesar 11% pada pagi hari dan 10% pada sore hari.

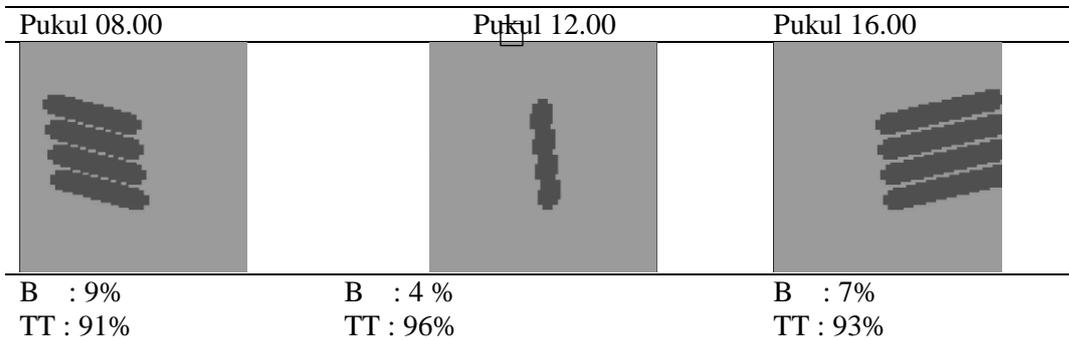


Gambar 4.49 Hasil Simulasi Pembayangan di rasio H/W=3, orientasi Timur-Barat



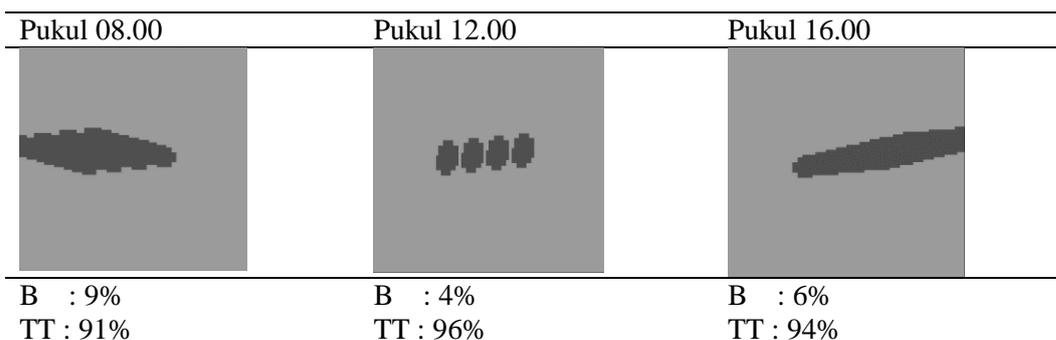
Gambar 4.50 Hasil Pembayangan di rasio H/W=3 dengan orientasi Utara-Selatan

Pada gambar 4.50, persentase pembayangan pada pukul 08.00 di rasio H/W=3 dan orientasi US adalah sebesar 10% dan pukul 16.00 sebesar 8%. Sangat sedikit jika dibandingkan dengan rasio H/W=3 di orientasi TB.



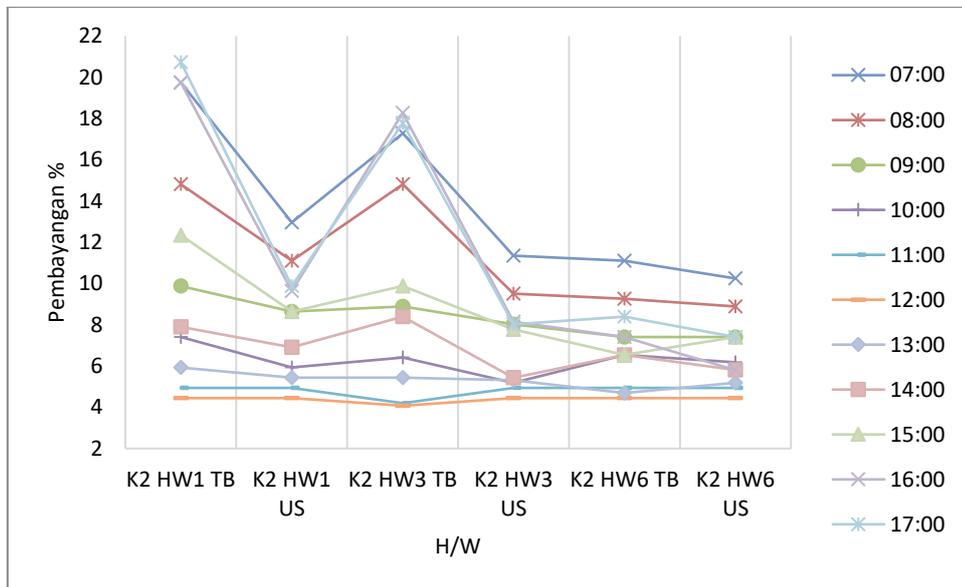
Gambar 4.51 Hasil Pembayangan di rasio H/W=6 dengan orientasi Timur-Barat

Pembayangan pada gambar 4.51 memiliki pola pembayangan yang cenderung lebih menyebar sama seperti pada pola paralel di orientasi TB pada umumnya. Persentase pembayangan pukul 08.00 memiliki nilai lebih besar yaitu 9% dibanding persentase pada pukul 16.00 yaitu sebesar 7%.

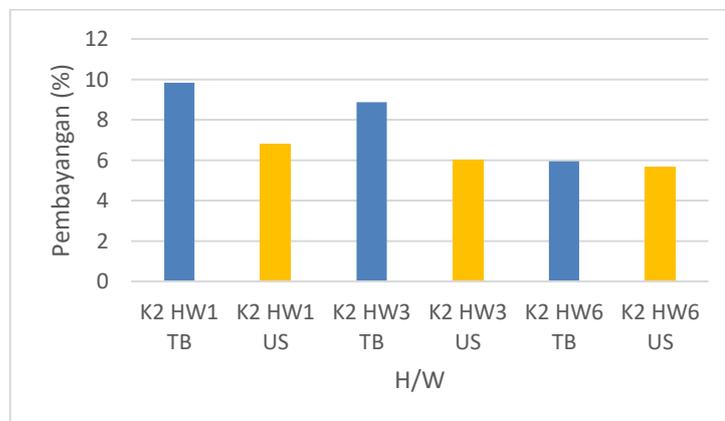


Gambar 4.52 Hasil Simulasi Pembayangan di rasio H/W=6, orientasi Utara-Selatan

Persentase tertinggi pada pola paralel di tipe □ terjadi pada pukul 17.00 pada orientasi TB dan pukul 07.00 pada orientasi US. Pada pola paralel dengan orientasi TB menghasilkan persentase pembayangan lebih banyak dibanding dengan orientasi US, dengan persentase tertinggi terjadi pada rasio H/W=1.



Gambar 4.53 Perbandingan Persentase Bayangan per jam pada setiap Pola Paralel pada Tipe □



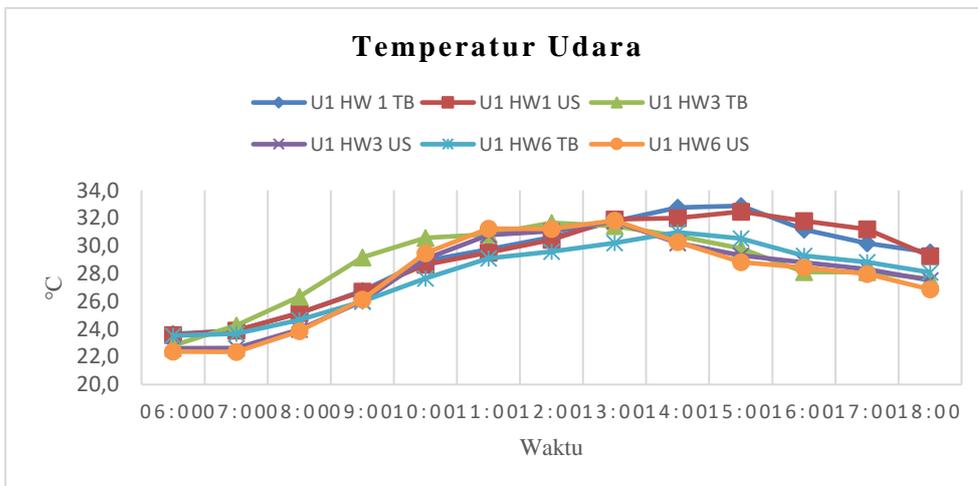
Gambar 4.54 Perbandingan Persentase Rata-Rata Bayangan pada setiap Pola Paralel pada Tipe □

4.6 Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar di Setiap Pola Massa Bangunan Apartemen

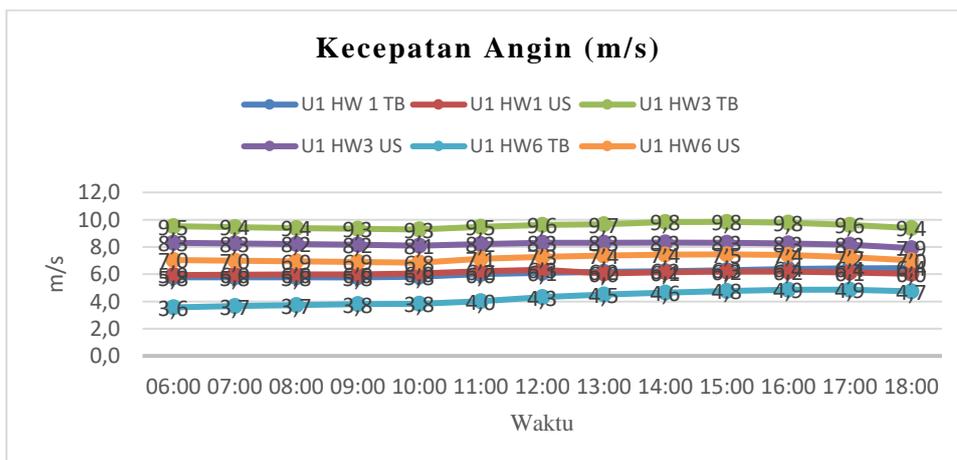
Hubungan antara elemen iklim berupa temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari dari hasil simulasi dapat disimpulkan bagaimana pola kondisi lingkungan ruang luar selama 12 jam di setiap konfigurasi pola massa bangunan.

4.6.1 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe U

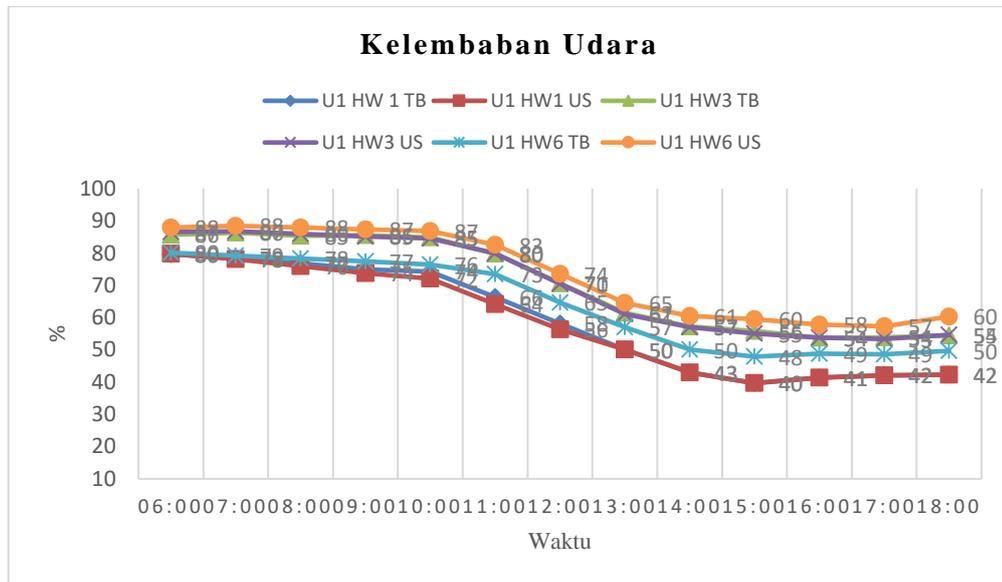
Tipe tipologi U dengan pola bujur sangkar memiliki pola bangunan yang memusat diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Puncak Kertajaya.



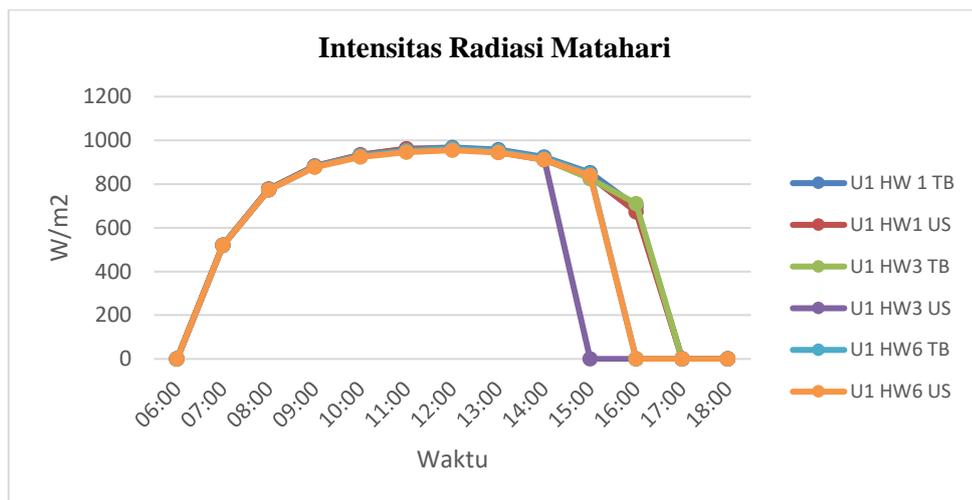
Gambar 4.55 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U



Gambar 4.56 Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pola Bujur Sangkar pada Tipe U



Gambar 4.57 Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U



Gambar 4.58 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe U

Tabel 4.6 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe U

Kondisi Termal		U1 HW1 TB	U1 HW1 US	U1 HW3 TB	U1 HW3 US	U1 HW6 TB	U1 HW6 US
T (°C)	Min	23,6	23,6	22,8	22,6	23,5	22,4
	Max	32,9	32,5	31,4	31,8	31,0	31,8
	Rata-rata	29,0	29,0	28,6	27,8	27,9	27,8
V (m/s)	Min	5,8	5,9	9,5	7,9	3,6	6,9
	Max	6,4	6,3	9,8	8,3	4,9	7,5
	Rata-rata	6,1	6,1	9,5	8,2	4,3	7,2
RH (%)	Min	40	40	53,7	53	48	57
	Max	80	78	86	87	80	88
	Rata-rata	59	58	70	70	64	73

■ Terendah ■ Tertinggi

Suhu udara harian di lingkungan beriklim tropis lembab dapat mencapai lebih dari 30°C dengan kelembaban relatif yang dapat mencapai lebih dari 90% pada jam-jam tertentu. Kondisi temperatur pada tipe U pada daerah yang terbayangi lebih rendah (1,2-2°C) dari pada daerah yang tidak terbayangi mulai pukul 07.00-17.00. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (31°C) dan tidak terbayangi (31°C) pada tiap H/W dan orientasi terjadi pada pukul 15.00. Namun hal berbeda terjadi pada pola massa bangunan H/W=3 dan H/W=6 pada orientasi Timur-Barat. Pada pola dengan nilai H/W ini temperatur udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi dibandingkan pada daerah yang tidak terbayangi pada siang hari (07.00-12.00). Hal ini sejalan dengan Persentase penutup lahan terbangun (bangunan dan paving) sebesar 80-90% yang lebih mendominasi, sehingga peningkatan temperatur udara terus meningkat selama siang hari. Demikian juga dalam peningkatan temperatur udara tertinggi, pada daerah yang terbayangi 1 jam lebih cepat (pukul 14.00) dalam mencapai waktu puncak temperatur tertinggi dibandingkan daerah yang tidak terbayangi (pukul 15.00).

Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 87-80% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 50-73%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan H/W=6 memiliki nilai temperatur yang lebih rendah. Umumnya untuk mencapai kenyamanan termis bagi manusia yang sudah terbiasa hidup di lingkungan beriklim tropis lembab, diperlukan kondisi udara dengan suhu pada kisaran 25 sampai 28 OC dimana suhu konvektif lebih dominan dibandingkan suhu radiatif, kemudian angka

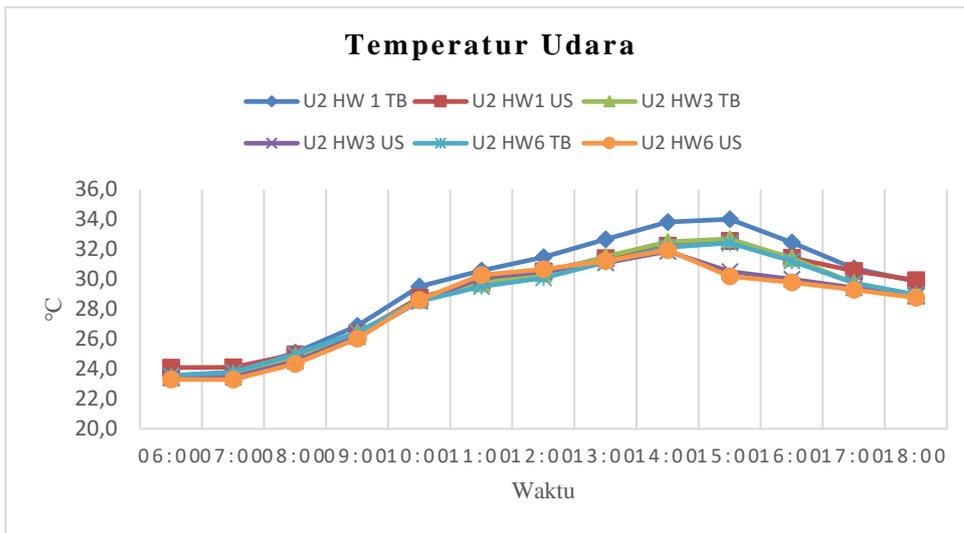
kelembaban relatif pada kisaran 60 – 75% serta kecepatan angin tidak lebih dari 1.5 m/s (Sangkertadi, 2008)

Sementara kondisi kecepatan angin, selama siang hari kecepatan angin cenderung terus meningkat dengan kecepatan maksimum 9,8 m/s. Sangat tinggi dibanding kecepatan angin pada pengukuran lapangan, hal ini disebabkan karena model simulasi pada pola massa bangunan apartemen ini hanya memiliki lahan terbangun berupa bangunan, paving dan tanah. Tidak ada hambatan angin berupa pohon ataupun bangunan-bangunan lain disekitar model bangunan apartemen sehingga angin dapat bergerak bebas. Pola massa bangunan dengan H/W=3 memiliki nilai kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding dengan H/W lainnya, dengan orientasi Timur-Barat memiliki kecepatan angin tertinggi.

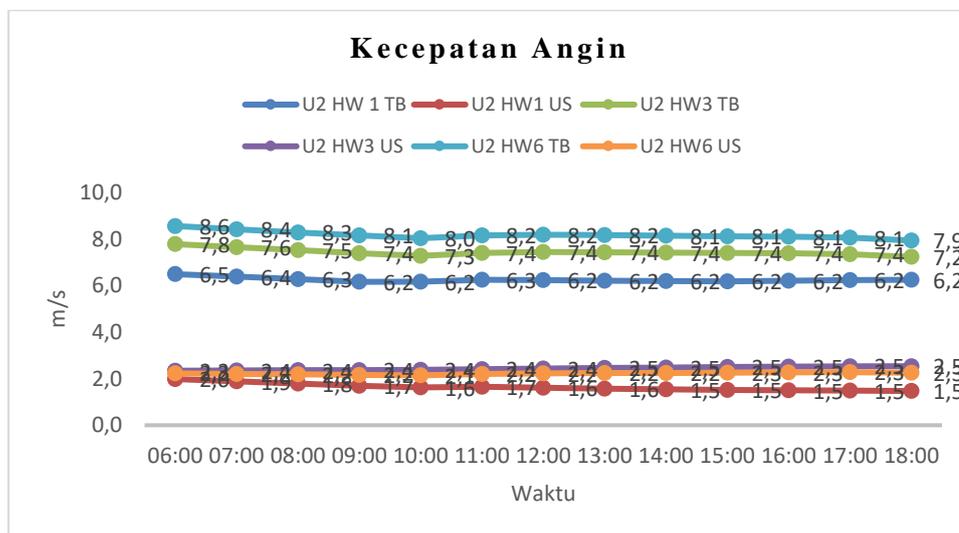
Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama dengan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 2°C. Hal ini sejalan dengan Sangkertadi (2008) dimana radiasi matahari pada bidang horisontal di posisi katulistiwa dapat mencapai 1100 W/m² yang tentu saja akan mempengaruhi tingginya komponen suhu radiatif.

4.6.2 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe U

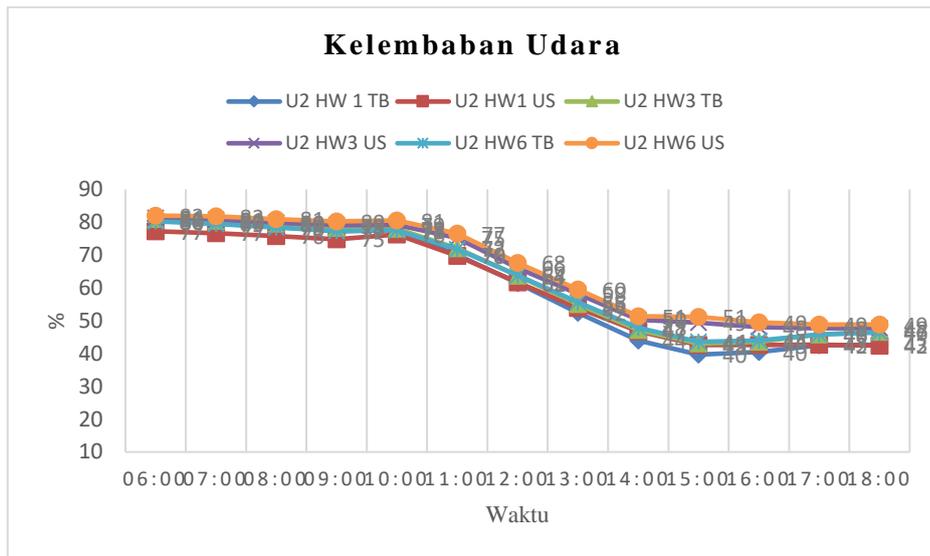
Tipe tipologi U dengan pola pararel memiliki pola bangunan yang memanjang dengan persentase pembayangan yang cukup besar pada orientasi jalan Timur-Barat. Tipe tipologi ini diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Puncak Kertajaya.



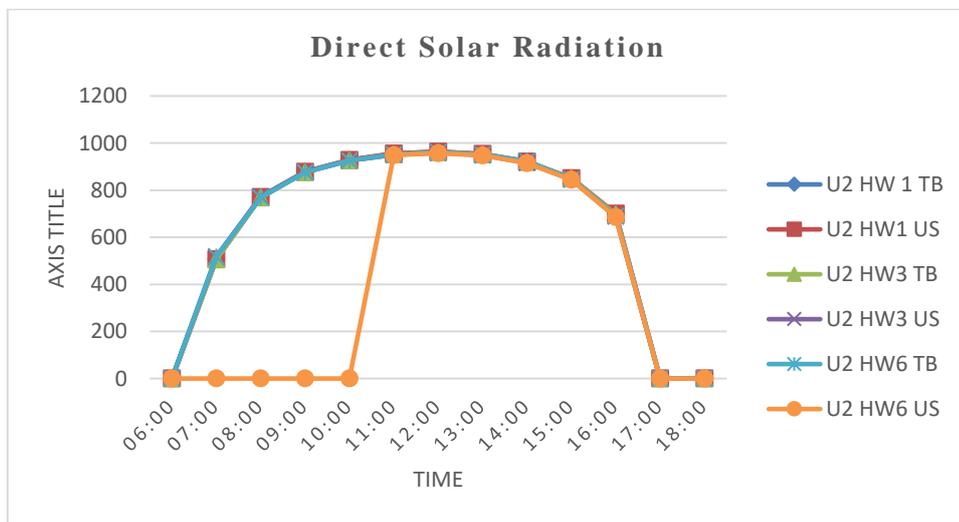
Gambar 4.59 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U



Gambar 4.60 Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U



Gambar 4.61 Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U



Gambar 4.62 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe U

Tabel 4.7 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe U

Kondisi Termal		U2 HW1 TB	U2 HW1 US	U2 HW3 TB	U2 HW3 US	U2 HW6 TB	U2 HW6 US
T (°C)	Min	23,6	24,1	23,4	23,4	23,6	23,3
	Max	34,0	32,5	32,7	31,9	32,4	32,0
	Rata-rata	29,6	29,0	28,8	28,3	28,7	28,3
V (m/s)	Min	6,2	1,5	7,2	2,3	7,9	2,1

	Max	6,5	2,0	7,8	2,5	8,6	2,3
	Rata-rata	6,2	1,6	7,4	2,4	8,2	2,2
RH (%)	Min	40	42	43	48	44	49
	Max	80	77	81	81	80	82
	Rata-rata	61	60	63	65	62	66

 Terendah  Tertinggi

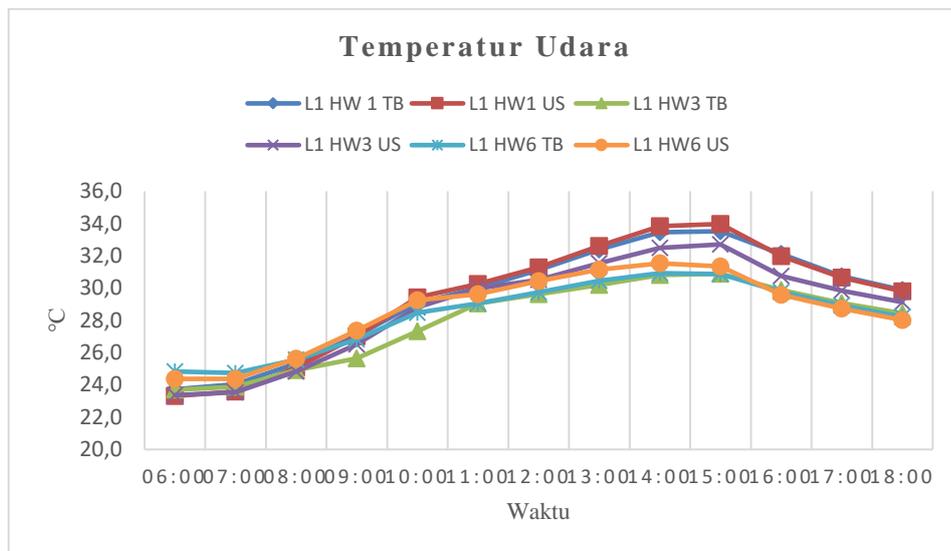
Daerah yang terbayangi pola massa bangunan paralel tipe U (U2) lebih rendah (0,67-1,63 °C) dari pada daerah yang tidak terbayangi mulai pukul 07.00-17.00. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (32°C) dan tidak terbayangi (34°C) pada tiap H/W dan orientasi yang terjadi pada pukul 15.00. Hal ini sejalan dengan Persentase penutup lahan terbangun (bangunan dan paving) sebesar 80-90% yang lebih mendominasi, sehingga peningkatan temperatur udara terus meningkat selama siang hari. Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 75-82% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 40-53%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan tidak terdapat perbedaan temperatur yang berbeda antara bangunan H/W lebih kecil ataupun lebih besar. Namun perbedaan terlihat pada orientasi Utara-Selatan pada pagi dan sore hari yang memiliki nilai temperatur yang lebih rendah 1-1,4°C. Serta pola massa bangunan pada H/W=1 dengan orientasi jalan menghadap Timur-Barat yang memiliki nilai temperatur udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola massa bangunan yang lain terlihat sejak pukul 10.00-15.00. Hal ini dipengaruhi karena penerimaan radiasi matahari yang cukup tinggi pada pola massa bangunan yang memiliki orientasi jalan menghadap Timur-Barat serta persentase penutup lahan yang luas sehingga peningkatan udara terus meningkat selama siang hari.

Sementara kondisi kecepatan angin, selama siang hari kecepatan angin cenderung terus meningkat. Pola massa bangunan dengan orientasi Timur-Barat memiliki nilai kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding dengan orientasi Utara-Selatan pada tiap pola massa bangunan. Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama dengan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 1°C. Sehingga dapat disimpulkan dari hasil pengukuran elemen-elemen iklim

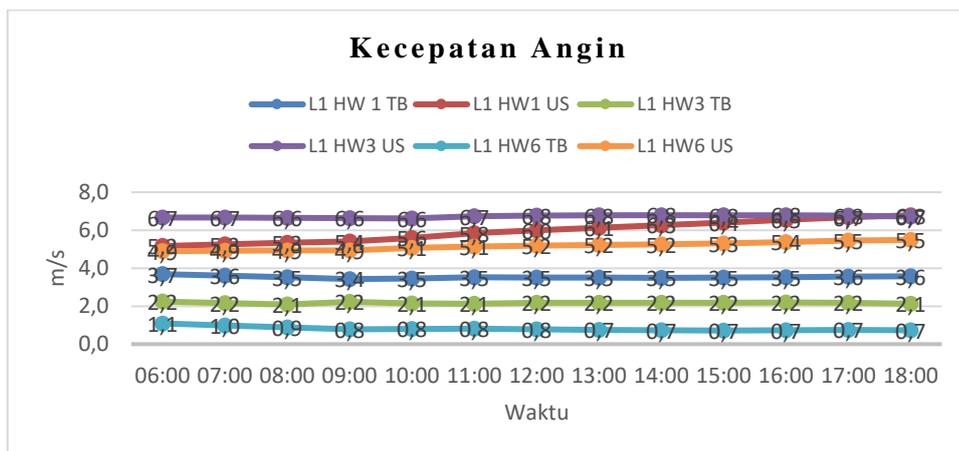
tersebut bahwa pola massa bangunan yang memiliki nilai H/W yang tinggi dan berorientasi jalan menghadap Timur-Barat lebih menguntungkan dalam perolehan kecepatan angin dan juga pembayangan.

4.6.3 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe L

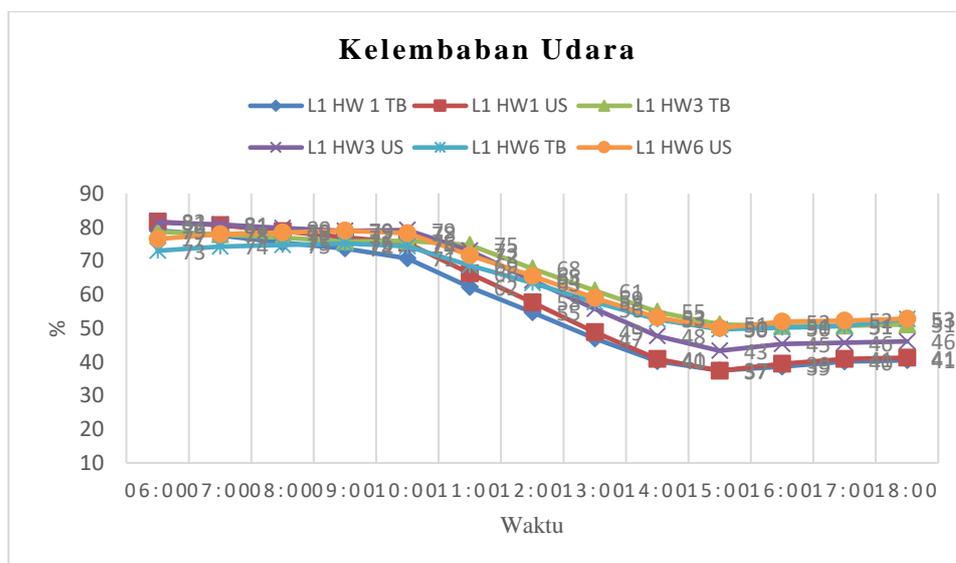
Tipe tipologi L dengan pola bujur sangkar memiliki pola bangunan yang memusat dengan persentase pembayangan yang cukup besar pada orientasi jalan Utara-Selatan. Tipe tipologi ini diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Gunawangsa Manyar.



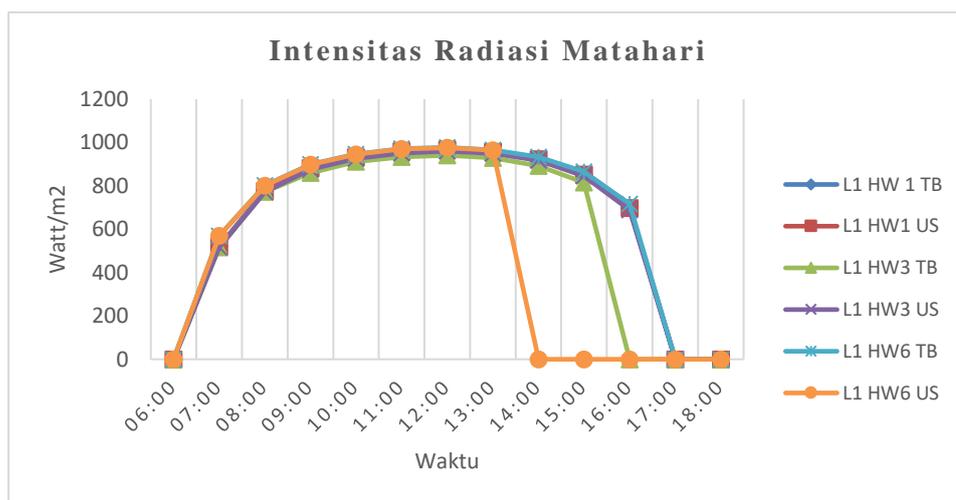
Gambar 4.63 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L



Gambar 4.64 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L



Gambar 4.65 Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L



Gambar 4.66 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe L

Tabel 4.8 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe L

Kondisi Termal		L1 HW1 TB	L1 HW1 US	L1 HW3 TB	L1 HW3 US	L1 HW6 TB	L1 HW6 US
T (°C)	Min	23,7	23,3	23,7	23,4	24,8	24,4
	Max	33,5	34,0	30,9	32,7	30,9	31,5
	Rata-rata	29,4	29,4	28,0	28,8	28,3	28,6
V (m/s)	Min	3,4	5,2	2,1	6,6	0,7	4,9
	Max	3,7	6,8	2,2	6,8	1,1	5,5
	Rata-rata	3,5	6,0	2,2	6,7	0,8	5,2
RH (%)	Min	37	37	51	43	50	50
	Max	79	82	79	81	75	79
	Rata-rata	57	59	65	63	63	65

■ Terendah ■ Tertinggi

Pada pola bujur sangkar tipe L hampir sepanjang hari temperatur udara daerah yang tidak terbayangi lebih tinggi dibandingkan daerah yang terbayangi, dengan perbedaan temperatur mencapai 1-2°C. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (32°C) dan tidak terbayangi (34°C) pada tiap H/W dan orientasi terjadi pada pukul 15.00. Hal ini sejalan dengan persentase penutup lahan terbangun (bangunan dan paving) sebesar 80-90% yang lebih mendominasi, sehingga peningkatan temperatur udara terus meningkat selama siang hari. Pada daerah yang tidak terbayangi terjadi peningkatan temperatur udara sebesar 1-2°C. Peningkatan dan penurunan temperatur udara sejalan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari.

Nilai H/W yang rendah (H/W=1) dan berorientasi jalan menghadap Timur-Barat mempengaruhi penerimaan radiasi matahari yang cukup tinggi dari pukul 09.00-15.00. Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 73-82% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 37-51%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan H/W=3 memiliki temperatur lebih rendah meskipun kecepatan angin juga rendah. Hal ini disebabkan pembayangan pada rasio ini cukup besar yaitu 14%.

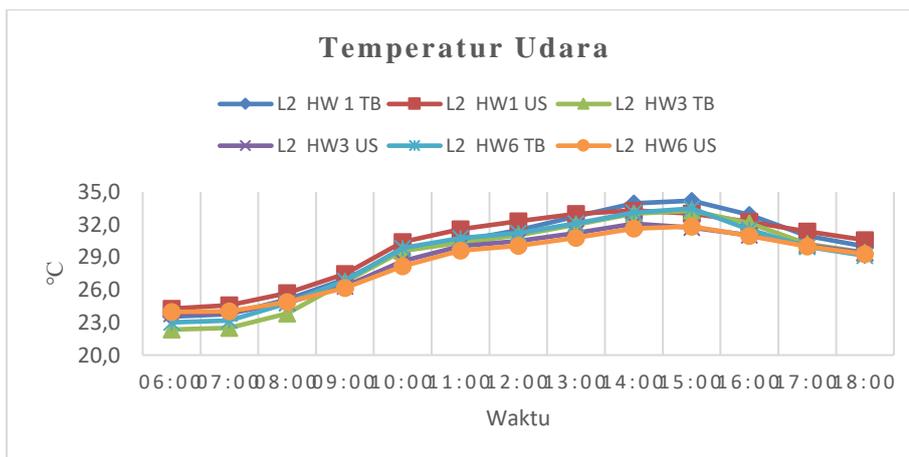
Seperti pada pola-pola massa bangunan sebelumnya, untuk kondisi kecepatan angin tidak menentu setiap jamnya. Pola massa bangunan dengan orientasi menghadap ke Utara-Selatan memiliki kecepatan angin lebih tinggi 1-15 m/s dibanding pola massa bangunan dengan ara orientasi jalan Timur-Barat. Hal ini

dipengaruhi bentuk geometri bangunan dimana sisi fasad yang memanjang menghadap Timur-Barat dimana arah angin lebih banyak datang sehingga kecepatan angin di area ruang luar pada orientasi ini cenderung sedikit.

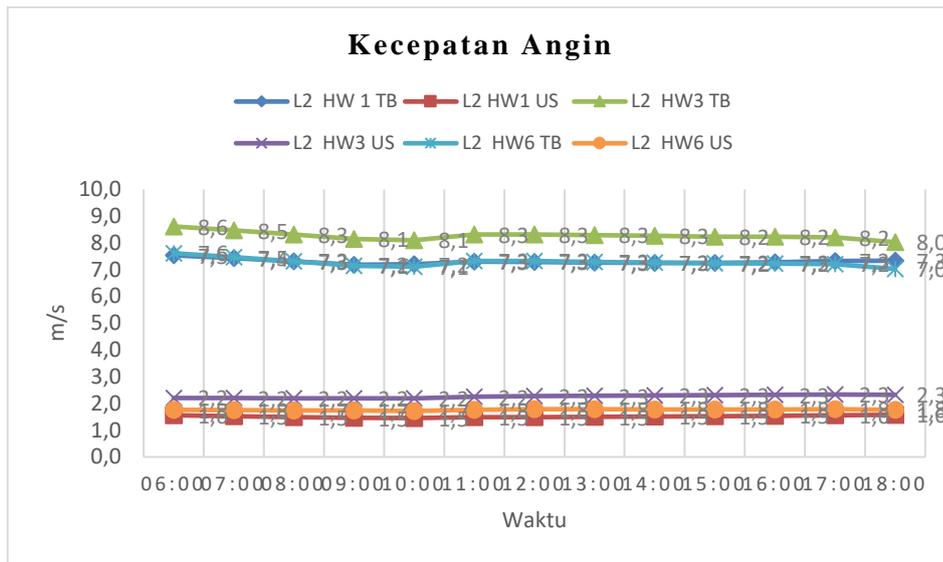
Pola massa bangunan dengan H/W=3 memiliki nilai kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding dengan H/W lainnya, dengan orientasi Utara-Selatan memiliki kecepatan angin tertinggi. Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama dengan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 1-2°C.

4.6.4 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe L (L2)

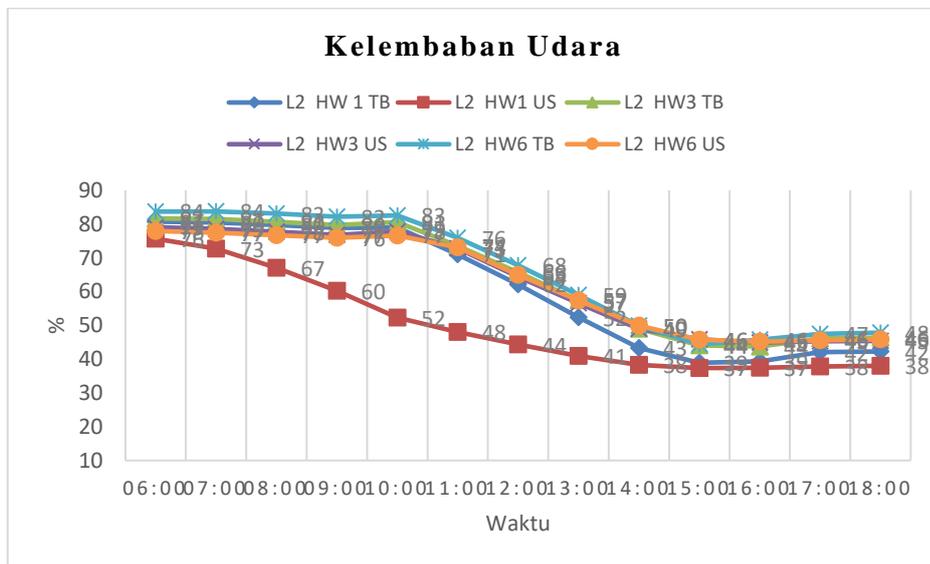
Tipe tipologi L dengan pola pararel memiliki pola bangunan yang memanjang dengan persentase pembayangan yang cukup besar pada orientasi jalan Timu-Barat. Tipe tipologi ini diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Puncak Marina.



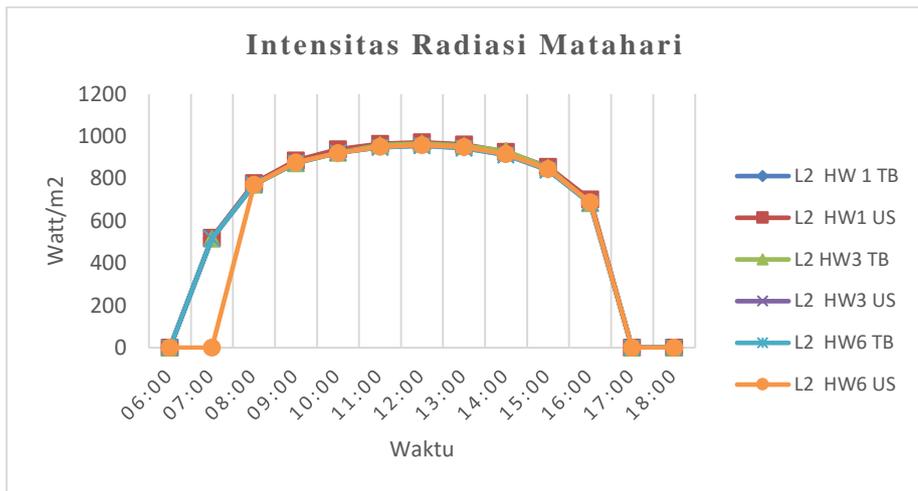
Gambar 4.67 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L



Gambar 4.68 Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L



Gambar 4.69 Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L



Gambar 4.70 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe L

Tabel 4.9 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe L

Kondisi Termal		L2 HW1 TB	L2 HW1 US	L2 HW3 TB	L2 HW3 US	L2 HW6 TB	L2 HW6 US
T (°C)	Min	23,5	24,3	22,3	23,8	23,0	24,0
	Max	34,2	33,3	33,3	32,1	33,5	31,8
	Rata-rata	29,7	30,0	28,9	28,7	29,1	28,6
V (m/s)	Min	7,2	1,5	8,0	2,2	7,0	1,7
	Max	7,5	1,6	8,6	2,3	7,6	1,8
	Rata-rata	7,3	1,5	8,3	2,3	7,3	1,8
RH (%)	Min	39	37	44	45	44	45
	Max	81	76	82	79	84	78
	Rata-rata	59	58	70	70	64	73

Terendah Tertinggi

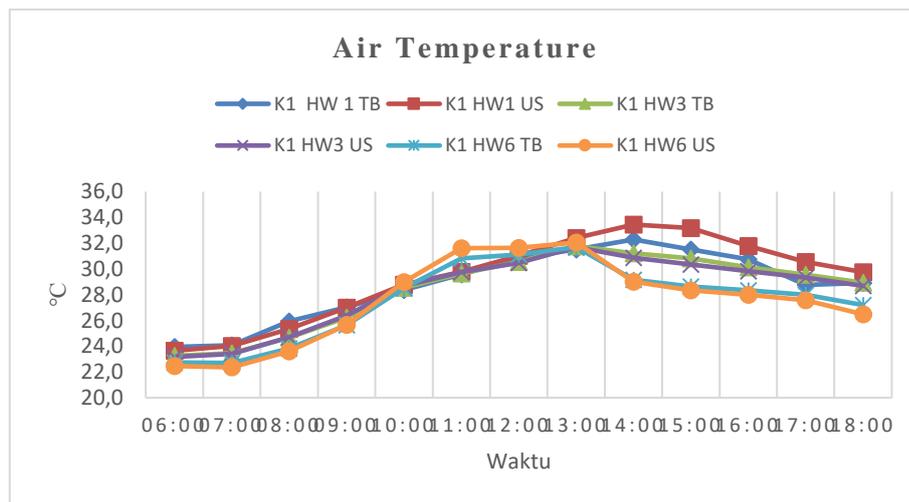
Kondisi temperatur pada tipe L2 pada daerah yang terbayangi lebih rendah (0,98°C) dari pada daerah yang tidak terbayangi mulai pukul 07.00-17.00. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (31°C) dan tidak terbayangi (32°C) pada tiap H/W dan orientasi yang terjadi pada pukul 15.00. Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 52-84% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 37-46%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan H/W dengan nilai tinggi memiliki temperatur lebih rendah pada pagi hingga sore hari, dan orientasi Utara-Selatan

memiliki temperatur lebih rendah dibanding orientasi Timur-Barat pada pola massa bangunan lainnya.

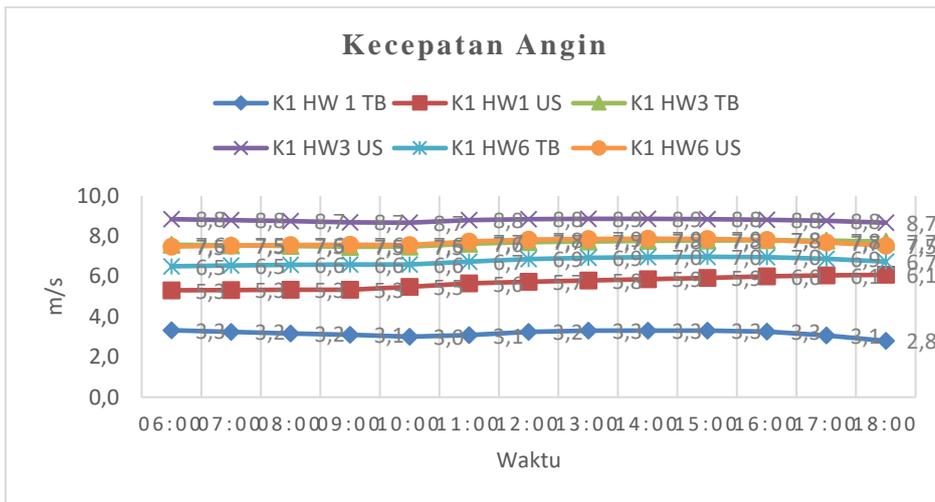
Sementara kondisi kecepatan angin, selama pagi hingga sore hari kecepatan angin cukup tinggi. Terutama pada pola massa bangunan dengan orientasi Timur-Barat. Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama dengan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 1°C.

4.6.5 Pola Massa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipologi Tipe □

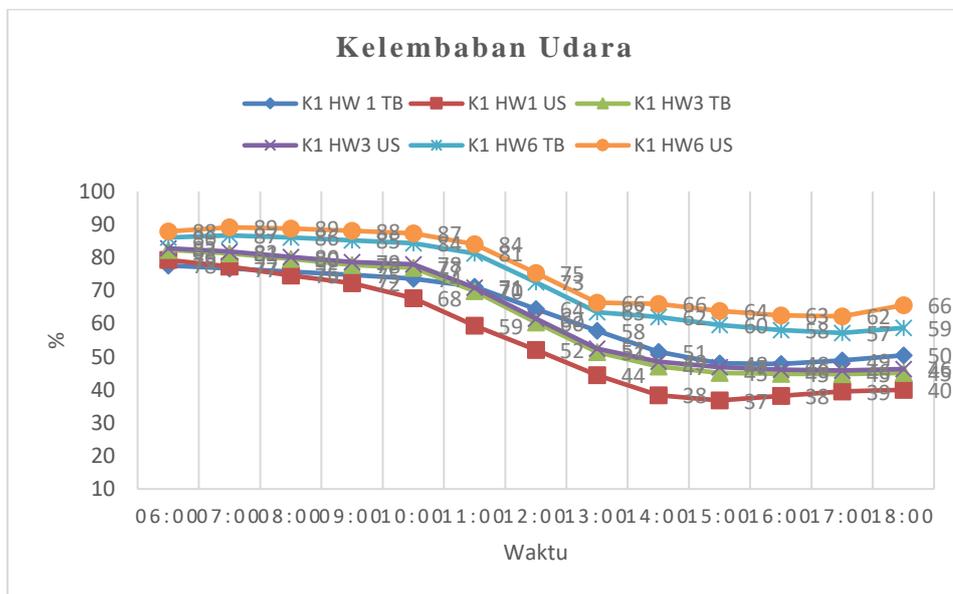
Tipe tipologi L dengan pola bujur sangkar memiliki pola bangunan yang memusat dengan persentase pembayangan yang cukup besar pada orientasi jalan Timu-Barat. Tipe tipologi ini diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Puncak Marina.



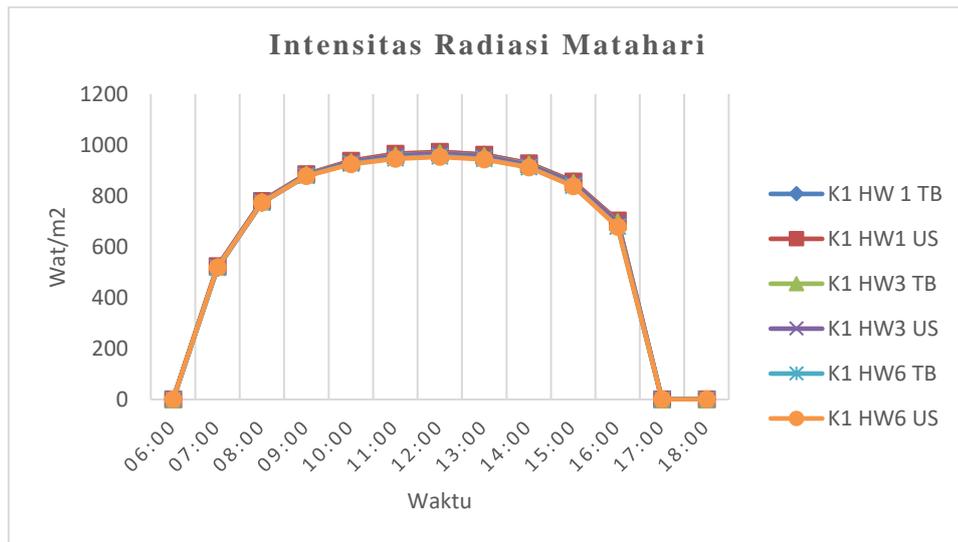
Gambar 4.71 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □



Gambar 4.72 Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □



Gambar 4.73 Perbandingan Kelembaban Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □



Gambar 4.74 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Bujur Sangkar pada Tipe □

Tabel 4.10 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe □

Kondisi Termal		K1 HW1 TB	K1 HW1 US	K1 HW3 TB	K1 HW3 US	K1 HW6 TB	K1 HW6 US
T (°C)	Min	23,9	23,6	23,3	23,2	22,7	22,5
	Max	32,3	33,4	31,2	31,7	31,7	32,1
	Rata-rata	28,7	29,3	28,4	28,3	27,6	27,5
V (m/s)	Min	2,8	5,3	7,5	8,7	6,5	7,5
	Max	3,3	6,1	7,8	8,9	7,0	7,9
	Rata-rata	3,2	5,7	7,7	8,8	6,8	7,7
RH (%)	Min	48	37	45	46	57	62
	Max	78	79	82	83	86	89
	Rata-rata	63	55	62	63	72	76

■ Terendah ■ Tertinggi

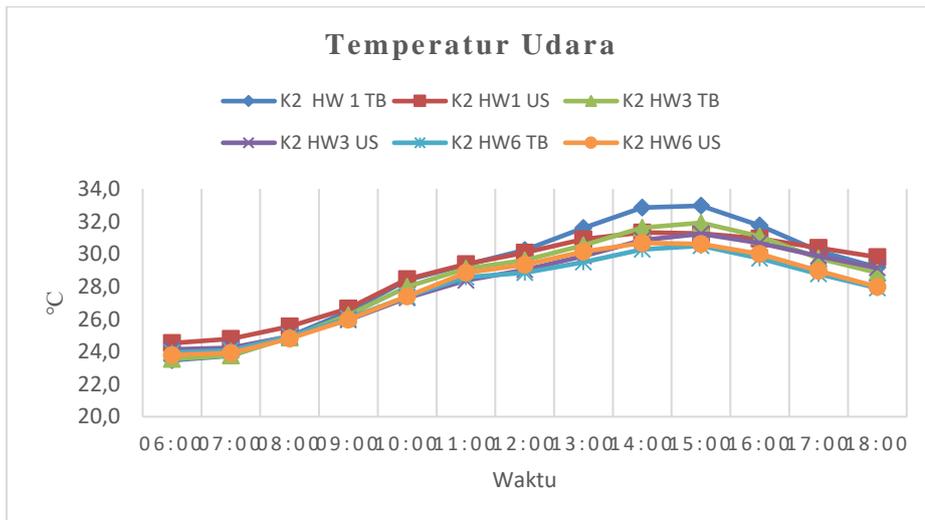
Pada daerah yang terbayangi lebih rendah ($\pm 1-2^{\circ}\text{C}$) dari pada daerah yang tidak terbayangi mulai pukul 07.00-17.00. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (32°C) dan tidak terbayangi (33°C) pada tiap H/W dan orientasi yang terjadi pada pukul 14.00. Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 59-88% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 37-64%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan H/W dengan nilai lebih tinggi (H/W=6) memiliki temperatur lebih rendah pada pagi hingga sore hari, dan orientasi Utara-Selatan

memiliki temperatur lebih rendah dibanding orientasi Timur-Barat pada tiap pola massa bangunan.

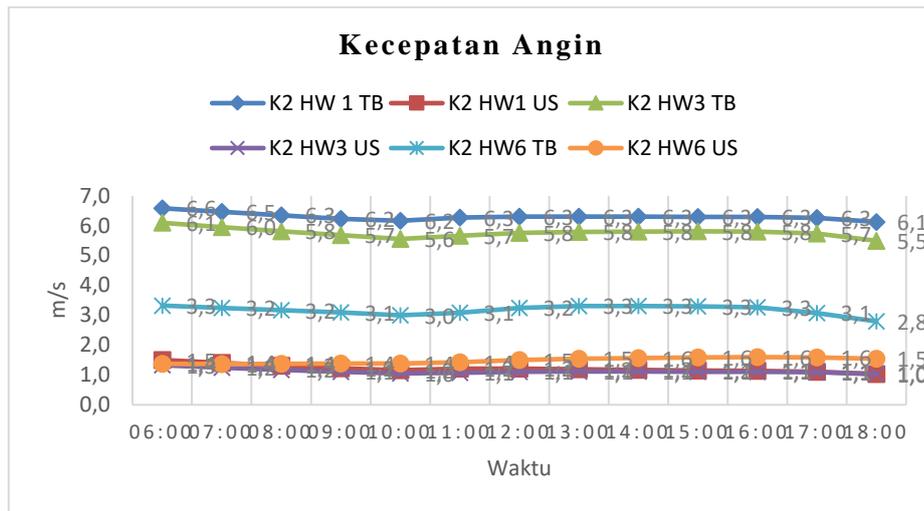
Sementara kondisi kecepatan angin, kecepatan angin cukup tinggi hingga sore hari dimana pola massa bangunan dengan H/W=3 memiliki rata-rata kecepatan angin tertinggi pada orientasi US. Pola massa bangunan dengan nilai H/W=6 memiliki nilai kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding dengan H/W lainnya, dengan kecepatan angin tertinggi pada orientasi Utara-Selatan. Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama dengan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 1-2°C

4.6.6 Pola Massa Bangunan Pararel pada Tipologi Tipe □

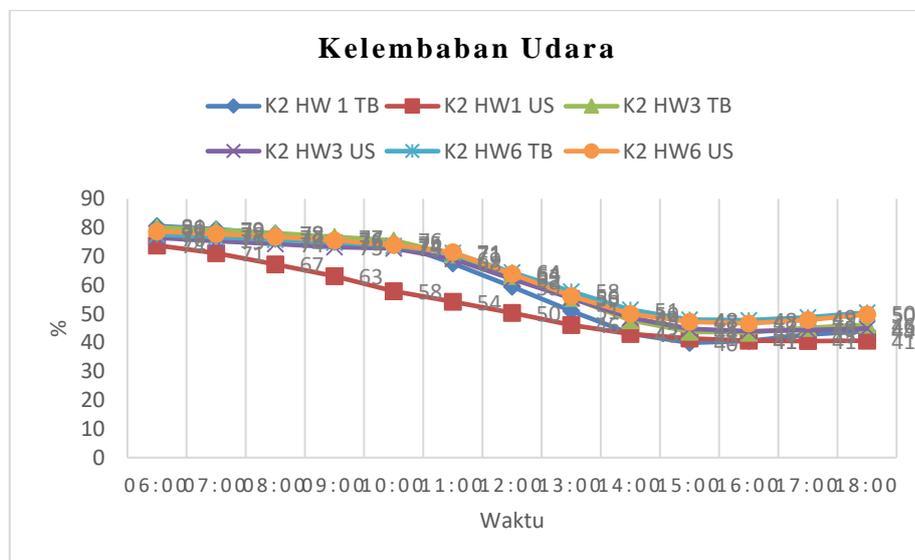
Tipe tipologi L dengan pola pararel memiliki pola bangunan yang memanjang dengan persentase pembayangan yang cukup besar pada orientasi jalan Timu-Barat. Tipe tipologi ini diambil dari eksisting lapangan yaitu Apartemen Gunawangsa Manyar.



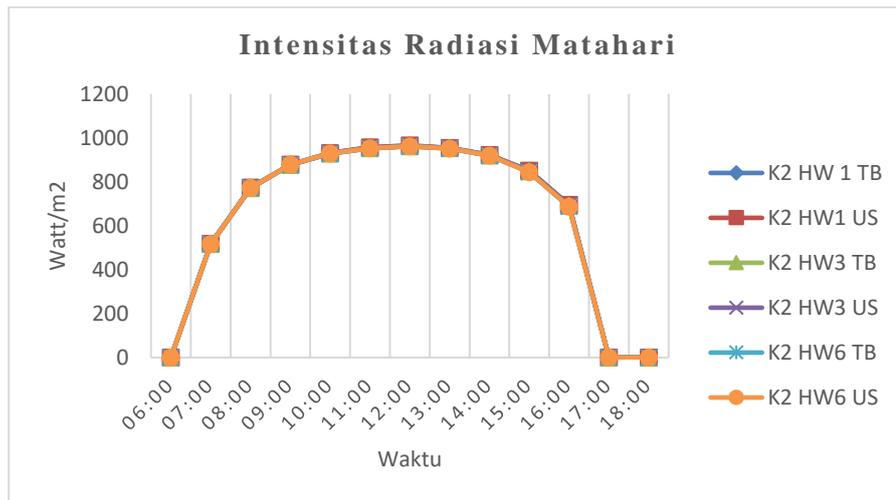
Gambar 4.75 Perbandingan Temperatur Udara pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe □



Gambar 4.76 Perbandingan Kecepatan Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe □



Gambar 4.77 Perbandingan Kelembaban Angin pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe □



Gambar 4.78 Perbandingan Radiasi Matahari pada tiap Pola Masa Bangunan Pararel pada Tipe □

Tabel 4.11 Perbandingan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe □

Kondisi Termal		K2 HW1 TB	K2 HW1 US	K2 HW3 TB	K2 HW3 US	K2 HW6 TB	K2 HW6 US
T (°C)	Min	23,5	24,5	23,5	24,1	23,9	23,8
	Max	33,0	31,3	31,9	31,2	30,5	30,7
	Rata-rata	28,9	28,8	28,4	28,1	27,7	27,9
V (m/s)	Min	6,1	1,0	5,5	1,0	2,8	1,4
	Max	6,6	1,5	6,1	1,3	3,3	1,6
	Rata-rata	6,3	1,2	5,8	1,1	3,2	1,5
RH (%)	Min	40	41	43	44	48	47
	Max	81	74	80	76	78	79
	Rata-rata	60	53	62	60	63	63

Terendah Tertinggi

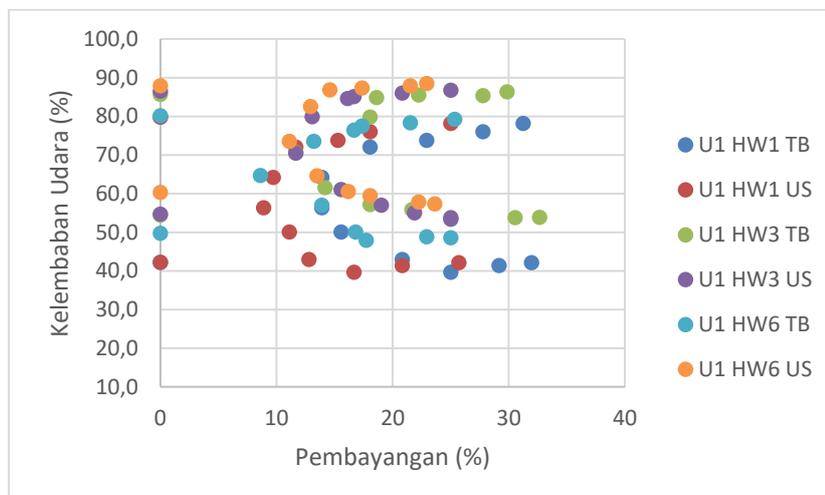
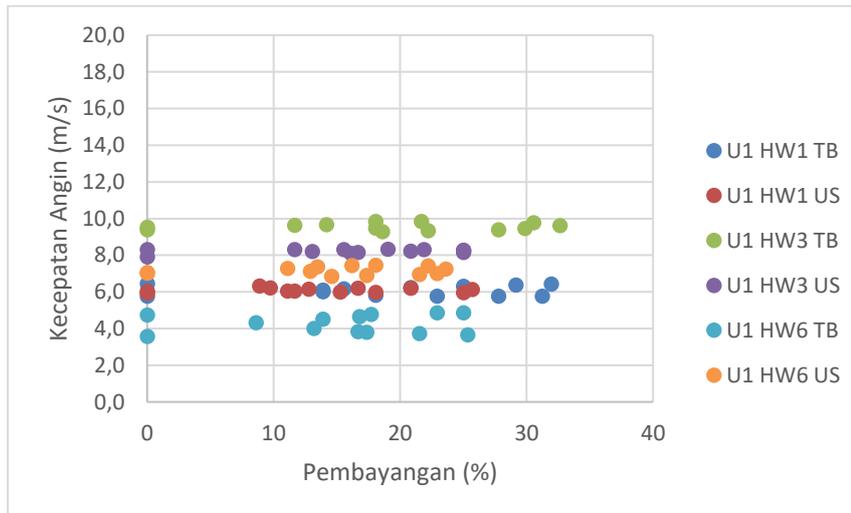
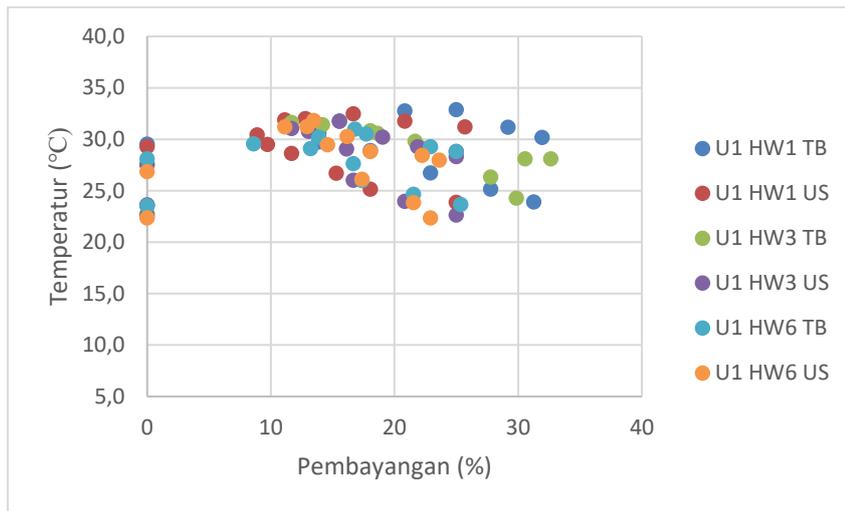
Kondisi temperatur pada tipe K2 pada daerah yang terbayangi lebih rendah (1,4°C) dari pada daerah yang tidak terbayangi mulai pukul 06.00-17.00. Waktu puncak tertinggi pada daerah yang terbayangi (32°C) dan tidak terbayangi (34°C) pada tiap H/W dan orientasi yang terjadi pada pukul 15.00. Kondisi kelembaban udara pada daerah yang terbayangi lebih tinggi pada daerah yang terbayangi pada pukul 06.00-11.00 sebesar 54-80% dan terendah pada pukul 15.00 yaitu 40-48%. Dari ke-enam konfigurasi pola massa bangunan H/W dengan nilai tinggi (H/W=3 dan H/W=6) memiliki temperatur lebih rendah pada pagi hingga sore hari, baik pada orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan.

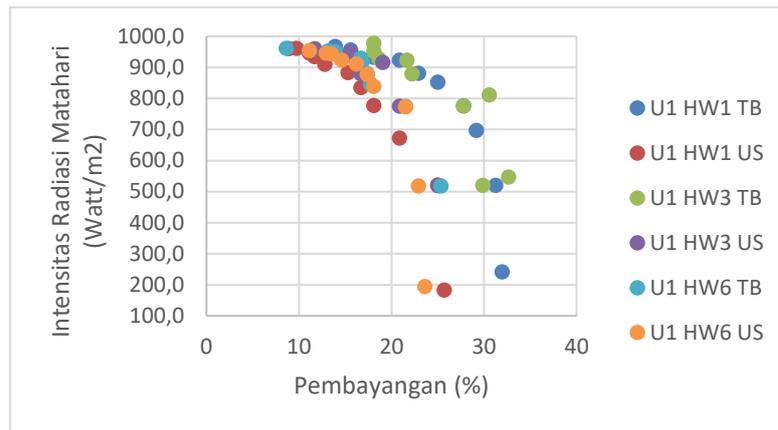
Sementara kondisi kecepatan angin, selama pagi hari kecepatan angin cukup tinggi dan menurun hingga sore hari. Pada kecepatan angin, pola paralel dengan nilai rasio $H/W=1$ memiliki kecepatan rata-rata teringgi dibanding rasio yang lain dengan orientasi TB.. Untuk pola pergerakan intensitas matahari cenderung memiliki pola yang sama denngan temperatur udara dan kecepatan angin. Tingginya nilai H/W dapat mempengaruhi perolehan intensitas radiasi matahari sehingga dapat menurunkan temperatur udara pada daerah yang terbayangi sebesar 1°C .

4.7 Pengaruh Pembayangan terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen

Hasil pembayangan yang dihasilkan oleh tiap pola massa bangunan akan memberikan pengaruh kondisi yang berbeda. Hal ini tergantung dari aspek rasio H/W dan orientasi bangunan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya persentase pembayangan tertinggi terjadi pada tipe U dengan orientasi TB dan rasio $H/W \leq 6$ pada pola bujur sangkar, sedangkan pada tipe L pada pola bujur sangkar memiliki persentase pembayangan yang besar hampir di semua rasio H/W . Kemudian pada tipe \square persentase pembayangan terbesar terjadi pada $H/W=1$ baik pada orientasi TB ataupun US.

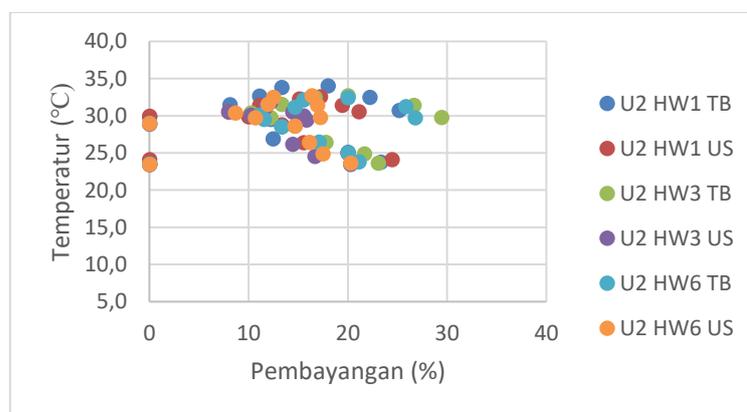
Gambar 4.76 pada pola massa bangunan tipe U, menunjukkan adanya hubungan persentase bayangan dan radiasi matahari dimana pada persentase pembayangan yang rendah terjadi peningkatan radiasi matahari. Sedangkan pada kondisi termal di ruang luar bangunan apartemen di setiap pola massa bangunan, pada siang dan sore hari, pembayangan mempunyai hubungan yang sama dalam mempengaruhi kondisi termal di ruang luar, berbeda dengan pagi hari dimana peningkatan Persentase bayangan dapat menaikkan temperatur dan kelembaban udara, karena pada saat itu juga terjadi peningkatan intensitas radiasi matahari.

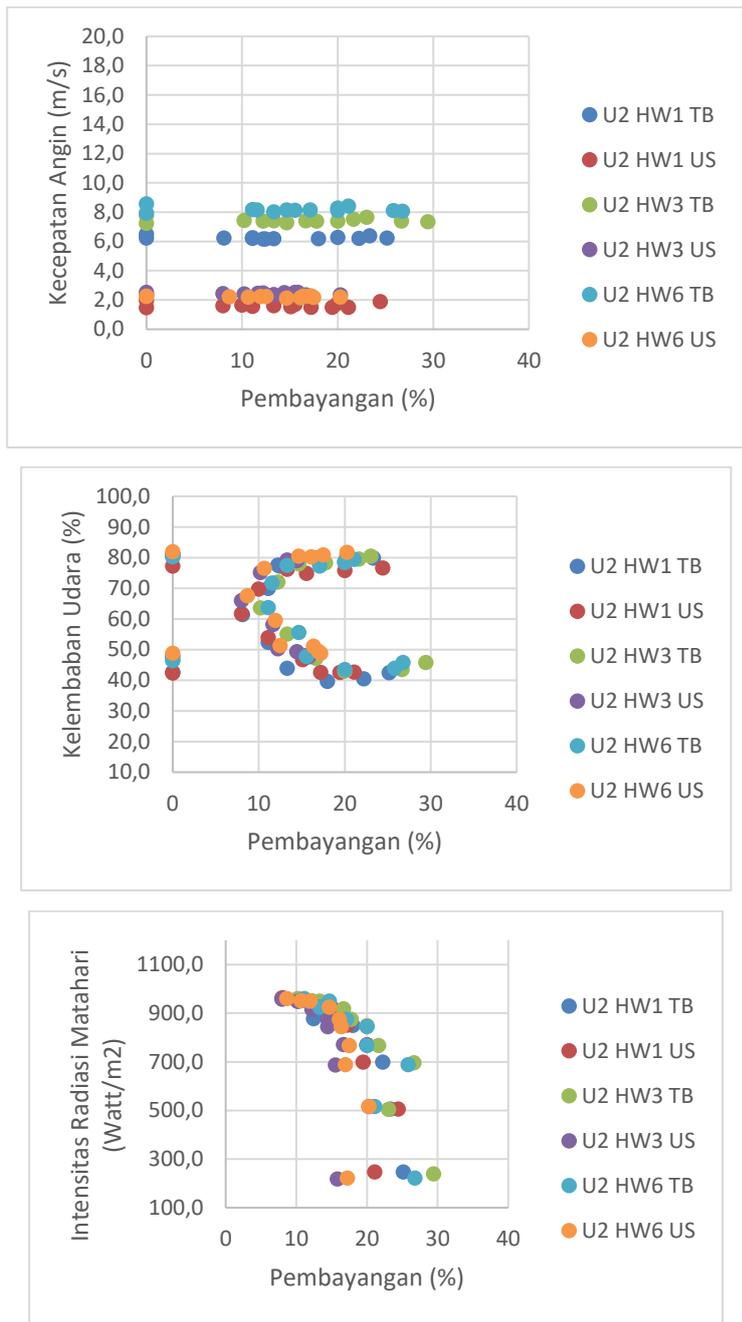




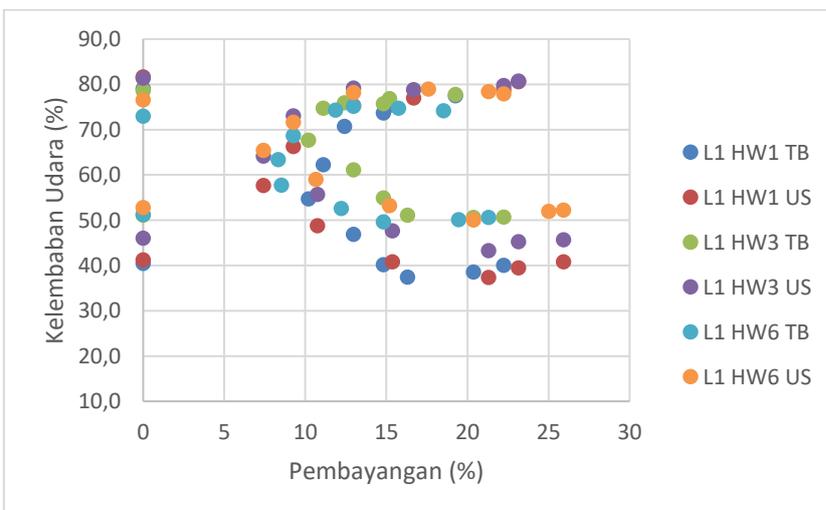
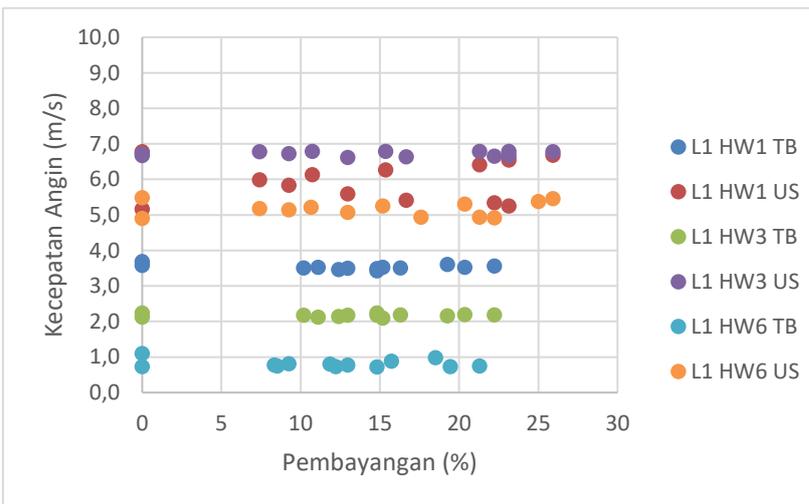
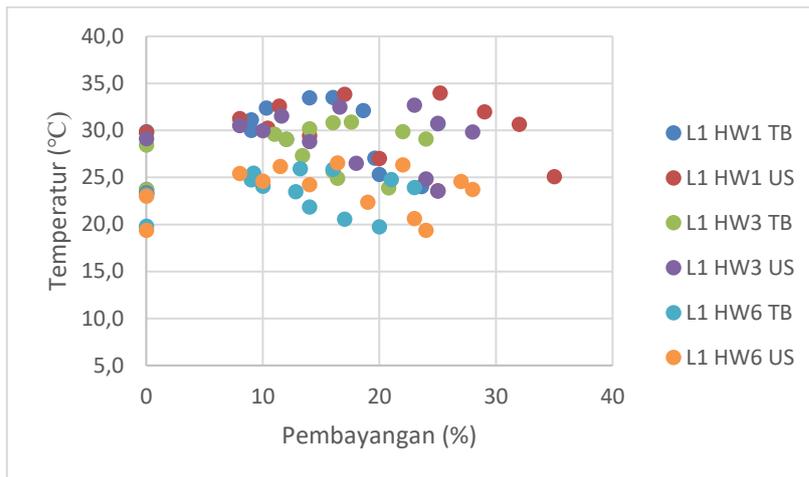
Gambar 4.79 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe U

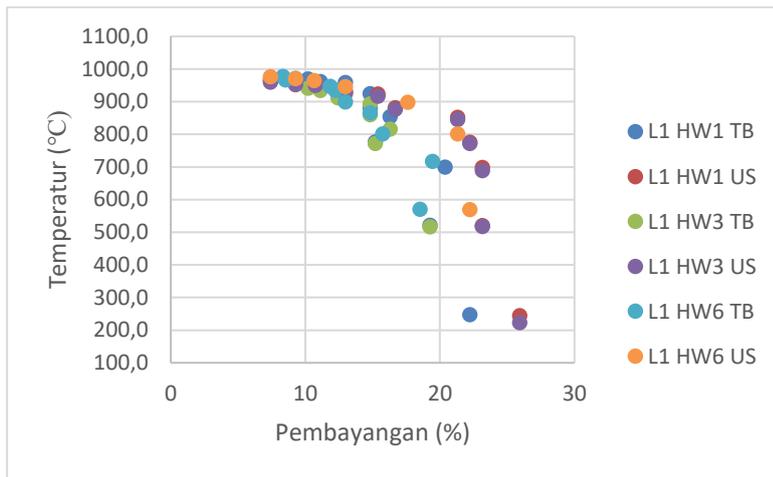
Gambar 4.80 pada pola paralel tipe U, hasil yang hampir sama pada grafik hubungan persentase bayangan dan kondisi termal di pola paralel tipe U menunjukkan adanya hubungan Persentase bayangan dan kondisi termal di ruang luar bangunan apartemen di setiap pola massa bangunan, dimana pada siang dan sore hari, pembayangan mempunyai hubungan yang sama dalam mempengaruhi kondisi termal di ruang luar, sedangkan pagi hari peningkatan persentase bayangan dapat menaikkan temperatur dan kelembaban udara, karena pada saat itu juga terjadi peningkatan intensitas radiasi matahari.



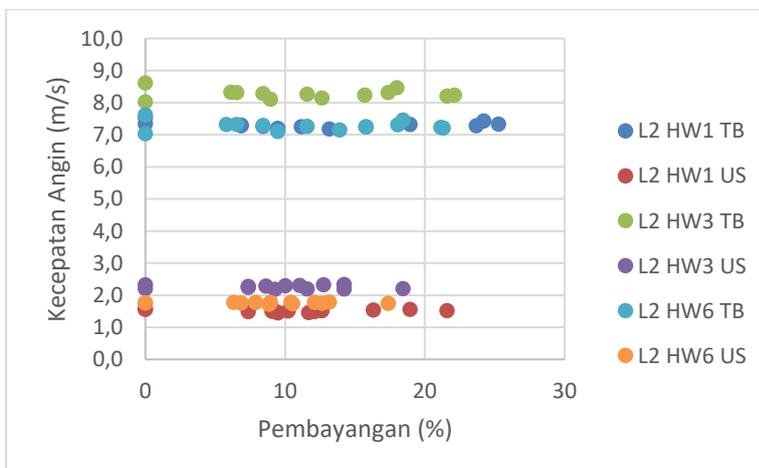
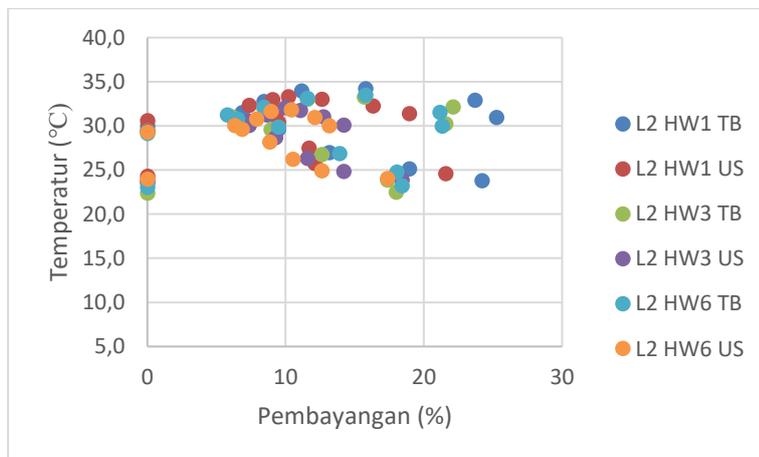


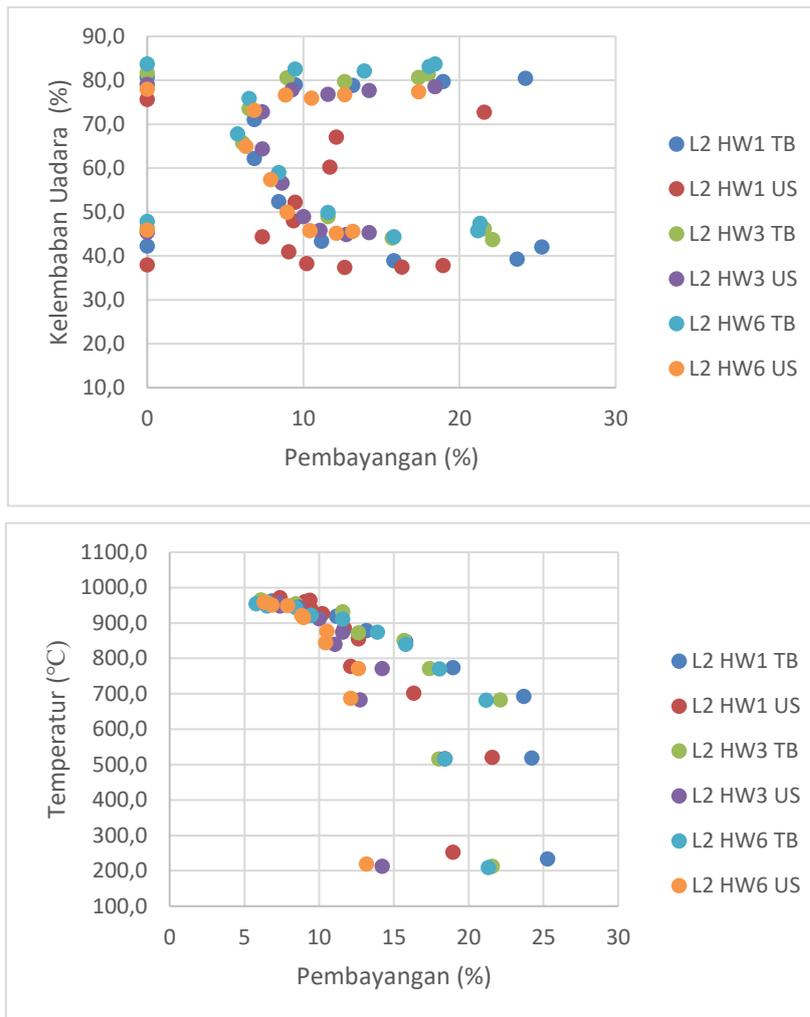
Gambar 4.80 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Paralel tipe U





Gambar 4.81 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe L



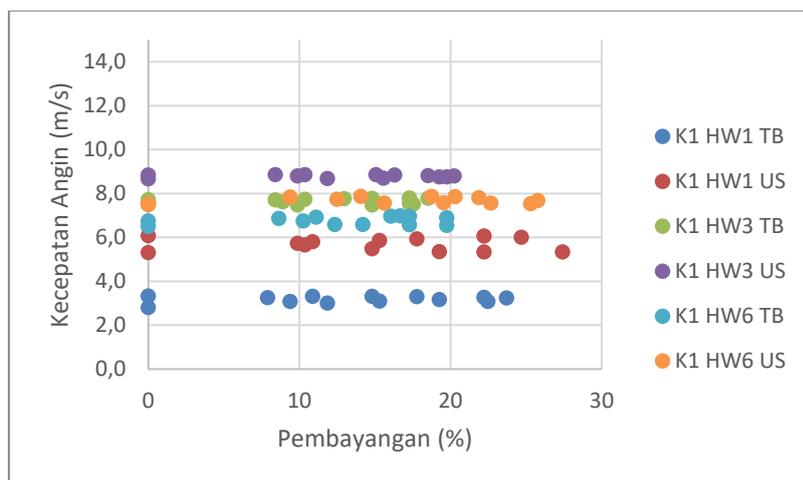
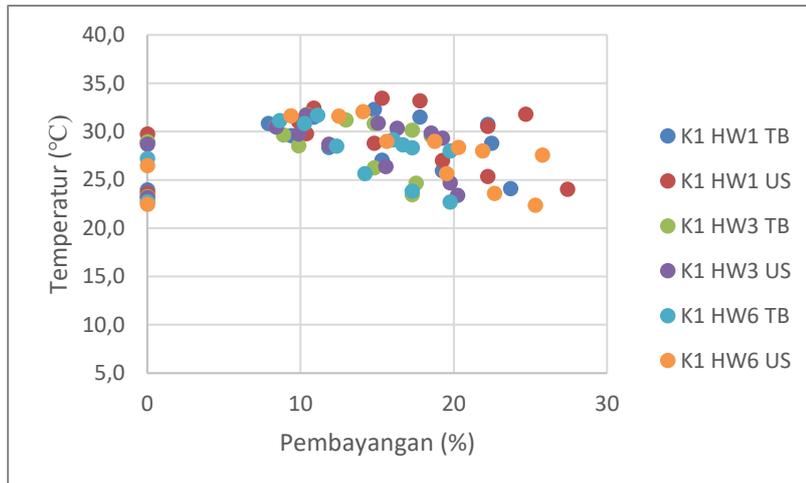


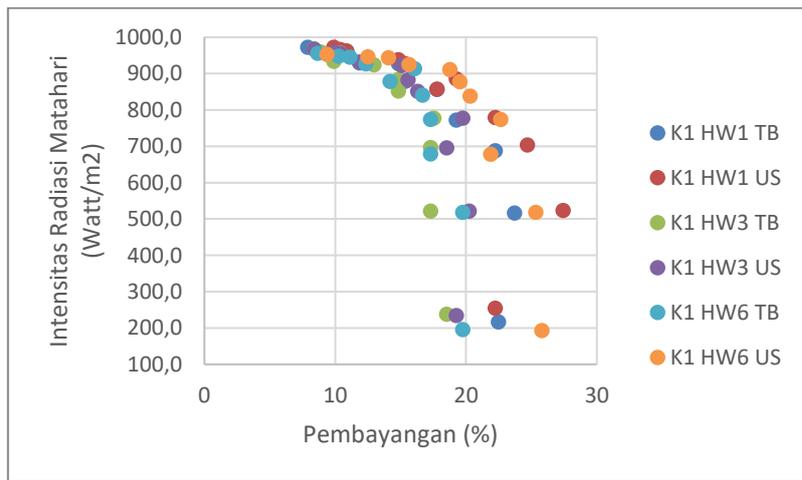
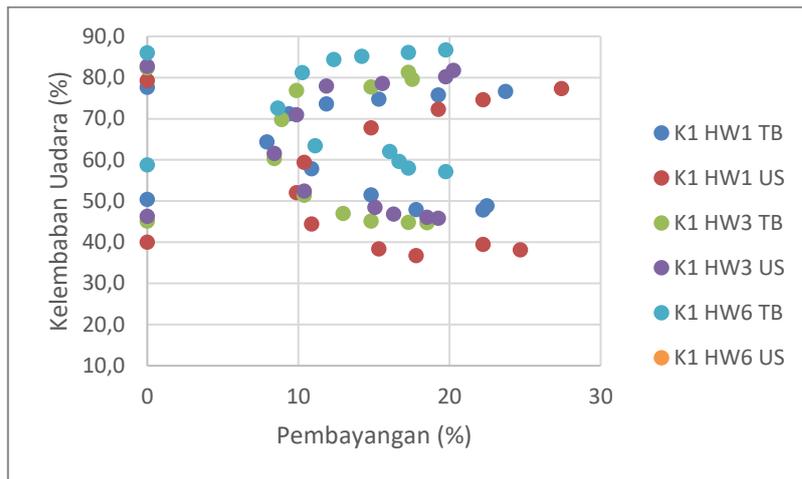
Gambar 4.82 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe L

Pola bujur sangkar dengan tipe U dan L cenderung memiliki pembayangan yang luas dibanding dengan tipe □ pada pola yang sama. Namun dalam menurunkan temperatur udara dengan pembayangan perlu diperhatikan parameter yang lain selain persentase pembayangan, yaitu seperti konfigurasi massa bangunan (kaitannya dengan nilai H/W dan orientasi). Hal ini akan berpengaruh pada elemen iklim lain yang yang mempengaruhi kondisi termal.

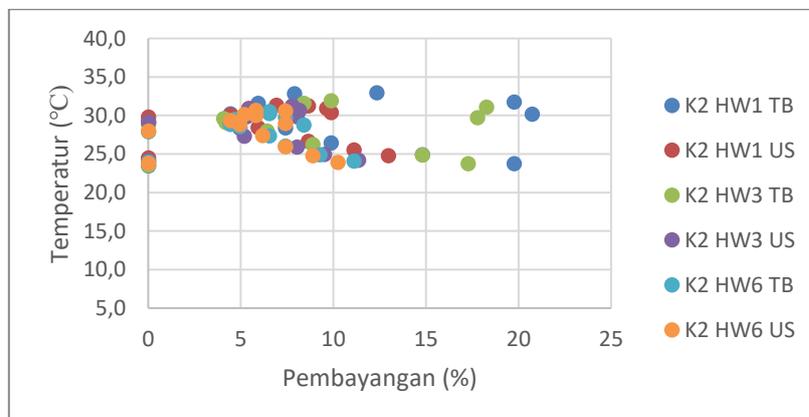
Hal ini dapat dilihat pada tiap tipe di pola bujur sangkar dengan orientasi Timur-Barat dengan nilai H/W=3 dan H/W=6, dimana walaupun orientasi jalan berada di Timur-Barat namun karena nilai H/W yang tinggi, konfigurasi ini masih menguntungkan dalam perolehan pembayangan yang cukup luas dan mengelompok

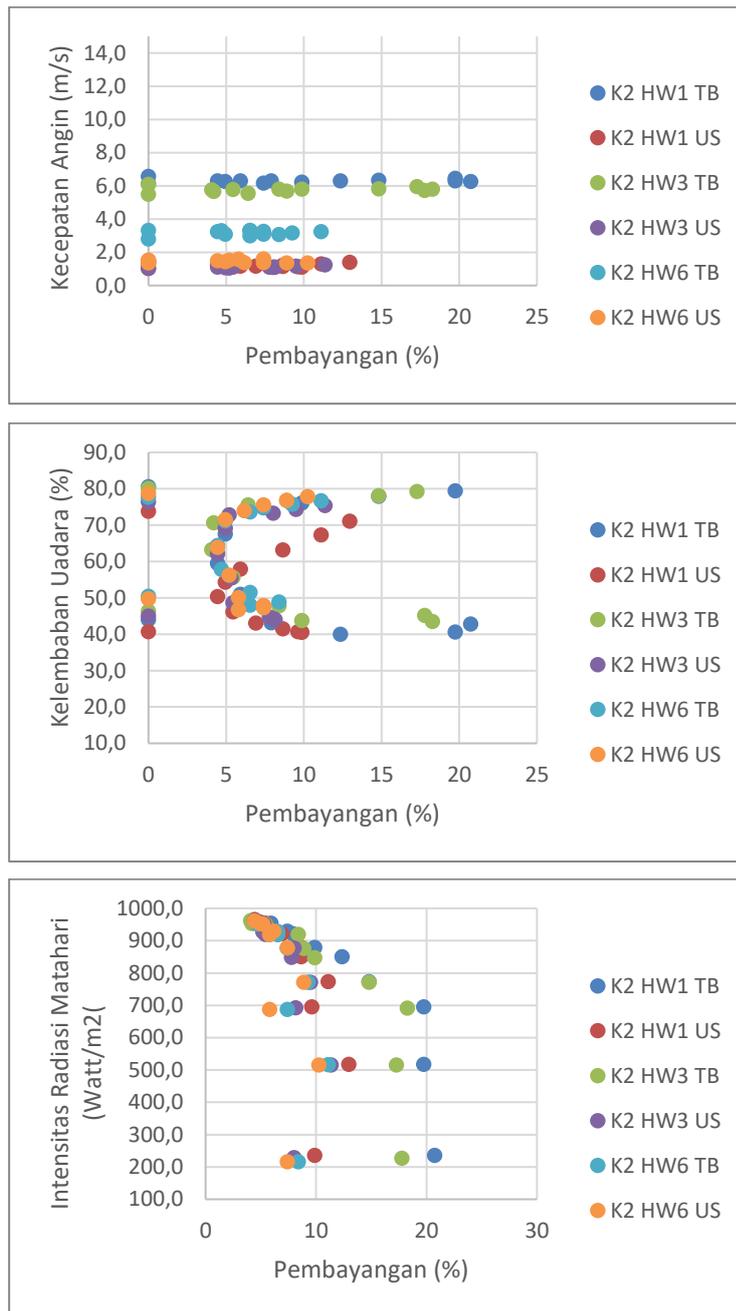
sehingga dapat menurunkan temperatur udara. Sebagaimana Emmanuel dkk (2007) menjelaskan bahwa bayangan di ruang luar dalam hal ini perkotaan (*urban shading*) di jalan merupakan fungsi dari orientasi dan perbandingan nilai H/W. Dimana penurunan pembayangan dari bangunan (nilai H/W) mampu menurunkan temperatur udara.





Gambar 4.83 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Bujur Sangkar tipe □





Gambar 4.84 Hubungan Persentase Bayangan dan Kondisi Termal pada Pola Pararel tipe □

Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh pembayangan terhadap kondisi termal akan berpengaruh positif jika bangunan sebagai komponen penutup lahan yang dapat menghasilkan pembayangan terletak pada penataan massa bangunan yang tepat yaitu pada orientasi jalan Timur-Barat

dimana peletakkan sisi fasad geometri bangunan memanjang berada pada orientasi Utara-Selatan dengan nilai H/W rendah pada pola bujur sangkar ataupun paralel.

4.8 Pengaruh Konfigurasi Pola Massa Bangunan terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen

Berdasarkan uraian kondisi termal di setiap pola massa bangunan apartemen yaitu berupa pola pergerakan dan masing-masing elemen iklim berupa temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan intensitas radiasi matahari, dapat dijelaskan bahwa keempat elemen iklim tersebut saling mempengaruhi.

Dari pengkondisian ke-tiga puluh enam pola massa bangunan, pola bujur sangkar menunjukkan temperatur yang lebih rendah dibandingkan pola paralel, baik di nilai H/W=1 sampai dengan H/W=6. Hal ini sejalan dengan Dotulong (2008) yang menyatakan bahwa pada konfigurasi ruang terbuka bujur sangkar memiliki nilai tempertur dan jumlah radiasi yang kecil jika dibandingkan pola paralel, dimana semakin memanjang konfigurasi ruang terbuka semakin besar jumlah radiasi rata-ratanya.

Pada pola bujur sangkar didapat juga kecenderungan nilai penurunan temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan pola paralel. Tipe U dengan pola bujur sangkar memiliki perbedaan penurunan hampir 50% lebih tinggi dibanding dengan pola paralel pada variabel orientasi. Hal yang sama juga terjadi pada tipe □ dan L dimana penurunan temperatur di ruang luar lebih banyak dipengaruhi oleh variabel orientasi.

Tabel 4.12 Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasio H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe U

Bentuk Bangunan	Rasio H/W	Temperatur Rata-Rata		
		Orientasi		Temperatur Keseluruhan
		US	TB	
Bujur Sangkar	1	29,0	29,0	29,0
	3	28,6	27,8	28,2
	6	27,9	27,8	27,8
Pararel	1	29,6	29,0	29,3
	3	28,8	28,3	28,5
	6	28,7	28,3	28,5

Tabel 4.13 Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe U

Konfigurasi	Besar Penurunan Temperatur Rata-Rata		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan lebar antar bangunan	1,2	0,5	0,9
Orientasi	1,2	0,5	0,9

Tabel 4.14 Presentse penurunan Tempereatur Bentuk Bangunan tipe U

Konfigurasi	Persentase Penurunan Temperatur Rata-Rata (%)		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan lebar antar bangunan	33%	33%	33%
Orientasi	50%	50%	50%

Tabel 4.15 Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasion H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe L

Bentuk Bangunan	Rasio H/W	Temperatur Rata-Rata		
		Orientasi		Temperatur Keseluruhan
		US	TB	
Bujur Sangkar	1	29,4	29,4	29,4
	3	28,8	28,0	28,4
	6	28,6	28,3	28,5
Pararel	1	30,0	29,7	29,8
	3	28,7	28,9	28,8
	6	28,5	29,1	28,9

Tabel 4.16 Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe L

Konfigurasi	Besar Penurunan Temperatur Rata-Rata		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan lebar antar bangunan	0,7	0,6	0,6
Orientasi	0,7	0,7	0,7

Tabel 4.17 Presentse penurunan Tempereatur Bentuk Bangunan tipe L

Konfigurasi	Persentase Penurunan Temperatur Rata-Rata (%)		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan	33%	33%	33%

lebar antar bangunan			
Orientasi	50%	50%	50%

Tabel 4.18 Jumlah Nilai Temperatur menurut Rasion H/W pada Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan pada tipe □

Bentuk Bangunan	Rasio H/W	Temperatur Rata-Rata		
		Orientasi		Temperatur Keseluruhan
		US	TB	
Bujur Sangkar	1	27,7	29,3	28,5
	3	28,4	28,3	28,3
	6	27,6	27,5	27,5
Pararel	1	28,9	28,8	28,8
	3	28,4	28,1	28,2
	6	27,7	27,9	27,8

Tabel 4.19 Penurunan Tempereatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe □

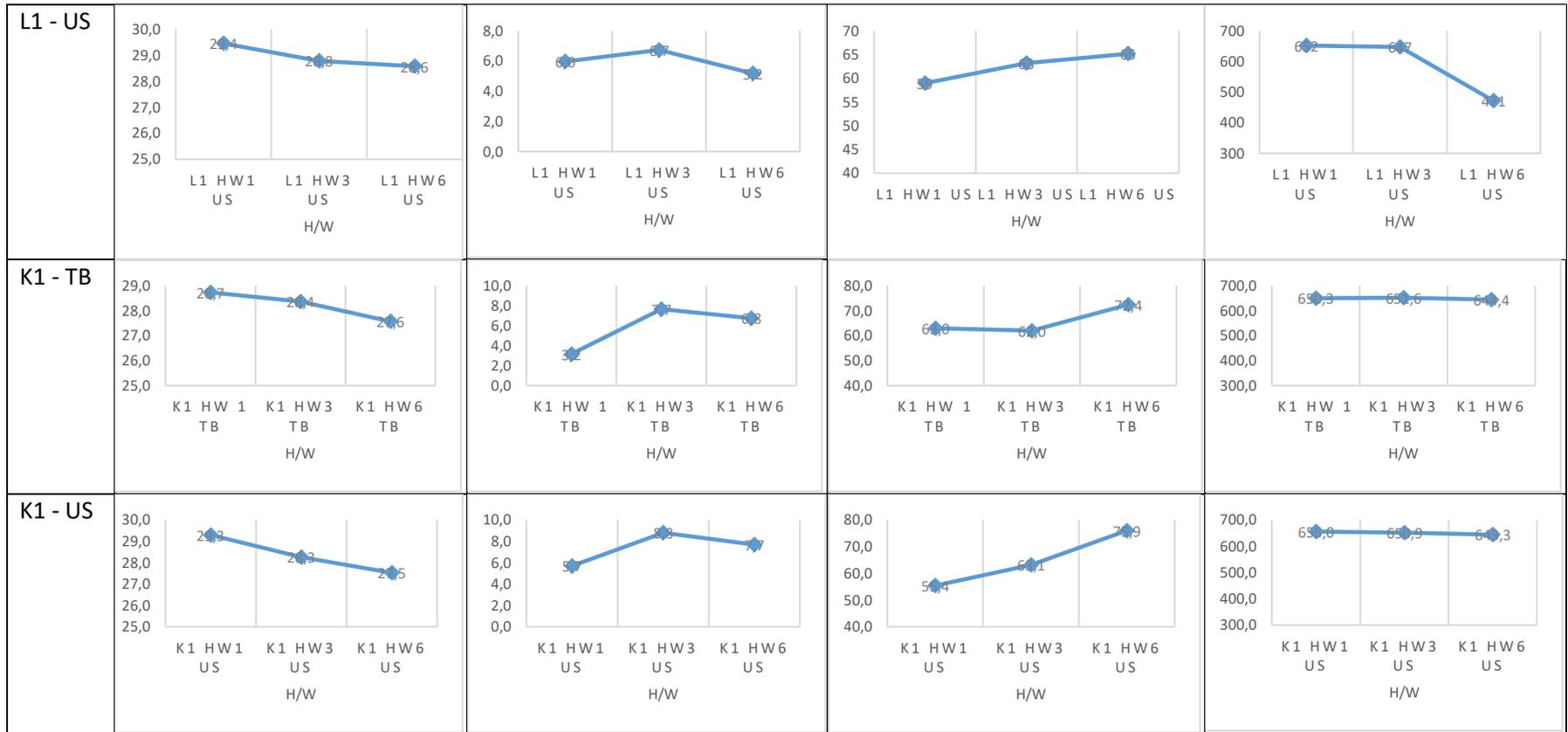
Konfigurasi	Besarnya Penurunan Temperatur Rata-Rata		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan lebar antar bangunan	0,6	0,7	0,7
Orientasi	0,9	0,7	0,7

Tabel 4.20 Persentase Penurunan Temperatur Rata-Rata Bentuk Bangunan tipe □

Konfigurasi	Persentase Penurunan Temperatur Rata-Rata (%)		
	Bujur Sangkar	Pararel	Rata-Rata
Perubahan ketinggian dan lebar antar bangunan	44%	33%	39%
Orientasi	50%	50%	50%

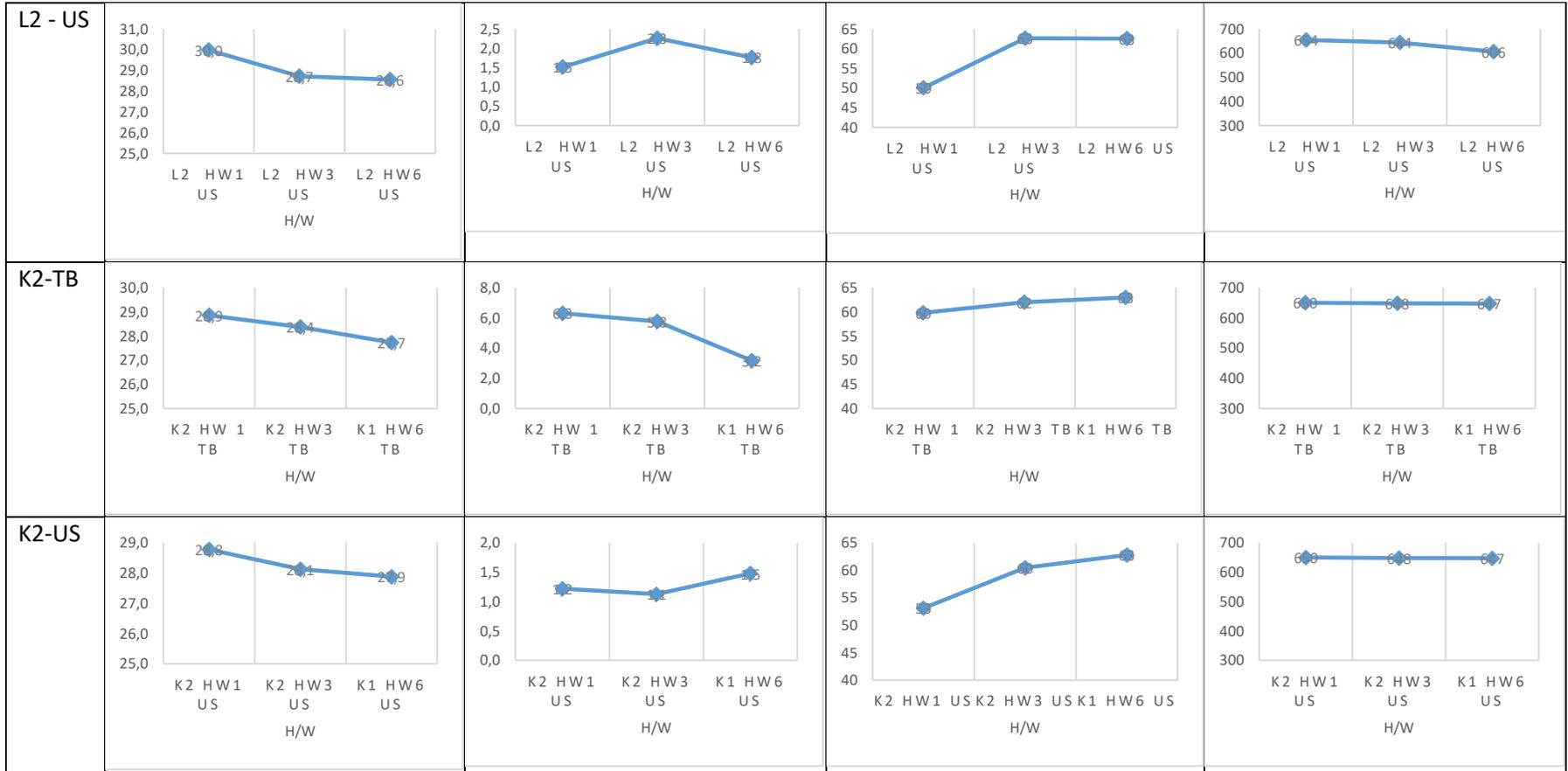
Tabel 3.21 Kondisi Termal pada Konfigurasi Pola Bujur Sangkar

Bujur Sangkar	Temperatur (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Intesitas Radiasi Matahari (Watt/m2)																																
U1 - TB	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 TB</th><th>U1 HW3 TB</th><th>U1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Temperature (°C)</td><td>29,0</td><td>28,6</td><td>27,9</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB	Temperature (°C)	29,0	28,6	27,9	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 TB</th><th>U1 HW3 TB</th><th>U1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Wind Speed (m/s)</td><td>6,0</td><td>9,5</td><td>4,5</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB	Wind Speed (m/s)	6,0	9,5	4,5	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 TB</th><th>U1 HW3 TB</th><th>U1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Humidity (%)</td><td>60</td><td>70</td><td>64</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB	Humidity (%)	60	70	64	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 TB</th><th>U1 HW3 TB</th><th>U1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Solar Radiation (Watt/m2)</td><td>650</td><td>640</td><td>600</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB	Solar Radiation (Watt/m2)	650	640	600
H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB																																	
Temperature (°C)	29,0	28,6	27,9																																	
H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB																																	
Wind Speed (m/s)	6,0	9,5	4,5																																	
H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB																																	
Humidity (%)	60	70	64																																	
H/W	U1 HW1 TB	U1 HW3 TB	U1 HW6 TB																																	
Solar Radiation (Watt/m2)	650	640	600																																	
U1 - US	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 US</th><th>U1 HW3 US</th><th>U1 HW6 US</th></tr> <tr><td>Temperature (°C)</td><td>29,0</td><td>27,8</td><td>27,8</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US	Temperature (°C)	29,0	27,8	27,8	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 US</th><th>U1 HW3 US</th><th>U1 HW6 US</th></tr> <tr><td>Wind Speed (m/s)</td><td>6,0</td><td>8,0</td><td>7,0</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US	Wind Speed (m/s)	6,0	8,0	7,0	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 US</th><th>U1 HW3 US</th><th>U1 HW6 US</th></tr> <tr><td>Humidity (%)</td><td>58</td><td>70</td><td>73</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US	Humidity (%)	58	70	73	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>U1 HW1 US</th><th>U1 HW3 US</th><th>U1 HW6 US</th></tr> <tr><td>Solar Radiation (Watt/m2)</td><td>650</td><td>520</td><td>600</td></tr> </table>	H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US	Solar Radiation (Watt/m2)	650	520	600
H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US																																	
Temperature (°C)	29,0	27,8	27,8																																	
H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US																																	
Wind Speed (m/s)	6,0	8,0	7,0																																	
H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US																																	
Humidity (%)	58	70	73																																	
H/W	U1 HW1 US	U1 HW3 US	U1 HW6 US																																	
Solar Radiation (Watt/m2)	650	520	600																																	
L1 - TB	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>L1 HW 1 TB</th><th>L1 HW3 TB</th><th>L1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Temperature (°C)</td><td>29,4</td><td>27,9</td><td>28,3</td></tr> </table>	H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB	Temperature (°C)	29,4	27,9	28,3	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>L1 HW 1 TB</th><th>L1 HW3 TB</th><th>L1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Wind Speed (m/s)</td><td>3,5</td><td>2,2</td><td>0,8</td></tr> </table>	H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB	Wind Speed (m/s)	3,5	2,2	0,8	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>L1 HW 1 TB</th><th>L1 HW3 TB</th><th>L1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Humidity (%)</td><td>57</td><td>65</td><td>62</td></tr> </table>	H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB	Humidity (%)	57	65	62	<table border="1"> <tr><th>H/W</th><th>L1 HW 1 TB</th><th>L1 HW3 TB</th><th>L1 HW6 TB</th></tr> <tr><td>Solar Radiation (Watt/m2)</td><td>630</td><td>580</td><td>650</td></tr> </table>	H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB	Solar Radiation (Watt/m2)	630	580	650
H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB																																	
Temperature (°C)	29,4	27,9	28,3																																	
H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB																																	
Wind Speed (m/s)	3,5	2,2	0,8																																	
H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB																																	
Humidity (%)	57	65	62																																	
H/W	L1 HW 1 TB	L1 HW3 TB	L1 HW6 TB																																	
Solar Radiation (Watt/m2)	630	580	650																																	



Tabel 4.22 Kondisi Termal pada Konfigurasi Pola Pararel

Pararel	Temperatur (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Intesitas Radiasi Matahari (Watt/m ²)																																
U2 -TB	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Temp (°C)</th></tr> <tr><td>1</td><td>29,6</td></tr> <tr><td>3</td><td>28,8</td></tr> <tr><td>6</td><td>28,7</td></tr> </table>	HW	Temp (°C)	1	29,6	3	28,8	6	28,7	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Wind Speed (m/s)</th></tr> <tr><td>1</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>3</td><td>7,4</td></tr> <tr><td>6</td><td>8,2</td></tr> </table>	HW	Wind Speed (m/s)	1	6,2	3	7,4	6	8,2	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Humidity (%)</th></tr> <tr><td>1</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>62</td></tr> <tr><td>6</td><td>62</td></tr> </table>	HW	Humidity (%)	1	60	3	62	6	62	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Solar Radiation (Watt/m²)</th></tr> <tr><td>1</td><td>640,2</td></tr> <tr><td>3</td><td>640,4</td></tr> <tr><td>6</td><td>640,9</td></tr> </table>	HW	Solar Radiation (Watt/m²)	1	640,2	3	640,4	6	640,9
HW	Temp (°C)																																			
1	29,6																																			
3	28,8																																			
6	28,7																																			
HW	Wind Speed (m/s)																																			
1	6,2																																			
3	7,4																																			
6	8,2																																			
HW	Humidity (%)																																			
1	60																																			
3	62																																			
6	62																																			
HW	Solar Radiation (Watt/m²)																																			
1	640,2																																			
3	640,4																																			
6	640,9																																			
U2 -US	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Temp (°C)</th></tr> <tr><td>1</td><td>29,0</td></tr> <tr><td>3</td><td>28,3</td></tr> <tr><td>6</td><td>28,3</td></tr> </table>	HW	Temp (°C)	1	29,0	3	28,3	6	28,3	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Wind Speed (m/s)</th></tr> <tr><td>1</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>3</td><td>2,4</td></tr> <tr><td>6</td><td>2,2</td></tr> </table>	HW	Wind Speed (m/s)	1	1,6	3	2,4	6	2,2	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Humidity (%)</th></tr> <tr><td>1</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>65</td></tr> <tr><td>6</td><td>66</td></tr> </table>	HW	Humidity (%)	1	60	3	65	6	66	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Solar Radiation (Watt/m²)</th></tr> <tr><td>1</td><td>640,4</td></tr> <tr><td>3</td><td>640,0</td></tr> <tr><td>6</td><td>400,5</td></tr> </table>	HW	Solar Radiation (Watt/m²)	1	640,4	3	640,0	6	400,5
HW	Temp (°C)																																			
1	29,0																																			
3	28,3																																			
6	28,3																																			
HW	Wind Speed (m/s)																																			
1	1,6																																			
3	2,4																																			
6	2,2																																			
HW	Humidity (%)																																			
1	60																																			
3	65																																			
6	66																																			
HW	Solar Radiation (Watt/m²)																																			
1	640,4																																			
3	640,0																																			
6	400,5																																			
L2 -TB	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Temp (°C)</th></tr> <tr><td>1</td><td>29,7</td></tr> <tr><td>3</td><td>28,9</td></tr> <tr><td>6</td><td>29,1</td></tr> </table>	HW	Temp (°C)	1	29,7	3	28,9	6	29,1	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Wind Speed (m/s)</th></tr> <tr><td>1</td><td>7,3</td></tr> <tr><td>3</td><td>8,2</td></tr> <tr><td>6</td><td>7,3</td></tr> </table>	HW	Wind Speed (m/s)	1	7,3	3	8,2	6	7,3	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Humidity (%)</th></tr> <tr><td>1</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>63</td></tr> <tr><td>6</td><td>65</td></tr> </table>	HW	Humidity (%)	1	60	3	63	6	65	<table border="1"> <tr><th>HW</th><th>Solar Radiation (Watt/m²)</th></tr> <tr><td>1</td><td>640,2</td></tr> <tr><td>3</td><td>640,4</td></tr> <tr><td>6</td><td>640,9</td></tr> </table>	HW	Solar Radiation (Watt/m²)	1	640,2	3	640,4	6	640,9
HW	Temp (°C)																																			
1	29,7																																			
3	28,9																																			
6	29,1																																			
HW	Wind Speed (m/s)																																			
1	7,3																																			
3	8,2																																			
6	7,3																																			
HW	Humidity (%)																																			
1	60																																			
3	63																																			
6	65																																			
HW	Solar Radiation (Watt/m²)																																			
1	640,2																																			
3	640,4																																			
6	640,9																																			



4.1 Rangkuman Analisa

4.9.1 Kesimpulan Hasil Pola Bayangan pada Setiap Konfigurasi Pola Massa Bangunan

Perbandingan nilai H/W dan orientasi jalan dan bangunan sangat menentukan hasil persentase bayangan yang dapat mempengaruhi kondisi termal. Dari hasil simulasi dari ke-tiga puluh enam pola massa bangunan sebelumnya menunjukkan bahwa:

- Pola bujur sangkar pada tipe U, orientasi yaitu Timur-Barat menghasilkan persentase pembayangan lebih besar pada nilai $H/W \leq 6$. Sedangkan pada pola paralel, persentase pembayangan lebih besar didapatkan pada orientasi Timur-Barat di nilai $H/W=3$.
- Pada pola bujur sangkar tipe L, orientasi Utara-Selatan menghasilkan persentase pembayangan lebih besar pada tiap rasio H/W. Sedangkan pada pola paralel, persentase pembayangan lebih besar didapatkan pada orientasi Timur-Barat di nilai $H/W=1$.
- Pada tipe K1, nilai $H/W=6$ pada Timur-Barat memiliki persentase pembayangan yang paling tinggi sedangkan pada orientasi Utara-Selatan persentase tertinggi terdapat pada rasio $H/W=1$. Pada pola paralel, persentase pembayangan terbanyak diperoleh pada orientasi Timur-Barat dengan nilai $H/W=1$.

Hal ini serupa dengan Johansson (2006) yang menyatakan pada penelitiannya bahwa untuk menghasilkan pembayangan yang baik pada orientasi Timur-Barat membutuhkan setidaknya $H/W \geq 4$ dan untuk orientasi Utara-Selatan membutuhkan minimal $H/W \leq 2$ dan juga Febriasti (2017) yang menyatakan perbandingan H/W besar dengan orientasi jalan menghadap Utara-Selatan akan menghasilkan bayangan yang lebih baik dibandingkan dengan yang menghadap Timur-Barat.

4.9.2 Kesimpulan Hasil Kondisi Termal pada Setiap Konfigurasi Pola Massa Bangunan

Dari perbandingan ke-empat elemen iklim pada setiap pola massa bangunan dapat disimpulkan bahwa temperatur udara diidentifikasi sebagai parameter yang cukup penting untuk melihat kecenderungan dalam perubahan kondisi termal dari tiap pola massa bangunan. Dari ke-tiga puluh enam pola massa bangunan, pola bujur sangkar tipe dengan orientasi Timur-Barat dan $H/W=6$, merupakan tipe pola massa bangunan yang menunjukkan temperatur lebih rendah dibanding dengan tipe lainnya. Hal ini sejalan dengan Rose (2011) yang menunjukkan bahwa peningkatan aspek rasio bangunan (H/W) / geometri jalan dan persentase area terbangun dapat secara signifikan menurunkan kondisi termal pada siang hari.

Sedangkan temperatur yang lebih tinggi terdapat di pola paralel pada nilai $H/W=1$ dengan orientasi Utara-Selatan. Pola paralel dengan rasio H/W ini memiliki penutup lahan buatan (paving) sebesar $\pm 71\%$ di tiap tipe, serta rasio H/W yang rendah sehingga mengakibatkan penyerapan radiasi matahari relatif besar dan penyimpanan panas pada permukaan lahan juga relatif besar meskipun perolehan bayangan juga relatif besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Johansson (2006) yang menyatakan bahwa nilai H/W yang rendah mengakibatkan peningkatan temperatur udara.

Dilihat secara pengkondisian tiap pola massa bangunan, kesimpulan persentase dan peningkatan kondisi termal di ruang luar akibat modifikasi konfigurasi massa bangunan dan bayangan yang dihasilkannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada pengkondisian tipe U. Pola bujur sangkar lebih efektif dalam menurunkan kondisi termal di ruang luar dengan nilai $H/W \geq 1$ ($H/W=3$ dan $H/W=6$) dan pola bayangan terbesar terdapat pola bujur sangkar pada nilai $H/W = 1$ sebesar $\pm 19\%$ dengan orientasi Timur-Barat. Sedangkan pada pola paralel diperlukan H/W minimal 6 untuk dapat menurunkan suhu udara di ruang luar dengan orientasi jalan Timur-Barat.
- Pada pengkondisian tipe L. Pola bujur sangkar lebih efektif dalam menurunkan kondisi termal di ruang luar dengan nilai $H/W \geq 1$ ($H/W=3$ dan $H/W=6$) dan pola bayangan terbesar terdapat pola bujur sangkar pada orientasi Utara-Selatan di setiap rasio H/W . Sedangkan pada pola paralel diperlukan H/W

minimal 6 untuk dapat menurunkan suhu udara di ruang luar dengan orientasi Utara-Selatan.

- Pada pengkondisian tipe □ . Pola bujur sangkar dan paralel sama-sama memiliki penurunan kondisi lingkungan yang lebih efektif dengan nilai H/W minimal 6 baik pada orientasi Timur-Barat ataupun Utara-Selatan. Pola bayangan terbesar terdapat pola paralel rasio H/W=6 sebesar 16% dengan orientasi Timur-Barat

4.9.3 Pengaruh Variabel Bebas terhadap Kondisi Lingkungan Termal Ruang Luar Apartemen

Berdasarkan penjelasan analisa sebelumnya untuk menjawab pertanyaan penelitian pertama, yaitu pengaruh penataan massa bangunan apartemen dan pola pembayangan dihasilkannya terhadap kondisi termal di ruang luarnya. Ditinjau dari aspek pengaruh komponen lahan terhadap kondisi termal tidak terlepas dari proses penyerapan dan pelepasan panas serta sifat termal propertis dari masing-masing penutup lahan. Setiap material memiliki karakteristik yang berbeda dalam penyerapan dan pelepasan panas tersebut.

Menurut Lipssmeier (1997), beton / paving memiliki nilai penyerapan sebesar 60-70% dan pemantulan sebesar 40-30%. Arnfield (2003) dalam Johansson, 2006 mendeskripsikan bahwa sifat termal dan radiasi dari komponen penutup lahan sangat mempengaruhi iklim perkotaan. Namun proses penyerapan dan pelepasan panas juga tidak terlepas dari pengaruh geometri (H/W) yang berpengaruh pada seberapa luas permukaan penutup lahan dalam menerima intensitas radiasi matahari.

Sehingga dapat disimpulkan komponen penutup lahan tidak dapat berdiri sendiri dalam mempengaruhi kondisi termal di ruang luar, yang artinya perlu saling terkait antar parameter desain lainnya, seperti orientasi jalan, pola massa bangunan, perbandingan nilai H/W dan pola pembayangan yang juga berbeda-beda dalam mempengaruhi kondisi termal.

- Orientasi Jalan

Orientasi jalan yang cenderung berorientasi pada Utara-Selatan memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap penurunan temperatur udara. Orientasi jalan Utara-Selatan ini berpotensi lebih baik dalam menghasilkan persentase bayangan yang lebih luas pada pola paralel, sehingga dapat menurunkan temperatur dan kelembaban udara pada daerah yang tidak terbayangi, namun orientasi ini tidak menguntungkan dalam perolehan angin. Jadi perlu diperhatikan perbandingan nilai H/W, hal ini terkait dengan mendapatkan persentase pembayangan yang luas. Sesuai dengan Emanuel dkk (2007) menjelaskan bahwa orientasi dan nilai H/W merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perolehan pembayangan.

Ali-Toudert dan Mayer (2007) menjelaskan bahwa untuk orientasi Utara-Selatan dengan nilai H/W yang cukup tinggi menguntungkan dalam menurunkan temperatur udara, dibandingkan dengan orientasi Timur-Barat dengan nilai H/W kecil, namun pada daerah tropis orientasi Barat-Timur ini menguntungkan dalam perolehan kecepatan angin, karena pada umumnya arah angin cenderung dari arah Timur dan Barat.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa orientasi jalan merupakan faktor penting dalam memberikan perolehan kecepatan angin dan persentase pembayangan. Perolehan kecepatan angin di suatu tipe pola massa bangunan sangat dipengaruhi oleh penataan peletakan bangunan dengan arah datang angin. Hal ini berkaitan dengan kecepatan angin yang dapat mereduksi kelembaban udara. Karena seperti diketahui di daerah tropis lembab, kelembaban udara sangat tinggi dan kecepatan angin rendah, sehingga perlu adanya untuk mengoptimalkan kecepatan angin pada pola massa bangunan sehingga dapat mengurangi kelembaban udara dan menciptakan kenyamanan termal di ruang luar. Ahmed (2003) menjelaskan bahwa dengan tingginya kecepatan angin dapat menghapus kelembaban udara.

- Pola Massa Bangunan

Pola massa bangunan sangat berpengaruh terhadap peningkatan temperatur udara, dimana pola penataan bangunan bujur sangkar dapat mempengaruhi peningkatan temperatur dan kelembaban udara dibandingkan dengan pola bangunan paralel. Hal ini juga dipengaruhi penurunan kecepatan angin pada pola massa bangunan bujur sangkar dibandingkan dengan pola bangunan paralel.

Teleghani (2015) menjelaskan bahwa *urban form* mempengaruhi durasi intensitas radiasi matahari langsung, dengan demikian menunjukkan bahwa pola massa bangunan ini juga perlu memperhatikan konfigurasi lansekap lainnya seperti orientasi jalan dan nilai H/W yang berpengaruh dalam mengontrol penerimaan intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin.

- Perbandingan Nilai H/W

Semakin besar nilai H/W menunjukkan penurunan temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas radiasi matahari. Sebaliknya semakin kecil nilai H/W menunjukkan peningkatan temperatur udara. Sesuai dengan penelitian Johansson (2006) yang menjelaskan peningkatan dan penurunan nilai H/W berpengaruh [ada peningkatandan penurunan temperatur udara. Sehingga dapat disimpulkan orientasi jalan dan pola massa bangunan tetap perlu memperhatikan nilai H/W, dimana parameter-parameter desain ini akan berpengaruh pada perolehan bayangan, kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, dan temperatur udara.

- Pola Pembayangan

Persentase bayangan yang dihasilkan setiap waktu berbeda-beda dalam mempengaruhi kondisi termal ruang luar apartemen di tiap pola massa bangunan. Pada pagi hari, pukul 08.00 menunjukkan bahwa semakin besar persentase bayangan yang dihasilkan dapat menurunkan perolehan kecepatan angin, sehingga dapat meningkatkan temperatur udara dan kelembaban udara kerana pada pagi hari disertai dengan peningkatan intensitas radiasi matahari. Berbeda dengan nilai persentase yang dihasilkan pada pukul 16.00, dimana pada pukul itu peningkatan nilai persentase bayangan dapat menurunkan temperatur udara dan menaikkan kelembaban udara. Hal ini bisa dipengaruhi oleh karena pada saat sore hari, penerimaan intensitas radiasi matahari mulai berkurang sehingga pembayangan yang ada sangat membantu menurunkan temperatur udara. Sementara pada siang hari dengan pembayang yang sangat kecil sekali, ditambah dengan intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi, maka diperlukan adanya peningkatan pola bayangan

yang baik dibutuhkan pada pukul 10.00 – 14.00 untuk membantu menurunkan kondisi termal di ruang luar.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan bayangan yang tepat untuk dapat menurunkan temperatur udara dari bangunan perlu dipertimbangkan parameter desain lainnya, seperti orientasi jalan, pola massa bangunan, dan perbandingan nilai H/W.

Berdasarkan hasil analisa di setiap parameter desain dari pola massa bangunan apartemen, memiliki karakteristik tersendiri dalam mempengaruhi kondisi lingkungan termal ruang luar bangunan apartemen. Dengan kata lain antara parameter desain tersebut juga saling mempengaruhi. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem termal ruang luar bangunan apartemen dipengaruhi oleh beberapa parameter desain, yaitu sebagai berikut:

- Kondisi temperatur udara. Peningkatan temperatur udara lebih dipengaruhi oleh komponen penutup lahan area bangunan apartemen dimana pada penelitian ini penutup lahan hanya berupa bangunan apartemen dan paving, tetapi penurunan temperatur udara lebih dipengaruhi oleh orientasi jalan, nilai H/W dan pola pembayangan. Hal ini berlaku untuk daerah yang terbayangi dan tidak terbayangi.
- Kondisi kecepatan angin. Peningkatan perolehan kecepatan angin lebih dipengaruhi oleh perbandingan nilai H/W dan pola penataan massa bangunan.
- Kondisi intensitas radiasi matahari cenderung dipengaruhi oleh komponen penutup lahan area bangunan apartemen, orientasi jalan dan pola massa bangunan.

Dapat disimpulkan bahwa antar parameter desain tersebut (Pola massa bangunan, nilai H/W, dan pembayangan) tidak secara terpisah dalam mempengaruhi kondisi lingkungan termal di ruang luar bangunan apartemen. Artinya adanya peran pola massa bangunan sebagai pembayangan dan pematang intensitas radiasi matahari terhadap kondisi termal di ruang luarnya terjawab. Namun, untuk melihat bagaimana dan parameter desain (konfigurasi pola massa bangunan serta pembayangan yang dihasilkan) yang paling dominan

dalam mempengaruhi sistem lingkungan termal di ruang luar sehingga tercapai optimasi konfigurasi massa bangunan apartemen yang memungkinkan ketertutupan yang lebih baik sebagai bentuk pembayangan dalam mengurangi suhu lingkungan akan dijelaskan dibawah ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Karakteristik konfigurasi serta pembayangan pola massa bangunan apartemen di ruang luar diperoleh dengan menggunakan metode eksperimen dengan bantuan simulasi komputer. Bangunan apartemen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tower dengan bentuk tipologi bangunan berupa U, L, dan □ dengan ketinggian bangunan 20 lantai. Digunakan 2 pola massa bangunan berupa pola paralel (memanjang) dan bujur sangkar (memusat) dengan memperhatikan bentuk geometri berupa rasio tinggi dan lebar jalan (H/W), serta orientasi sebagai variabel bebas, dimana pada penelitian ini digunakan 3 nilai rasio H/W yaitu H/W=1, H/W=3, dan H/W=6 serta arah Orientasi Timur-Barat dan Utara-Selatan. Keseluruhan penutup lahan pada model simulasi hanya berupa bangunan dan *paving block* untuk memfokuskan bayangan yang dimaksud hanya berasal dari bangunan massif tanpa memperhatikan faktor eksternal lainnya berupa vegetasi.

Hasil analisa menunjukkan bahwa pembayangan dan paparan sinar matahari merupakan faktor yang paling penting dalam mempengaruhi kondisi termal ruang luar pada pola massa bangunan baik bujur sangkar ataupun paralel. Bidang bayangan yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya sudut ketinggian matahari atau altitude berdasarkan tanggal, bulan dan waktu siang hari dengan besaran sudut berkisar antara 0° hingga 90°. Pada penelitian ini waktu pengukuran dilakukan pada bulan terpanas yaitu bulan Oktober dengan minimum temperatur sebesar 23,5°C dan maksimum sebesar 35,1°C.

Pengaruh rasio H/W baik pada konfigurasi pola paralel dan bujur sangkar yang paling efektif menurunkan suhu lingkungan adalah rasio dengan nilai H/W=6, dimana pada rasio ini penerimaan radiasi matahari cenderung sedikit dikarenakan lebar jalan yang tidak terlalu lebar sehingga pola bayangan cenderung mengelompok dan merata pada area koridor rasio H/W=6 meskipun presentase pembayangan cenderung sedikit.

Untuk pola massa bangunan dengan tipe U, rasio nilai H/W yang paling efektif dalam menurunkan kondisi termal di ruang luar adalah rasio H/W dengan nilai 6. Hal yang sama terjadi pada pola paralel dengan tipe L, dimana rasio H/W yang mampu memberikan kondisi termal ruang luar yang lebih baik dalam menurunkan temperatur adalah rasio dengan nilai H/W=6 sedangkan pada pola bujur sangkar rasio H/W yang paling efektif dalam menurunkan kondisi termal ruang luar adalah H/W dengan nilai 3. Pada pola massa bangunan tipe □, rasio H/W yang paling efektif dalam menurunkan kondisi termal di ruang luar adalah rasio dengan nilai H/W=6 dengan orientasi Utara-Selatan baik pada pola paralel ataupun bujur sangkar. Sebagaimana Johansson (2006) dan Emmanuel dkk (2007) menjelaskan adanya pengaruh signifikan nilai H/W terhadap penerimaan panas dan lingkungan termal di ruang luar. Hal ini terkait dengan temuan bahwa nilai H/W dan orientasi jalan merupakan faktor yang fundamental pada parameter desain dalam menghasilkan presentase pembayang dan pergerakan aliran angin (arah angin dan kecepatan angin). Kedua faktor ini merupakan harus saling berhubungan untuk dapat menciptakan suhu lingkungan yang baik di ruang luar.

Pada pengaruh orientasi jalan di setiap pola massa bangunan, orientasi Utara-Selatan memiliki dampak yang besar terhadap kondisi termal ruang luar pada tipe U baik di pola bujur sangkar ataupun paralel terutama pada rasio nilai H/W tinggi. Hal yang sama juga terlihat pada pola bujur sangkar tipe □ dan pola paralel pada tipe L. Hal ini sejalan dengan teori dimana orientasi Timur-Barat memiliki tingkat temperatur udara lebih tinggi dibandingkan orientasi Utara-Selatan, karena orientasi ini lebih banyak terkena paparan radiasi matahari, namun menguntungkan dalam perolehan kecepatan angin dimana arah angin memang lebih banyak berasal dari arah Timur. Namun pada pola bujur sangkar tipe L dengan $H/W=3$ orientasi Timur-Barat lebih efektif menurunkan suhu lingkungan dikarenakan persentase bayangan yang cukup tinggi pada konfigurasi ini. Sebagaimana Johansson (2006) menjelaskan untuk menghasilkan pembayangan yang baik pada orientasi Timur-Barat dibutuhkan setidaknya $H/W \geq 4$ dan untuk orientasi Utara-Selatan membutuhkan minimal $H/W \leq 2$ di daerah Tropis. Namun untuk orientasi jalan Utara-Selatan perlu memperhatikan

kerapatan antar bangunan untuk mempertimbangkan perolehan pembayangan dan kecepatan angin. Khususnya karena daerah tropis lembab seperti Surabaya, Indonesia, arah datang angin cenderung berasal dari arah Timur.

Berdasarkan hasil analisa di atas, penjelasan mengenai pengaruh pola massa bangunan dan pembayangan terhadap kondisi termal di ruang luar, adalah sebagai berikut:

- Nilai H/W dan orientasi jalan memiliki hubungan yang paling signifikan terhadap penurunan dan kenaikan termal di urang luar terkait dengan penerimaan radiasi matahari, arah angin dan kecepatan angin.
- Pada hasil simulasi dari ke tiga puluh enam pola massa bangunan menunjukkan kondisi temperatur yang rendah pada daerah yang terbayangi pada peningkatan nilai H/W yang berorientasi Timur-Barat. Hal ini dikarenakan pada orientasi jalan Timur-Barat memiliki arah jalan yang menguntungkan dalam perolehan kecepatan angin karena searah dengan arah datang angin.
- Pada pola massa bangunan paralel di jalan yang berorientasi Utara-Selatan perlu peningkatan nilai H/W untuk dapat meningkatkan presentase bayangan yang dihasilkan oleh bangunan. Namun perlu diperhatikan kerapatan antar bangunan untuk mempertimbangkan perolehan kecepatan angin. Khususnya di kota Surabaya dengan arah datang angin yang cenderung berasal dari Timur atau Barat.

Sehingga secara keseluruhan penjelasan di atas, parameter desain yang paling signifikan mempengaruhi kondisi termal di ruang luar apartemen adalah sebagai berikut:

- Adanya keterkaitan antara paratemer desain seperti orientasi jalan, pola massa bangunan, perbandingan nilai H/W, dan pembayangan yang juga berbeda-beda dalam mempengaruhi kondisi termal. Komponen penutup lahan lebih mempengaruhi pada proses penyerapan dan pelepasan panas dari masing-masing komponen penutup lahan.

- Konfigurasi berupa orientasi jalan dan nilai H/W terkait dalam penerimaan radiasi matahari secara langsung, perolehan bayangan, temperatur udara dan kecepatan angin.

Dari hasil penelitian tersebut, beberapa kesimpulan tentang kondisi termal ruang luar akibat konfigurasi pola massa bangunan dan bayangan yang dihasilkannya sebagai jawaban atas permasalahan dengan mengacu pada tujuan penelitian, dimana konfigurasi pola massa bangunan berpengaruh pada peningkatan dan penurunan termal ruang luar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pola Massa Bangunan.
Pola bujur sangkar lebih efektif baik dalam menurunkan kondisi termal di ruang luar maupun dalam mendapatkan prosentase pembayangan dibandingkan dengan pola paralel di tiap tipe tipologi apartemen. Adapun hasil yang berbeda terjadi pada tipe □ dimana pada pola paralel dan bujur sangkar dengan nilai H/W minimal 6 memiliki penurunan suhu lingkungan yang efektif apabila memiliki orientasi Utara-Selatan.
- Nilai H/W
Nilai $H/W \geq 1$ ($H/W=3$ dan $H/W=6$) lebih efektif baik dalam mendapatkan pembayangan rapat dan mengelompok maupun menurunkan kondisi termal di ruang luar pada semua tipe tipologi dan pola massa bangunan. Kondisi khusus terjadi pada pola paralel dimana diperlukan H/W minimal 6 untuk dapat menurunkan suhu udara di ruang luar dengan orientasi Utara-Selatan.
- Orientasi
Orientasi Timur-Barat lebih efektif baik dalam mendapatkan persentase pembayangan yang besar maupun menurunkan kondisi termal di ruang luar pada semua tipe tipologi dan pola massa bangunan. Pada pengkondisian tipe □. Pola bujur sangkar dan paralel sama-sama memiliki penurunan kondisi lingkungan yang lebih efektif dengan nilai H/W minimal 6 baik pada orientasi Timur-Barat ataupun Utara-Selatan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil rangkuman di atas pengoptimalan pola massa bangunan yang mampu memberikan ketertutupan untuk menurunkan suhu lingkungan di ruang luar dibutuhkan 3 parameter desain yaitu perbandingan nilai H/W, bentuk geometri bangunan dan orientasi jalan, dengan demikian penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya berupa kondisi termal di ruang luar apartemen.

Untuk penelitian lebih lanjut, terkait karakteristik pola massa bangunan dan pembayangan dapat lebih jelas dengan menambahkan detail karakteristik menggunakan elemen penutup lahan alami. Penambahan karakteristik ini memberikan penjelasan perhitungan presentase pembayangan oleh pohon dan pengaruhnya terhadap kondisi termal. Selain itu, dengan menambahkan detail nilai H/W dan orientasi yang lebih varian mampu memberikan penambahan hasil yang lebih detail tentang penjelasan presentase pembayangan yang dihasilkan oleh bangunan terutama apartemen.

Usulan penelitian selanjutnya dapat diteliti kondisi lingkungan termal ruang luar dengan tempat atau area lansekap yang lebih varian sehingga dapat dilakukan penelitian di kota atau daerah tropis lembab lainnya. Dengan harapan apakah hasil yang di dapat di kota Surabaya bisa di terapkan di kota tropis lembab lainnya, sehingga bisa lebih digeneralisasi untuk kondisi lingkungan lainnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan (1993), Kamus Besar Bahasa Indonesia, Balai Pustaka, Jakarta.
- Ahmed, Khandaker Shabbir,. (2003), “Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments”, *Energy and Buildings*, Vol.35, Hal. 103–110
- Akmal, Imelda (2007), Menata Apartemen, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ali-Toudert, F. – Mayer, H. (2007). “Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons”, *Solar Energy*, Vol. 81, Hal.742–754
- Arnfield, A. (2003), *Two Decades of Urban Climate Research: a Review of Turbulence Exchanges of Energy and Water and The Urban Heat Island*, International Journal of Climatology, Vol. 21 Issue 1 pages 1-26.
- Ahikawa, Yoshinobu (1974). Merancang Ruang Luar, PT. Dian Surya, Surabaya
- Bruse, M., M. Bürger, A. Bohnstedt, A. Ihde, K. Jesionek, E. Lahme, (2002). “Measurements and model simulations in WP MICRO Ruhr-University Bochum, Institute of Geography, Research Group”
- Bruse, M. (2003) <http://envi-met.com/>
- Bruse, M., (2006). “ENVI-met 3 – a three dimensional microclimate model”. Ruhr University at Bochum,
- Ching, Francis D. K. (2012), *Architecture: Form, Space, and Order*, John Wiley & Sons, Washington, Seattle.
- Dotulong, Alex Lexi W.H. (2008), Pengaruh Pembayangan Massa Bangunan Terhadap Radiasi Panas Matahari Di Ruang Terbuka Kawasan Tropis Yang Terletak Pada Garis Lintang 7°LS, Vol 3, No. 1, hal 1-11.
- Emmanuel, Rohinton (1997), *Summertime Heat Island Effect of Urban Design Parameters*, Ph.D. dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, USA.
- Emmanuel, R., Rosenlund, H., Johansson, E., (2007), “Urban Shading – a design option for the Tropics? A Study in Colombo, Sri Lanka”, *International Journal Of Climatology*, Vol.27.
- Fanger, P. Ole (1970), *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*, Danish Technical Press, Copenhagen.
- Givoni, Baruch. (1998), *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Golany, Gideon S (1995), *Ethics and Urban Design: Culture, Form, and Environment*, Jhon Wiley & Sons, New York.
- Harisdani, Devin D. (2004), Sejarah dan Tinjauan Umum Bangunan Bertingkat Tinggi, Thesis, Universitas Sumatera Utara.
- Harold, Reeve S. Dan Ramsey, George C. (1985), *Architectural Graphic Standards fo Architects, Engineers, Decorators, Builders, and Draftsmen*, John Willey & Sons, Inc, New York.
- Hough, M (1973), *City Form and Natural Processes*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Jae K, Shim, Joel G, Siegel, dan Stephen W, Hartman (1996), *Dictionary of Real Estate*, J. Wiley, Michigan.

- Johansson, Erik (2006), *Urban Design and Outdoor Thermal Comfort in Warm Climates Studies in Fez and Colombo*, Grahns Tryckeri AB, Lund, Sweden.
- Juwana, Jimmy S (2005), *Paduan Sistem Bangunan Tinggi Untuk Arsitek dan Praktisi*, Erlangga, Jakarta.
- Lechner, Robert (2011), *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*, Wiley, University of Michigan.
- Lippsmeier, Georg (1994), *Bangunan Tropis* (terj.), Erlangga, Jakarta.
- Lynch, Kevin and Hack, Gary (1984), *Site Planning – 3rd ed.*, MIT Press, Cambridge.
- Markus, T.A & Morris, E.N (1980), *Building, Climate and Energy*, Pitman Publisher, London.
- Marsh, William M., (1991), *Landscape Planning: Environmental Applications – 2nd ed.*, John Wiley and Sons, New York.
- Pagalla, Apriany Griffin (2013), *Visualiasasi Pola Pembayangan pada Sentra Niaga Swarga Bara di Sangatta, Kalimantan Timur*, Universitas Brawijaya.
- Prianto, Eddy (2007), *Rumah Tropis Hemat Energi Keperdulian Global Warming*, Jurnal RIPTEK Vol.1 No.1 Nopember 2007, Pemerintah Kota Semarang.
- Purnomo, Agus.B. (2003), *Pengaruh Bayangan Bangunan dan Vegetasi pada Suhu Udara di Kampus A, Universitas Trisakti*, Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur, Vol. 31, No. 2, hal 152-157.
- Rapoport, A (1977), *Human Aspect of Urban Form*, Oxford Pergamon Press, London.
- Robinette, G.O. (1973), *Landscape Planning for Energy Conservation*, ed, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Rose, Lilly., Horison, Ebin., Venkatachalam, Lavanya J., (2011), “*Influence Of Built Form on The Thermal Comfort of Outdoor Urban Spaces*”, *The 5th International Conference of the International Forum on Urbanism (IfoU)*, National University of Singapura.
- Roselund, Hans (2000), *Climate Design of Building using Passive Technique*, Building issues No.01, Vol 10, LCHS Lund University, Lund Sweden.
- Sangkertadi (1994), *Contribution a l’Etude du Comportement Thermoaureulique des Batiments en Climat Tropical Humide. Prise en Compte de la Ventilation Naturelle dans l’Evaluation du Confort*, These de Doctorat, INSA de Lyon,
- Sangkertadi, Syafriny (2012), *Perumusan Persamaan Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*, Laporan Penelitian Tahun ke II, Penelitian Fundamental, Ditjen Pendidikan Tinggi, Kemdikbud
- Samuel Paul, Reinhold (1987), *Apartment: Their Designs and Development*, Pub. Co., New York.
- Santosa, Mas (2000), *Pendaerahan Termal (Thermal Zoning) untuk Optimasi Pendinginan Pasif*, Majalah IPTEK Vol. 11 No. 2-Mei 2000/hal 60-68.
- Satwiko, Prasasto (2004), *Fisika Bangunan 1*, Andi, Yogyakarta.
- Seon-Yeong Jeong dan Seong-Hwan Yoon (2012), *Method to Quantity the Effect of Apartment Housing Design Parameters on Outdoor Yhermal Comfort in Summer*, *Building and Environment*, Vol. 53 hal 150-158.
- Soetiadji, Setyo (1986), *Mengenai Berbagai Bentuk*, Rosda Jaya Putra, Jakarta.

- Spreiregen, Paul D. (1965), *Urban Design: The Architecture of Towns and Cities*, McGraw-Hill, Michigan.
- Szokolay, S.V (1980), *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*, The Construction Press, Lancaster.
- Szokolay, S.V (1987), *Thermal Design of Buildings*, RAIA Education Division, Canberra.
- Szokolay, S.V (2008), *Intruduction to Architectural Science: The Basis for Sustainable Design, 2nd Edition*, Architectural Press, London.
- Taleghani, Mohammad., Kleerekoper, Laura., Tenpierik, Martin., Dobbelsteen, Andy van den., (2015), "Outdoor Thermal Comfort within Five Different Urban Form in the Netherlands", *Building and Environment*, Hal 1-14.
- Veronika Widi Prabawasari dan Agus Suparman (1999), *Tata Ruang Luar 01*, Gunadarma, Jakarta.
- Wardoyo, Jono (2002), *Pola Bayangan pada Tatanan Bangunan Tradisional*, Thesis, Universitas Diponegoro.
- Widiyananto, Eka. (2013), *Pengaruh Pola Bayangan Terhadap Suhu Permukaan Ruang Luar di Perumahan Taman Cipto Cirebon*, *Jurnal Teodolita*, Vol. 14, No. 2, hal 24-35.
- [http://nasional.news.viva.co.id/news/read/144594-pemkot-surabaya-inginkan-hutan-apartemen-pada-tanggal-12-juni-2014:](http://nasional.news.viva.co.id/news/read/144594-pemkot-surabaya-inginkan-hutan-apartemen-pada-tanggal-12-juni-2014)

Lampiran 1

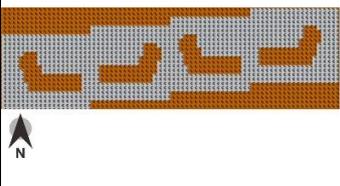
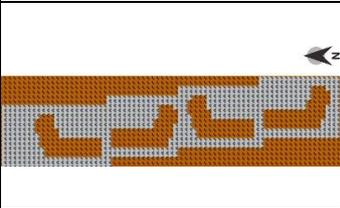
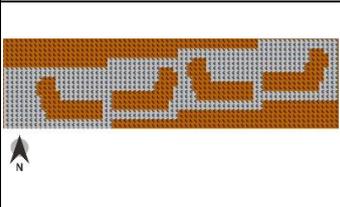
Tabel 1. Desain Eksperimen pada Tipologi U

Model Eksperimen						Kode	Tipologi	Pola Massa Bangunan	Rasio H/W	Orietasi	Gambar
						U1 HW1 TB	U	Bujur Sangkar	1	Timur-Barat	
						U1 HW1 US				Utara-Selatan	
						U1 HW3 TB				Timur-Barat	
						U1 HW3 US				Utara-Selatan	
						U1 HW6 TB				Timur-Barat	
						U1 HW6 US				Utara-Selatan	

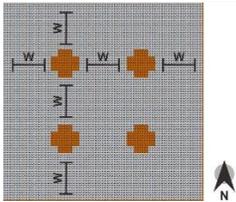
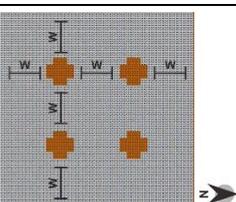
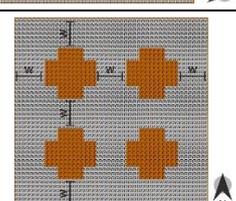
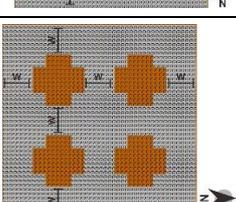
Model Eksperimen		Tipologi	Pola Massa Bangunan	Rasio H/W	Orientasi	Gambar			
Kode									
U2 HW6 US	U2 HW6 TB	Pararel							
							1	Timur-Barat	
								Utara-Selatan	
							3	Timur-Barat	
								Utara-Selatan	
							6	Timur-Barat	
Utara-Selatan									

Tabel. 1.1 Desain Eksperimen pada Tipologi L

Model Eksperimen	Kode	Tipologi	Pola Massa Bangunan	Rasio H/W	Orietasi	Gambar
L1 HW1 TB	U	Bujur Sangkar		1	Timur-Barat	

L2 HW6 US	L2 HW6 TB	L2 HW3 US			6	Utara-Selatan	
						Timur-Barat	
						Utara-Selatan	

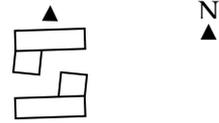
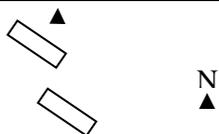
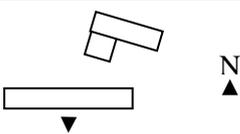
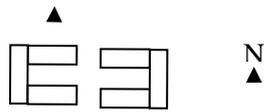
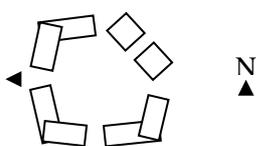
Tabel. 1.2 Desain Eksperimen pada Tipologi □

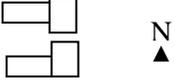
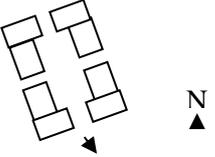
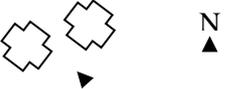
Model Eksperimen				Tipologi	Pola Massa Bangunan	Rasio H/W	Orientasi	Gambar	
Kode	K1 HW1 US	K1 HW1 TB	K1 HW3 US						
				□	Bujur Sangkar	1	Timur-Barat		
							Utara-Selatan		
							3	Timur-Barat	
								Utara-Selatan	

L2 HW6 US	L2 HW6 TB	L2 HW3 US	L2 HW3 TB	L2 HW1 US	L2 HW1 TB	K1 HW6 US	K1 HW6 TB									
Pararel																
								6	Timur-Barat							
									Utara-Selatan							
									1	Timur-Barat						
										Utara-Selatan						
									3	Timur-Barat						
										Utara-Selatan						
								6	Timur-Barat							
									Utara-Selatan							

Lampiran 2

Tabel 2.1 Contoh Tipologi dan Besar Luasan Apartemen di Surabaya.

Cod. Apt	Bentuk dan Massa Bangunan	Tinggi Bangunan (T)	Lebar Jalan Antar Bangunan (W)	Luasan Lahan
A		60 m	19 m	8000 m ²
B		114 m	18 m	12.540 m ²
C		60 m	23 m	8.565 m ²
D		108 m	18 m	8.595 m ²
E		60 m	15 m	15.200 m ²
F		- Bangunan L = 108 m - Bangunan Tower = 48 m	- Bangunan L = 15 m - Antar bangunan Tower = 21 m	2,2 ha

G		93 m	8 m	9,882 m ²
H		90 m	7 m	1,4 ha
I		90 m	20 m	143.000 m ²
J		60 M	26 m	8.595 m ²

Sumber : peneliti

BIODATA PENULIS

Iris Sean Beatrice, ST. lahir di Surabaya, 9 April 1990. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDK Pecinta Damai Surabaya, SMPK St. Stanislaus I Surabaya, SMAK St. Stanislaus I Surabaya, dan SI di Institut Sepuluh Nopember Surabaya, jurusan Interior Desain. Kemudian penulis melanjutkan studinya di Program Pasca Sarjana bidang Arsitektur Lingkungan, departemen Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2012). Penulis telah menyelesaikan tesisnya yang berjudul Pengaruh Massa Bangunan dan Pola Bayangan terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Apartemen di Surabaya, pada tahun 2018. Untuk pengembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan terkait desain penghawaan alami di bangunan apartemen, penulis dengan senang hati menerima kritikan, saran dan diskusi terkait tesis ini.

Penulis dapat dihubungi melalui alamat email iris.beatrice@gmail.com