

ANALISIS PERUBAHAN TINGKAT KENYAMANAN KOTA MALANG

Oleh :
RITWAN WIJAYA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MALANG**

2011

ANALISIS PERUBAHAN TINGKAT KEYAMANAN KOTA MALANG

Oleh :
RITWAN WIJAYA
0910482002

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Stara Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MALANG**

2011

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : ANALISIS PERUBAHAN TINGKAT
: KENYAMANAN KOTA MALANG

Nama Mahasiswa : Ritwan Wijaya

NIM : 0910482002

Jurusan : Budidaya Pertanian

Program Studi : Agroekoteknologi

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Agus Suryanto, MS
NIP. 19550818 198103 1 008

Ir. Sitawati, MS.
NIP. 19600924 198701 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Budidaya Pertanian

Dr. Ir. Nurul Aini, MS
NIP. 19601012 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Euis Elih Nurlaelih, SP., MSi
NIP.19710628 199903 2 001

Ir. Sitawati, MS
NIP. 19600924 198701 2 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Agus Suryanto, MS
NIP. 19550818 198103 1 008

Dr. Ir. Nurul Aini, MS.
NIP. 19601012 198601 2 001

Tanggal Lulus :

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan sebagai anak pertama dari dua bersaudara pada tanggal 28 Mei 1987 di Trenggalek dari pasangan Bapak Wiji dan Ibu Poerwani Retnowati. Adapun jenjang pendidikan yang telah ditempuh, yaitu: menyelesaikan pendidikan Taman Kanak – kanak (TK) di TK Pertiwi Trenggalek Tahun 1992, kemudian pada tahun 1999 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Surodakan 1 Trenggalek. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 1 Trenggalek dan lulus pada tahun 2002. Pada Tahun yang sama penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Umum (SMU) Negeri 2 Trenggalek dan lulus pada tahun 2005. Kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan jenjang pendidikan di Program Diploma III Universitas Brawijaya dengan mengambil program studi Arsitektur Pertamanan dan lulus pada tahun 2008. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan jenjang pendidikan Strata 1 (S1) melalui Seleksi Alih Program (SAP) di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan mengambil program studi Agroekoteknologi.

RINGKASAN

RITWAN WIJAYA. 0910482002. Analisis Perubahan Tingkat Kenyamanan Kota Malang. Di bawah Bimbingan Dr. Ir. Agus Suryanto, MS dan Ir. Sitawati, MS

Dalam beberapa waktu terakhir ini pemanasan global menjadi salah satu topik yang sering diperbincangkan dan diangkat ke muka publik. Pemanasan global terjadi karena peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer terutama akibat peningkatan emisi gas CO₂ sebagai dampak industrialisasi. Di Indonesia, dampak pemanasan global ditunjukkan dengan perubahan suhu yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Perubahan suhu ini dapat dirasakan hampir di seluruh kota di kawasan Indonesia, tidak terkecuali Kota Malang. Sebagai kota yang berada di dataran sedang, Kota Malang saat ini tidak lagi mencerminkan suatu kota yang sejuk. Namun saat ini hal tersebut berbeda, Malang kini di kenal menjadi kota yang cukup panas. Perubahan suhu di Kota Malang yang disebabkan oleh pertambahan penduduk, peningkatan polusi udara, alih fungsi lahan, serta semakin berkurangnya RTH kota dari tahun ke tahun, mengakibatkan Kota Malang tidak lagi bisa dikatakan menjadi kota yang nyaman. Tujuan dari penelitian ini ialah (1) Mendapatkan nilai perubahan tingkat kenyamanan di Kota Malang selama 30 tahun terakhir dengan menggunakan metode THI (*Thermal Humidity Index*), metode Indeks Kenyamanan (IK), metode RayMan dan metode quisioner tentang persepsi terhadap kenyamanan, (2) Mendapatkan hubungan antara perubahan luas RTH dengan perubahan tingkat kenyamanan di Kota Malang. Hipotesis yang diajukan adalah (1) Terdapat hubungan antara jumlah parameter yang digunakan dengan akurasi hasil analisis tingkat kenyamanan, (2) Terdapat hubungan antara perubahan tingkat kenyamanan dengan perubahan luas RTH di Kota Malang.

Penelitian ini dilakukan di Kota Malang Jawa Timur, dengan ketinggian tempat antara 440 – 667 m dpl. Penelitian berlangsung pada bulan April 2011 sampai Juni 2011. Data yang digunakan ialah data klimatologi FP UB Malang yang terdiri dari data suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin dan curah hujan selama 30 tahun (1979 – 2009). Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan metode quisioner yang digunakan sebagai kontrol.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa suhu udara Kota Malang mengalami peningkatan pada periode tahun 1989 – 1998 dan kembali turun pada periode tahun 1999 – 2009. Hal ini di sebabkan radiasi matahari yang terjadi di Kota Malang mengalami kondisi tertinggi pada periode tahun 1989 – 1998. Sementara hasil analisa tingkat kenyamanan dengan 4 (empat) metode yaitu metode THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan quisioner tentang persepsi terhadap kenyamanan diperoleh hasil yang sama, yaitu selama periode 30 tahun (1979 – 2009) Kota Malang mengalami kondisi tidak nyaman pada siang hari (suhu maksimum dan kelembaban minimum). Perubahan tingkat kenyamanan Kota Malang selain dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban juga dipengaruhi oleh

perubahan luas RTH. Perubahan luas RTH ini disebabkan alih fungsi lahan akibat peningkatan jumlah penduduk. Luasan RTH Kota Malang jenis pekarangan, tegalan, sawah dan semak belukar selama 30 tahun terakhir mengalami penurunan sebesar 38,05 % yaitu dari 8.780,57 Ha pada tahun 1984 menjadi 4.614,78 Ha pada tahun 2009. Sedangkan RTH jenis rumput/taman dan hutan kota cenderung mengalami peningkatan sebesar 1,39 % yaitu dari 44,37 Ha pada tahun 1984 menjadi 192,21 Ha pada tahun 2009, namun secara keseluruhan RTH Kota Malang mengalami penurunan sebesar 36,66 % yaitu dari 8824,94 pada tahun 1984 menjadi 4810,99 pada tahun 2009. Berkurangnya luas RTH (pekarangan, sawah, tegalan dan semak belukar) diiringi juga dengan laju pertumbuhan penduduk Kota Malang yang mengalami perkembangan cukup pesat (271.870 jiwa pada tahun 1954 menjadi 820.857 jiwa pada tahun 2009). Sementara itu pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat juga memicu pertambahan jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang (179.437 buah pada tahun 2003 menjadi 325.227 buah pada tahun 2009). Pertambahan jumlah kendaraan bermotor akan berdampak pada peningkatan karbon dioksida (CO_2) yang dilepas ke atmosfer. Karbon dioksida (CO_2) yang terkumpul di atmosfer akan menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang menyebabkan suhu udara pada suatu kawasan tersebut semakin tinggi, sehingga dapat mengurangi tingkat kenyamanan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **Analisis Perubahan Tingkat Kenyamanan Kota Malang**.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Agus Suryanto, MS selaku dosen pembimbing I, Ir. Sitawati, MS selaku dosen pembimbing II, Euis Elih Nurlaelih, SP., MSi selaku dosen pembahas atas pengarahan, saran dan bimbingan untuk penyusunan Skripsi ini. Ibu, Ayah, adikku, teman-teman Program Alih Jenjang 2008, dan teman-teman Hortikultura 2007 terima kasih atas nasehat, dukungan dan do'anya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu sumbangan pemikiran, kritik serta saran sangat penulis harapkan. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Desember 2011

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Hipotesis	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pemanasan Global	3
2.2 Tingkat Kenyamanan	5
2.3 Ruang Terbuka Hijau	12
2.3.1 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau	14
2.4 Peran Ruang Terbuka Hijau dalam Kota	15
2.5 Peran Ruang Terbuka Hijau terhadap Lingkungan Mikro	18
III. BAHAN DAN MEODE	
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Metode Penelitian	24
3.3.1 Analisa Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	31
4.1.1 Kondisi Iklim Mikro Kota Malang	31
4.1.1.1 Suhu Kota Malang	31
4.1.1.2 Kelembaban Kota Malang	36
4.1.2 Kondisi Kenyamanan Kota Malang	40
4.1.2.1 Metode <i>Thermal Humidity Index</i> (THI)	40
4.1.2.2 Metode Indeks Kenyamanan (IK)	46
4.1.2.3 Metode RayMan	51
4.1.2.4 Metode Quisioner	61
4.2 Pembahasan	64
4.2.1 Perubahan Suhu dan Kelembaban Udara Kota Malang	64
4.2.2 Perubahan Tingkat Kenyamanan Kota Malang	67
4.2.3 Faktor Pendukung Perubahan Tingkat Kenyamanan	69
4.2.4 Peran Pohon Dalam Penurunan Suhu dan Penyerapan CO ₂	77
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Tipologi Ruang Terbuka Hijau	14
2.	Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau	15
3.	<i>Urban Heat Island</i>	17
4.	Profil <i>Urban Heat Island</i>	17
5.	Grafik Perubahan Lahan Bandung dan Grafik Suhu Udara di Bandung 1994-2001	21
6.	Klasifikasi Lahan Bandung 1994	22
7.	Klasifikasi Lahan Bandung 2001	22
8.	Tabel Input Model RayMan dengan Parameter Tingkat Kenyamanan (Tmrt, PMV, PET, SET)	27
9.	Perubahan Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	32
10.	Perubahan Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009 .	35
11.	Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	37
12.	Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	39
13.	Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	42

14. Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	45
15. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	47
16. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	50
17. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	55
18. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	55
19. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata - rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	56
20. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Bulanan per 10 Tahunan Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	57
21. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Bulanan per 10 Tahunan Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009	58
22. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Bulanan per 10 Tahunan Pada Suhu Rata - rata dan Kelembaban Rata - rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009	60
23. Curah Hujan Kota Malang Tahun 2000 – 2009 dan Curah Hujan Bulanan Kota Malang Tahun 2000 – 2009	65

24. Perubahan Rata – rata Suhu Maksimum Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang Tahun 1990 – 2010	66
25. Perubahan Suhu Maksimum Bulanan Tahun 1917 – 2008 Di Mexico...	67
26. Estimasi Fluktuasi Suhu Udara (°C) Di Semarang.....	68
27. Radiasi Matahari Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009 dan Radiasi Matahari Kota Malang Tahun 1979 – 2009....	70
28. Kecepatan Angin Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009 dan Kecepatan Angin Kota Malang tahun 1979 – 2009 ...	70
29. Persentase Luas Dan Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan tahun 2009	73
30. Hubungan Luas RTH (Rumput/taman dan Hutan Kota) Dengan Suhu Maksimum Kota Malang dan Hubungan Luas RTH (Rumput/Taman dan Hutan Kota) dengan THI (Tmax dan RHmin) Kota Malang	74
31. Proses Fotosintesis Pada Daun	79

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Skala Sensasi Kenyamanan Thermal dari ASHRAE dan Bedford.....	9
2.	Pemaknaan Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Berkaitan dengan Empat Variable Iklim Ruang	9
3.	Suhu Permukaan dari Beberapa Jenis Elemen Lanskap	20
4.	Jenis dan Luas Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995 dan Tahun 2003	23
5.	Tujuh Tingkat Sensasi Thermal Pada PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>)	29
6.	Sembilan Tingkat Persepsi Thermal Pada PET (<i>Physiological Equivalent Temperature</i>) Pada Manusia	30
7.	Jenis Data, Pengumpulan Data, Cara pengambilan, Sumber dan Bentuk Data	30
8.	Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum, dan Suhu Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	31
9.	Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum, dan Suhu Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	33
10.	Perubahan Bulan Pada Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	33
11.	Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	36
12.	Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	38

13. Perubahan Bulan Pada Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	38
14. Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	40
15. Kategori Kenyamanan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	41
16. Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	43
17. Perubahan Bulan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	43
18. Kategori Kenyamanan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	44
19. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	46
20. Kategori Kenyamanan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	46

21. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	48
22. Perubahan Bulan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	49
23. Kategori Kenyamanan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009 ..	49
24. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	52
25. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	52
26. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Rata - rata dan Kelembaban Rata - rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	53
27. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Kondisi Suhu Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Suhu Kota Malang Saat ini	61
28. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Kondisi Kelembaban Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Kelembaban Kota Malang Saat ini	61
29. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Kondisi Angin Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Angin Kota Malang Saat ini	62
30. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Jumlah Pohon Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Jumlah Pohon Kota Malang Saat ini	62
31. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Fungsi Pohon Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Fungsi Pohon Kota Malang Saat ini	62

32. Hasil <i>Polling</i> Quisioner Alih Fungsi Lahan Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Alih Fungsi Lahan Kota Malang Saat ini	62
33. Perbedaan Hasil Analisis Tingkat Kenyamanan Metode THI (<i>Thermal Humidity Index</i>), Indeks Kenyamanan, RayMan dan Quisioner	63
34. Jenis dan Luas Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan Tahun 2009	71
35. Perubahan Luas RTH (Rumput/taman dan Hutan Kota), Suhu Maksimum Serta THI (Tmax dan RHmin) Kota Malang Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan Tahun 2009	73
36. Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 1954, Tahun 1985, Tahun 1990, Tahun 1995, Tahun 2000, Tahun 2005 dan Tahun 2009	75
37. Jumlah Kendaraan Bermotor di Kota Malang Tahun 2003 – 2009.....	76
38. Daya Serap Gas CO ₂ Pada Berbagai Tipe Penutup Vegetasi	78
39. Daftar Pohon Berdasarkan Kemampuan Pohon Menyerap Gas CO ₂ ..	80

No.	Lampiran	Halaman
1.	Data Suhu Kota Malang Tahun 1979 – 2009	87
2.	Data Kelembaban Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	90
3.	Data Tingkat Kenyamanan Dengan Metode <i>Thermal Humidity Index</i> (THI) Kota Malang Tahun 1979 – 2009.....	93
4.	Data Tingkat Kenyamanan Dengan Metode Indeks Kenyamanan (IK) Kota Malang Tahun 1979 – 2009	96
5.	Data Tingkat Kenyamanan Dengan Metode RayMan Kota Malang Tahun 1979 – 2009	99

6. Data Curah Hujan Kota Malang Tahun 1987 – 2009	111
7. Data Suhu Maksimum Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang Tahun 1990 – 2010	112
8. Data Radiasi Matahari Kota Malang Tahun 1979 – 2009	113
9. Data Kecepatan Angin Kota Malang Tahun 1979 – 2009	114
10. Daftar Pertanyaan Quisioner	115
11. Tabel Data Responden	117
12. Data Quisioner	118



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam beberapa waktu terakhir ini pemanasan global menjadi salah satu topik yang sering diperbincangkan dan diangkat ke muka publik. Berbagai macam penyebab dan dampak dari pemanasan global selalu menjadi wacana tanpa ada penanganan yang maksimal. Pemanasan global terjadi karena peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer terutama akibat peningkatan emisi gas CO₂ sebagai dampak industrialisasi. Di Indonesia, dampak pemanasan global ditunjukkan dengan perubahan suhu yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Perubahan suhu ini dapat dirasakan hampir di seluruh kota di kawasan Indonesia, tidak terkecuali Kota Malang.

Kota Malang yang berada 440 - 667 m dpl ini, merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang berada di dataran sedang. Sebagai kota yang berada di dataran sedang, Malang saat ini tidak lagi mencerminkan suatu kota yang sejuk. Kondisi Kota Malang saat ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan kondisi 30 tahun yang lalu. Pada masa itu Malang dikenal sebagai kota yang dingin dan sejuk, yang merupakan ciri khas kota di dataran sedang. Namun saat ini hal tersebut berbeda, Malang kini dikenal menjadi kota yang cukup panas. Widiyanto (2009) menyatakan Kota Malang berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Stasiun Klimatologi Karangploso Malang, tahun 1990 tercatat suhu udara berkisar antara 29,10°C dan 15,50°C dan pada tahun 2006 telah berubah antara 33,80°C dan 20°C. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah bangunan ruko, berbagai infrastruktur kota, serta perumahan yang mengambil Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota, yang juga menjadi salah satu penyumbang terbesar terhadap perubahan suhu di Kota Malang. Dwiyanto (2009) menyatakan, kecenderungan penurunan kualitas ruang terbuka publik, terutama ruang terbuka hijau (RTH) pada 30 tahun terakhir sangat signifikan. Di kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung, luasan RTH telah berkurang dari 35% pada awal tahun 1970-an menjadi kurang dari 10% pada saat ini. RTH yang ada sebagian besar telah dikonversi menjadi infrastruktur perkotaan seperti

jaringan jalan, gedung perkantoran, pusat perbelanjaan dan kawasan permukiman baru. Penurunan RTH kota karena alih fungsi lahan merupakan salah satu penyebab penurunan tingkat kenyamanan masyarakat di perkotaan.

Diperlukan suatu upaya untuk mengkaji perubahan tingkat kenyamanan di Kota Malang. Terdapat empat pendekatan yang dapat dilakukan yaitu metode THI (*Thermal Humidity Index*) (Sham, 1986) dan Indeks Kenyamanan (IK) (Dahlan, 2004) yang menggunakan data suhu dan kelembaban, metode RayMan yang menggunakan parameter lingkungan (Matzarakis *et al.*, 2000) serta metode kuisioner.

1.2 Tujuan

1. Mendapatkan nilai perubahan tingkat kenyamanan di Kota Malang selama 30 tahun terakhir dengan menggunakan metode THI (*Thermal Humidity Index*), metode Indeks Kenyamanan (IK), metode RayMan dan metode kuisioner tentang persepsi terhadap kenyamanan.
2. Mendapatkan hubungan antara perubahan luas RTH dengan perubahan tingkat kenyamanan di Kota Malang.

1.3 Hipotesis

1. Terdapat hubungan antara jumlah parameter yang digunakan dengan akurasi hasil analisis tingkat kenyamanan.
2. Terdapat hubungan antara perubahan tingkat kenyamanan dengan perubahan luas RTH di Kota Malang

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanasan global

Pemanasan global atau *global warming* ialah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Pemanasan global terjadi ketika ada konsentrasi gas-gas tertentu yang dikenal dengan gas rumah kaca yang terus bertambah di udara, di mana hal tersebut disebabkan oleh tindakan manusia dan kegiatan industri. Penggunaan batu bara, minyak bumi, gas bumi, penggundulan hutan serta pembakaran hutan, polusi kendaraan, emisi industri dan kegiatan pertanian merupakan penghasil gas-gas yang dapat memperparah pemanasan global. Gas-gas tersebut meliputi karbon dioksida (CO_2), chlorofluorocarbon (CFC), metan (CH_4), asam nitrat (NO_3) dan juga uap air (H_2O). Karbon dioksida, chlorofluorocarbon, metan, asam nitrat adalah gas-gas polutif yang terakumulasi di udara dan menyaring banyak panas dari matahari. Sementara lautan dan vegetasi yang diharapkan mampu menangkap banyak CO_2 , kini tidak lagi dapat menangkap secara optimal dikarenakan emisi yang dihasilkan oleh lingkungan terlalu berlebihan. Kondisi ini mengakibatkan jumlah akumulatif dari gas rumah kaca yang berada di udara semakin bertambah dan itu berarti mempercepat pemanasan global (Anonymous, 2010).

Penelitian mengenai pemanasan global (*global warming*) yang telah dilakukan para ahli selama beberapa dekade terakhir ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu bumi terkait langsung dengan gas-gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktifitas manusia. Waryono (2010) menambahkan, gas yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (ERK) disebut Gas Rumah Kaca (GRK) yang antara lain meliputi uap air (H_2O), karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), nitrit (NO_2), ozon (O_3) dan chlorofluorocarbon (CFC). Pemantauan terhadap kadar GRK dalam atmosfer, kecuali air menunjukkan kecenderungan semakin meningkat. Oleh karena itu dikhawatirkan intensitas ERK akan menjadi naik hingga suhu permukaan bumi akan menjadi lebih tinggi dari keadaan sekarang ini, peristiwa inilah yang dikenal dengan pemanasan global. Scneider (1989) menyatakan jika kecenderungan seperti ini terus berlangsung, maka pada

abad yang akan datang suhu udara permukaan bumi akan naik antara $2,3 - 7,0^{\circ}\text{C}$, walaupun kenaikan ini tampak kecil, namun memiliki dampak yang sangat besar. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mempublikasikan hasil pengamatan ilmuwan dari berbagai Negara, bahwa selama tahun 1990 – 2005, ternyata telah terjadi peningkatan suhu merata di seluruh permukaan bumi, antara $0,15 - 0,3^{\circ}\text{C}$. IPCC memprediksi peningkatan suhu global rata-rata akan meningkat $1,1 - 6,4^{\circ}\text{C}$ ($2,0 - 11,5^{\circ}\text{F}$) selama periode tahun 1990 – 2100.

Para pakar lingkungan sependapat bahwa pemanasan global akan menyebabkan perubahan iklim dunia. Kenaikan suhu dipermukaan bumi, menyebabkan laju penguapan air akan meningkat, dengan demikian jumlah awan dan hujan secara umum akan meningkat dan menyebabkan distribusi curah hujan secara regional akan berubah. Hal tersebut menyebabkan suatu daerah tertentu mengalami peningkatan jumlah air hujan, akan tetapi di beberapa tempat lain akan mengalami penurunan. Waryono (2010) menyatakan bahwa terjadi kenaikan rata-rata suhu di beberapa kota di Indonesia. Seperti di Jakarta, pada tahun 1970-an rata-rata suhu udaranya berkisar antara 24°C dan 26°C , dan kini telah berubah antara $28,12^{\circ}\text{C}$ dan $30,26^{\circ}\text{C}$, sementara di Bogor tercatat suhu udara berkisar antara $24,09^{\circ}\text{C}$ dan $25,11^{\circ}\text{C}$, kini telah berubah antara $25,14^{\circ}\text{C}$ dan $27,31^{\circ}\text{C}$, sedangkan di Bandung tercatat suhu udara berkisar antara $18,11^{\circ}\text{C}$ dan $23,15^{\circ}\text{C}$, dan kini telah berubah antara $24,28^{\circ}\text{C}$ dan $26,22^{\circ}\text{C}$. Perubahan suhu udara di beberapa kota juga berpengaruh terhadap kelembaban relatif, yang cenderung turun rata-rata dari ketiga kota tersebut dari 6,23% menjadi 8,35%. Widiyanto (2009) menyatakan Kota Malang berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Stasiun Klimatologi Karangploso Malang, tahun 1990 tercatat suhu udara berkisar antara $29,10^{\circ}\text{C}$ dan $15,50^{\circ}\text{C}$ dan pada tahun 2006 telah berubah antara $33,80^{\circ}\text{C}$ dan 20°C .

Salah satu langkah yang dapat diambil pada kondisi peningkatan suhu akibat pemanasan global adalah dengan meningkatkan peran masyarakat dalam membangun kawasan hijau baik dalam bentuk hutan maupun hijauan lain, hal tersebut ialah alternatif pendekatan yang dinilai efektif dan rasional. Dengan kondisi tersebut, menunjukkan bahwa pepohonan hutan berpotensi dalam hal

pencegahan pemanasan global, karena jasa biologis dan hidrologis yang mampu mendaur ulang CO₂ secara alami (Waryono, 2010). Meams (2000) juga menyatakan bahwa tanaman mampu menyerap gas CO₂ dengan proses fotosintesis. Namun di sisi lain, tanaman juga dapat menjadi sumber gas rumah kaca (GRK). Peningkatan intensitas pertanian tanaman pangan, serat, buah-buahan dan sayuran, sangat mempengaruhi keberadaan emisi GRK. Lebih dari 97 % pangan dunia diproduksi dengan cara budidaya yang menghasilkan emisi GRK hingga sekitar 20 %. Gas yang dihasilkan dari pertanian adalah metan (CH₄) dengan laju peningkatan 1,0 ppmv/tahun. CH₄ dihasilkan dari budidaya tanaman padi dan fermentasi ruminansia sedangkan CO₂ dihasilkan dari pembukaan lahan pertambangan batubara. Selain itu, pembukaan lahan pertanian, konversi hutan menjadi lahan pertanian, budidaya padi sawah, budidaya tanaman tebu, pembakaran sisa tanaman, budidaya ternak, penggunaan pupuk N dan berbagai kegiatan lain juga turut menyebabkan pelepasan GRK ke atmosfer.

2.2 Tingkat Kenyamanan

Kenyamanan ialah segala sesuatu yang memperlihatkan kesesuaian dan harmonisasi dengan penggunaan suatu ruang, baik dengan ruang itu sendiri maupun dengan berbagai bentuk, tekstur, warna, simbol, maupun tanda, suara, bunyi kesan, warna cahaya, dan lainnya (Hakim, 2003). Sedangkan kondisi yang nyaman ialah kondisi saat sebagian besar energi manusia dibebaskan untuk kerja produktif, yang berhubungan dengan usaha pengaturan suhu tubuh yang minimum. Kondisi nyaman menunjukkan keadaan yang bervariasi untuk setiap individu, sehingga kenyamanan bersifat subjektif dan berhubungan dengan keadaan tingkat aktivitas, pakaian, suhu udara, kecepatan angin, rata-rata suhu pancaran radiasi, dan kelembaban udara (Sitawati, 2010). Oke (1978) menyatakan bahwa manusia akan merasa nyaman pada suhu lingkungan 20 - 25°C, pada suhu tubuh 37°C dalam keadaan istirahat dan berpakaian. Pada kondisi tersebut, tubuh mampu untuk mempertahankan keseimbangan neraca kalor dengan usaha pengaturan suhu minimum. Priyono (2002) menambahkan, tubuh manusia harus tetap terjaga pada suhu 37°C. Keseimbangan tubuh diatur

oleh *thermoregulator* melalui peningkatan atau penurunan sirkulasi darah dan pembukaan atau penutupan kelenjar keringat. Jika total jumlah panas yang dilepas dan tambahan panas yang diterima oleh tubuh melampaui keseimbangan, maka *thermoregulator* akan bereaksi, yang ditandai dengan kondisi berkeringat

Kenyamanan suatu daerah sangat ditentukan oleh iklim mikro setempat karena secara langsung unsur iklim akan mempengaruhi aktivitas dan metabolisme manusia. Di dalam menentukan tingkat kenyamanan, parameter iklim tidak berdiri sendiri, terdapat dua atau lebih parameter yang juga menentukan tingkat kenyamanan suatu tempat (Lakitan, 1994). Gates (1972) menambahkan bahwa, suhu dan kelembaban relatif merupakan parameter iklim yang biasa digunakan untuk menentukan kenyamanan udara yang dinyatakan dalam bentuk indeks suhu kelembaban atau *Temperature Humidity Index* (THI). Sitawati (2010) menyatakan indeks kenyamanan dalam kondisi nyaman ideal bagi manusia Indonesia berada pada kisaran THI 20 - 26. Nilai THI ini dipengaruhi oleh besaran suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban relatif (%). Suhu udara nyaman bagi manusia akan cenderung turun bila kerapatan uap air di udara semakin tinggi (Cambell, 1977). Hal ini sesuai dengan perhitungan, semakin tinggi suhu udara maka kelembaban relatif harus dinaikkan agar diperoleh nilai THI yang ideal, demikian juga bila kelembaban relatif meningkat maka suhu harus dinaikkan. Brow dan Gillespie (1995), menyatakan unsur iklim memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kenyamanan suatu wilayah, dan salah satu faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan adalah suhu udara. Bila suhu udara semakin tinggi atau semakin rendah, maka kenyamanan tempat tersebut akan menurun atau sering dikatakan tempat atau wilayah tersebut menjadi tidak nyaman untuk aktifitas manusia. Irwan (2008) menambahkan kenyamanan dapat didesain pada batas-batas tertentu dengan menggunakan vegetasi, memodifikasi suhu, angin, dan kelembaban.

Hernawati (2011) menambahkan, terdapat tiga elemen iklim sebagai faktor lingkungan luar yang mempengaruhi kenyamanan secara thermal, penggunaan energi pada bangunan serta proses desain dan perencanaan lanskap. Elemen tersebut adalah

1. Angin

Angin merupakan pergerakan udara. Angin ditandai oleh tiga variabel, yaitu kecepatan, arah dan derajat keseragaman atau turbulensi. Kecepatan dan arah merupakan faktor pembentuk pola-pola angin. Sementara itu tingkat kenyamanan suatu kawasan juga dipengaruhi oleh angin yang bergerak di sekitar kawasan tersebut, seperti halnya kawasan Indonesia yang sangat dipengaruhi oleh angin muson (musim). Anonymous (2011) menyatakan letak geografis Indonesia menyebabkan terjadinya gerakan angin Muson yang melalui Indonesia. Angin Muson (musim) di Indonesia terjadi dalam dua periode yaitu angin Muson (musim) barat, terjadi antara bulan Oktober - April bersifat basah sehingga membawa musim hujan/penghujan. Bertiupnya angin ini disebabkan oleh perbedaan tekanan udara di belahan bumi utara dan selatan. Pada saat itu utara musim dingin sehingga menyebabkan tekanan di utara lebih tinggi dari pada selatan, maka angin bertiup dari utara (Asia dan Samudera Pasifik) menuju Australia melewati Indonesia. Sedangkan angin Muson (musim) timur, terjadi antara bulan April - Oktober bersifat kering yang mengakibatkan wilayah Indonesia mengalami musim kering/kemarau. Arah angin disebabkan oleh perbedaan tekanan udara di belahan bumi selatan dan utara. Pada saat itu selatan musim dingin, sehingga menyebabkan tekanan di selatan lebih tinggi dari pada utara, maka angin bertiup dari selatan (Australia) menuju Asia melewati Indonesia.

2. Suhu

Terkait dengan iklim, suhu digambarkan dalam dua bentuk, yaitu sebagai suhu sebenarnya dan suhu efektif. Suhu adalah pembacaan *dry bulb*, tidak dipengaruhi oleh keadaan atau intensitas sinar matahari, gerakan udara, dan hujan. Sedangkan suhu efektif adalah suhu yang dirasakan badan sebagai suatu akibat dari efek-efek gabungan dari radiasi, hujan atau kelembaban dan angin.

Suhu udara yang ada pada suatu permukaan mempunyai variasi yang bersifat spesifik. Pada dasarnya variasi suhu dapat digolongkan menjadi dua yaitu variasi suhu vertikal dan horizontal. Variasi suhu vertikal adalah perubahan suhu akibat perubahan ketinggian tempat. Sedangkan variasi suhu horizontal adalah

variasi suhu yang terjadi akibat keragaman sifat permukaan bumi dari wilayah satu ke yang lain. Variasi suhu terjadi akibat perubahan permukaan bumi dalam menerima energi matahari dan variasi tersebut dapat berupa variasi harian maupun tahunan. Pada variasi suhu harian, suhu berubah ubah sejak matahari terbit hingga terbenam. Jumlah energi yang dipancarkan oleh bumi mempunyai hubungan linier dengan suhu. Pada pagi hari energi matahari yang diterima oleh bumi relatif rendah, semakin siang energi matahari bertambah banyak dan pada sore hari berkurang lagi.

3. Kelembaban

Kelembaban mengacu pada jumlah uap air di udara pada waktu tertentu dan apakah uap air tersebut tengah ditahan atau dilepaskan. Semakin tinggi tekanan uap air, maka tingkat kenyamanan akan semakin menurun. Sebagaimana uap air terbentuk dan sebagaimana suhu berubah dikarenakan gerakan udara dan angin, udara mencapai titik jenuh dan uap mulai jatuh ke permukaan tanah dalam bentuk hujan, kabut dan gerimis.

Berkaitan dengan kenyamanan, terdapat penilaian (skor) terhadap derajat kenyamanan ruang berdasar metode ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer*) dan Bedford dengan masing-masing skala penyetaraan (Tabel 1) (Nicol dan Humphreys, 2002). Jika dilihat lebih jauh, derajat kenyamanan ini sangat berkaitan dengan suhu. Sementara itu, di dunia awam banyak sekali istilah tentang kualitas thermal ruang yang tidak berasosiasi dengan suhu. Pada saat ini terdapat beragam istilah kualitas thermal iklim ruang yang berasosiasi dengan variabel iklim ruang, antara lain panas, dingin, sejuk, segar, pengap dan gerah atau *sumuk* (jawa) serta istilah nyaman itu sendiri sebagaimana dijelaskan oleh Nicol dan Humphreys (2002) pada Tabel 2.

Tabel 1. Skala Sensasi Kenyamanan Thermal Dari ASHRAE dan Bedford (Nicol dan Humphreys, 2002)

Skor	ASHRAE	Skala Penyetaraan	Bedford	Skala Penyetaraan
7	Panas (<i>hot</i>)	3	Sangat terlalu panas (<i>much to hot</i>)	7
6	Hangat (<i>warm</i>)	2	Terlalu panas (<i>too hot</i>)	6
5	Agak hangat (<i>slightly warm</i>)	1	Hangat nyaman (<i>comfortably warm</i>)	5
4	Netral (<i>Neutral</i>)	0	Nyaman (<i>comfortable</i>)	4
3	Agak sejuk (<i>slightly cool</i>)	-1	Sejuk nyaman (<i>comfortable cool</i>)	3
2	Sejuk (<i>comfortably cool</i>)	-2	Terlalu sejuk (<i>too comfortably cool</i>)	2
1	Dingin (<i>cool</i>)	-3	Sangat terlalu sejuk (<i>much too comfortably cool</i>)	1

Tabel 2. Pemaknaan Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Berkaitan Dengan Empat Variable Iklim Ruang (Nicol dan Humphreys, 2002).

Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal	Variabel Iklim Ruang
Sejuk	Suhu udara
Segar	Pergerakan udara/kecepatan angin
Gerah	Suhu radiasi
Pengap	Kelembaban
Dingin	Suhu udara
Panas	Suhu udara dan suhu radiasi
Nyaman	Suhu udara dan pergerakan udara/kecepatan angin

Kenyamanan thermal ialah proses yang melibatkan fisik fisiologis dan psikologis, sehingga kenyamanan thermal juga melibatkan kondisi pikiran seseorang dalam mengekspresikan kepuasan diri terhadap suatu lingkungan. Berkaitan dengan kenyamanan terdapat lima variabel fisik kenyamanan thermal ruang, antara lain suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban, pergerakan udara atau angin, dan kualitas kandungan udara berupa polusi udara. Kelima variabel tersebut akan menjadi alternatif makna pada istilah kenyamanan thermal

ruang. Di samping itu, pemaknaan terhadap kenyamanan juga dipengaruhi oleh lingkungan tempat tinggal, tingkat pengetahuan tentang kenyamanan dan jenjang pendidikan serta status sosial seseorang berdasar jenis pekerjaan (Sugini, 2004).

Dalam menetapkan tingkat kenyamanan suatu wilayah atau kota di daerah tropis, Dahlan (2004) membuat pendekatan dengan perhitungan sebagai berikut :

Skor rerata suhu udara siang hari $\times 3 = A$

Kisaran suhu :

22,5 - 24,5°C	: ideal (skor=3)
20,1 - 22,4°C atau 24,6 - 27,5°C	: sedang (skor=2)
$\leq 20,0^\circ\text{C}$ atau $\geq 27,6^\circ\text{C}$	: kurang (skor=1)

Skor rerata kelembaban udara relatif siang hari $\times 2 = B$

Kisaran kelembaban :

70,1 % - 80,0 %	: ideal (skor = 3)
80,1 % - 91,0 % atau 60,1 % - 70,0 %	: sedang (skor = 2)
$\leq 60,0 \%$ atau $\geq 91,0 \%$	: kurang (skor = 1)

Tingkat kenyamanan = Skor A + B

13 - 15	: sejuk dan nyaman
8 - 12	: agak nyaman
5 - 7	: kurang nyaman

Di samping cara perhitungan di atas, Dinas Cuaca Nasional Amerika Serikat menetapkan suatu Indeks Kenyamanan Termohigrometrik Manusia (*Thermohygrometric Human Index/THI*) berdasar fungsi udara dan kelembaban relatif (Gates, 1972). Berdasar indeks ini, penduduk di daerah tropis akan merasa nyaman bila nilai THI berada antara 19,9 - 27 (Sham, 1988). Todd (1995) menambahkan bahwa, batasan suhu terendah untuk kenyamanan adalah 21°C dan kelembaban maksimal 75 % atau setara dengan THI 19,9. Menurut Sham (1986) THI (*Thermal Humidity Index*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$THI = 0.8T_a + (RH \times T_a)/500$$

yang mana T_a = suhu atau temperatur udara (°C) dan RH = kelembaban udara (%).

Perhitungan kenyamanan yang berbasis pada suhu juga dihitung oleh Oliver (1981) melalui persamaan :

$$THI = T_d - (0,55 - 0,55RH) (T_d - 58)$$

yang mana THI = *Temperature Humidity Indeks*, T_d = Suhu bila kering dan RH = Kelembaban relatif

Sani (1986) menghitung indeks kenyamanan (IK) dengan rumus:

$$IK = 0,7 (TWB) + 0,2 (TG) + 0,1 (TDB)$$

yang mana TWB = suhu bila basah, TG = suhu rata-rata dan TDB = suhu bila kering.

Aspek iklim yang paling mempengaruhi keseimbangan energi manusia pada saat cuaca cerah adalah suhu rata-rata (*Mean Radiant Temperature/MRT/Tmrt*). MRT didefinisikan sebagai suhu permukaan sekitar yang memancarkan radiasi benda hitam (emisivitas $e = 1$) dan menghasilkan keuntungan energi radiasi yang sama pada tubuh manusia sebagai intensitas radiasi yang sangat bervariasi dalam kondisi ruang terbuka. MRT adalah parameter yang paling penting dalam mengatur keseimbangan energi manusia terutama pada hari cerah yang panas. MRT sangat berpengaruh terhadap indeks kenyamanan *thermophysiological* seperti PET (*Physiological Equivalent Temperature*) atau PMV (*Predicted Mean Vote*) yang berasal dari model pertukaran panas. Berkaitan dengan penyerapan energi, dilaporkan kulit manusia hidup memiliki penyerapan energi luar biasa tinggi dengan emisivitas 0,97 lebih besar dari hampir semua substansi yang lain (Matzarakis, 2007).

Lingkungan thermal terdiri dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan juga radiasi gelombang panjang yang secara psikologis mempengaruhi kehidupan manusia di dalam ruang maupun di luar ruang. Lingkungan ini sangat berkaitan dengan kesehatan manusia karena berhubungan erat dengan mekanisme *thermoregulatory* dan sistem peredaran darah. Keberadaan radiasi matahari juga harus memperhitungkan albedo (merupakan sebuah besaran yang menggambarkan perbandingan antara sinar matahari yang tiba di permukaan bumi dan yang dipantulkan kembali ke angkasa dengan terjadi perubahan panjang gelombang) dari permukaan dan bangunan sekitar. Lain dari pada itu,

berbagai faktor lain seperti sifat geometris bangunan, vegetasi dan aspek lain, juga perlu diketahui dan dipertimbangkan. Berkaitan dengan hal itu model RayMan dapat digunakan untuk perhitungan intensitas radiasi karena telah mempertimbangkan berbagai parameter lingkungan (Sitawati, 2010). Pancaran radiasi matahari bervariasi pada kondisi ruang terbuka. Dengan menggunakan model RayMan, yang telah dikembangkan oleh studi iklim perkotaan, maka penilaian iklim yang berhubungan kenyamanan dapat diduga. Model RayMan digunakan untuk perhitungan radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang yang terpapar pada tubuh manusia. Model ini mengambil kompleks struktur perkotaan yang sesuai untuk diaplikasikan di daerah perkotaan, seperti perencanaan kota dan desain jalan. Dengan menggunakan indeks thermal seperti *Predicted Mean Vote* (PMV), *Physicologically Equivalent Temperaure* (PET) dan *Standard Effective Temperature* (SET) akan didapat nilai T_{mrt} yang merupakan hasil akhir model RayMan. Nilai T_{mrt} ini dibutuhkan dalam model keseimbangan energi manusia serta untuk penilaian bioklimat perkotaan.

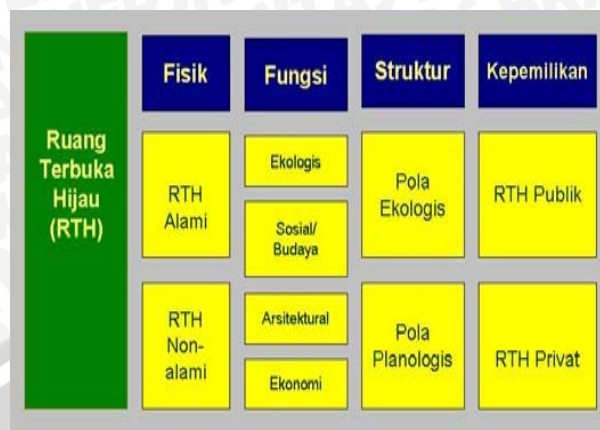
2.3 Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau ialah area memanjang atau jalur dan atau mengelompok, yang digunakan untuk aktifitas di area terbuka, tempat tumbuh tanaman baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 tahun 1988). Ruang Terbuka Hijau ialah semua ruang terbuka yang ditanami dengan tanaman, baik yang bersifat alami seperti padang rumput, stepa, sabana, hutan raya, maupun yang bersifat buatan seperti taman lingkungan, taman bermain, taman rekreasi dan jalur hijau tepi jalan serta halaman rumah (pekarangan) (Nurisjah, 1991).

Ruang Terbuka Hijau (RTH) ialah bagian dari ruang-ruang terbuka (*open spaces*) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi (*endemik/introduksi*) guna mendukung manfaat langsung dan tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan tersebut (Departemen Pekerjaan Umum, 2005). Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 tahun 1988 menambahkan

dalam Ruang Terbuka Hijau (RTH) bentuk pemanfaatan lebih bersifat pengisian hijau tanaman atau tumbuh-tumbuhan secara alamiah ataupun budidaya tanaman seperti lahan pertanian, pertamanan, perkebunan dan sebagainya. Undang-undang No. 26 tahun 1997 tentang penataan ruang, pasal 29 ayat 2 mengatur bahwa proporsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada wilayah kota paling sedikit 30% dari luas wilayah kota. Batasan 30% memberi harapan yang lebih besar bagi upaya memperoleh ameliorasi iklim mikro perkotaan. Berdasarkan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro, Brazil (1992) dan dipertegas lagi pada KTT Johannesburg, Afrika Selatan 10 tahun kemudian (2002, Rio + 10), telah disepakati bersama bahwa sebuah kota memiliki luas RTH ideal minimal 30% dari total luas kota.

Departemen Pekerjaan Umum (2005) mengklasifikasikan ruang terbuka hijau menjadi beberapa macam, yaitu: 1. Berdasarkan bobot kealamian bentuk ruang terbuka hijau dapat diklasifikasi menjadi: bentuk RTH alami (habitat liar/alami, kawasan lindung) dan bentuk RTH non alami atau RTH binaan (pertanian kota, pertamanan kota, lapangan olah raga dan pemakaman). 2. Berdasarkan sifat dan karakter ekologis, ruang terbuka hijau diklasifikasi menjadi RTH berbentuk kawasan atau areal, meliputi RTH yang berbentuk hutan (hutan kota, hutan lindung dan hutan rekreasi), taman, lapangan olah raga, kebun raya, kebun pembibitan, kawasan fungsional (RTH kawasan perdagangan, RTH kawasan perindustrian, RTH kawasan permukiman dan RTH kawasan pertanian), RTH kawasan khusus (Hankam, perlindungan tata air, plasma nutfah, dsb) serta RTH berbentuk jalur atau koridor atau linear, meliputi RTH koridor sungai, RTH sempadan danau, RTH sempadan pantai, RTH tepi jalur jalan, RTH tepi jalur kereta, RTH Sabuk hijau (*green belt*) dan sebagainya. 3. Berdasarkan status kepemilikan RTH diklasifikasikan menjadi 2 kelompok, yaitu: RTH publik yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan publik atau lahan yang dimiliki oleh pemerintah dan RTH privat atau non publik yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan milik privat (Gambar 1).

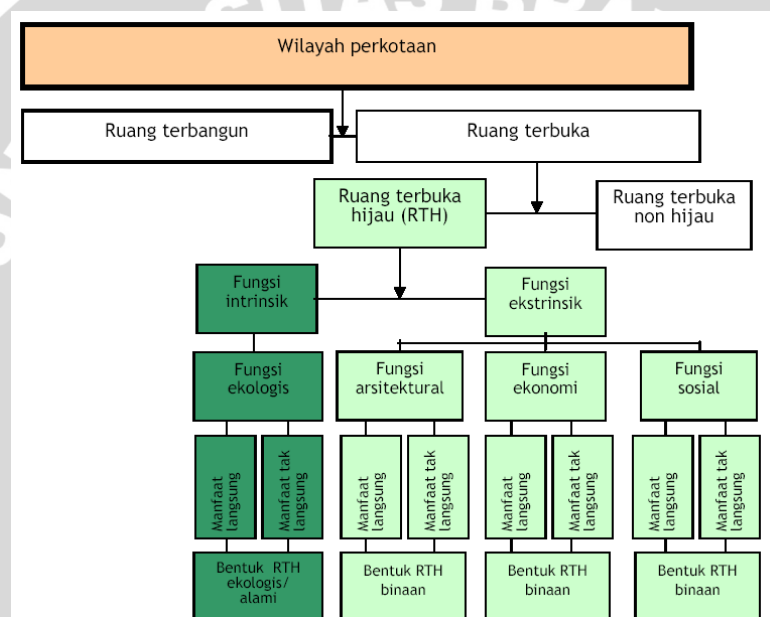


Gambar 1. Tipologi Ruang Terbuka Hijau (Dwiyanto, 2009)

2.3.1 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau

RTH memiliki fungsi sebagai berikut: a. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis: memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota), pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung dengan lancar, sebagai peneduh, produsen oksigen, penyerap air hujan, penyedia habitat satwa, penyerap polutan udara, air dan tanah, serta, penahan angin; b. Fungsi tambahan (ekstrinsik) yaitu: 1. Fungsi sosial dan budaya: menggambarkan ekspresi budaya lokal, media komunikasi warga kota, tempat rekreasi, wadah dan objek pendidikan, penelitian serta pelatihan dalam mempelajari alam. 2. Fungsi ekonomi: sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun dan sayur mayur, bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain. 3. Fungsi estetika: meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro (halaman rumah, lingkungan pemukiman) maupun makro (lanskap kota secara keseluruhan, menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota, pembentuk faktor keindahan arsitektural, menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun). Dalam suatu wilayah perkotaan, empat fungsi utama ini (ekologis, sosial / budaya, arsitektural dan ekonomi) dapat dikombinasikan sesuai dengan kebutuhan, kepentingan dan keberlanjutan kota seperti perlindungan tata air, keseimbangan ekologi serta konservasi hayati.

Manfaat RTH berdasarkan fungsinya dibagi atas : a. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga, buah); b. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangible*), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan keberlangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati) (Peraturan Menteri PU, 2008) (Gambar 2).



Gambar 2. Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (Dirjen Penataan Ruang, DPU, 2005)

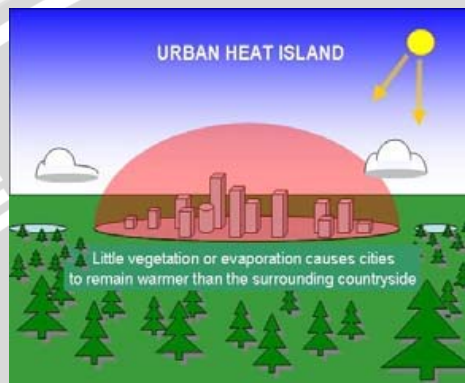
2. 4 Peran Ruang Terbuka Hijau dalam kota

Berdasarkan Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 tahun 1988, kota ialah pusat pemukiman dan kegiatan penduduk yang mempunyai batasan wilayah administratif yang diatur dalam peraturan perundangan serta pemukiman yang telah memperlihatkan watak dan ciri kekotaan. Sementara Perkotaan ialah suatu kumpulan pusat-pusat pemukiman yang berperan di dalam wilayah pengembangan dan atau wilayah nasional sebagai simpul jasa, atau suatu bentuk ciri atau watak kehidupan kota. Sitawati (2010) mengemukakan, kota dapat dikategorikan menjadi 4 strata, yakni kota metropolitan, kota besar,

kota sedang dan kota kecil. Kota metropolitan ialah kota dengan penduduk lebih dari 1 juta jiwa. Saat ini terdapat 10 kota yang masuk kategori metropolitan, yaitu Jakarta, Surabaya, Bandung, Bekasi, Tangerang, Semarang dan Depok yang terletak di pulau Jawa, Medan dan Palembang di Sumatera dan Makasar di Sulawesi. Kota besar ialah kota dengan penduduk antara 500 ribu hingga 1 juta. Kota sedang ialah kota dengan penduduk antara 100 ribu hingga 500 ribu. Sedangkan kota kecil ialah kota dengan penduduk kurang dari 100 ribu. Kota Malang saat ini berada pada strata kedua yaitu kota besar dengan jumlah penduduk sebesar 820.857 jiwa pada tahun 2009, dengan tingkat kepadatan rata-rata sebesar 74,6 jiwa/Ha. Sementara itu Kota Jakarta, sebagai ibukota negara dan juga kota terbesar di Indonesia, mempunyai populasi penduduk pada siang hari sekitar 12 juta jiwa. Adapun kota kedua terbesar yaitu Surabaya mempunyai jumlah penduduk sekitar 5 juta jiwa. Kawasan perkotaan, terutama Jakarta, harus menampung sekitar 2,2 juta pemukim pendatang baru setiap tahun. Data tentang kependudukan menunjukkan, jumlah penduduk perkotaan di Indonesia berkembang cukup pesat. Pada tahun 1980, jumlah penduduk perkotaan baru mencapai 32,8 juta jiwa atau 22,3% dari total penduduk nasional, namun pada tahun 1990 meningkat menjadi 55,4 juta jiwa atau 30,9% dan menjadi 90 juta jiwa atau 44% pada tahun 2002. terakhir berdasarkan perhitungan BPS dan Bappenas persentasi penduduk perkotaan pada tahun 2005 telah mencapai 120,75 juta jiwa atau 48,3% dan diperkirakan akan mencapai 150 juta jiwa atau 60 % dari penduduk Indonesia pada tahun 2015.

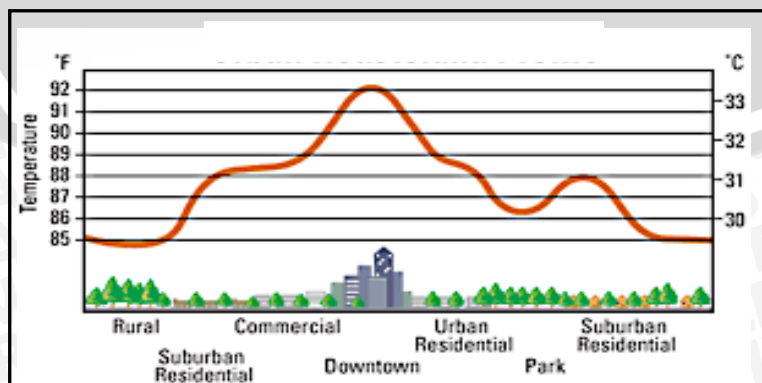
Perkembangan perkotaan membawa konsekuensi negatif di beberapa aspek, termasuk aspek lingkungan. Dalam tahap awal perkembangan kota, sebagian besar lahan merupakan ruang terbuka hijau. Namun, adanya kebutuhan ruang untuk menampung penduduk dan aktivitasnya, ruang hijau tersebut cenderung mengalami konversi guna lahan menjadi kawasan terbangun. Sebagian besar permukaannya, terutama di pusat kota, tertutup oleh jalan, bangunan dan lain-lain dengan karakter yang sangat kompleks dan berbeda dengan karakter ruang terbuka hijau. Menurunnya kuantitas dan kualitas ruang terbuka publik tersebut, baik berupa ruang terbuka hijau (RTH) dan ruang terbuka non-hijau,

telah mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan perkotaan seperti seringnya terjadi banjir di perkotaan, tingginya polusi udara dan meningkatnya kerawanan sosial (kriminalitas, tawuran antar warga) serta menurunnya produktivitas masyarakat akibat stress dan yang jelas berdampak pada pengembangan wilayah kota tersebut (Anonymous, 2010).



Gambar 3. *Urban Heat Island* (Tursilowati, 2007).

Penurunan luas RTH merupakan pemicu *heat island* dan menyebabkan pengendali emisi (gas buang) kota menjadi berkurang (Setyowati, 2008). *Urban heat island* (UHI) seperti terlihat pada Gambar 3 di atas dicirikan seperti “pulau” udara permukaan panas yang terpusat di area urban (kota) dan temperatur akan semakin turun di daerah sekeliling area urban (daerah sub urban/rural). *Urban heat island* disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: pelepasan energi antropogenik dari sistem AC (*Air Conditioning*), emisi energi dari kegiatan perindustrian, kendaraan bermotor, permukaan campuran dan perbedaan kapasitas panas dari material bangunan dengan struktur alam (Tursilowati, 2007).



Gambar 4. Profil *Urban Heat Island* (Tursilowati, 2007).

Pada Gambar 4 dapat dilihat pulau panas terjadi di daerah yang berpenduduk padat, daerah perkantoran, pusat-pusat pertokoan, daerah industri dan bandar udara. Hal ini terjadi karena adanya penambahan panas yang berasal dari aktivitas manusia maupun polusi yang dihasilkan oleh pabrik dan kendaraan bermotor. Hal ini juga disebabkan karena permukaan jalan dan dinding bangunan yang menyimpan panas yang diterimanya mulai dari pagi hari hingga siang hari, akan melepaskan panas tersebut kembali ke udara setelah matahari terbenam. Selain itu bangunan beton dan jalan aspal yang menyerap panas sepanjang hari, juga akan melepaskannya dengan lambat pada malam hari (Irwan, 2008).

Perencanaan tata ruang wilayah perkotaan berperan sangat penting dalam pembentukan ruang-ruang publik, terutama RTH di perkotaan pada umumnya dan di kawasan pemukiman pada khususnya. Diperlukan suatu perencanaan RTH kota yang harus dapat memenuhi kebutuhan warga kota dengan berbagai aktivitasnya. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 387 tahun 1987, menetapkan kebutuhan RTH kota yang dibagi atas: fasilitas hijau umum $2,3 \text{ m}^2/\text{jiwa}$, sedangkan untuk penyangga lingkungan kota (ruang hijau) $15 \text{ m}^2/\text{jiwa}$. Dengan demikian, secara menyeluruh kebutuhan akan RTH kota adalah sekitar $17,3 \text{ m}^2/\text{jiwa}$. RTH tersebut harus memenuhi fungsi kawasan penyeimbang, konservasi ekosistem dan pencipta iklim mikro (ekologis), sarana rekreasi, olah raga dan pelayanan umum (ekonomis), pembibitan, penelitian (edukatif) dan keindahan lanskap kota (estetis). Perencanaan RTH kota yang matang, dapat menjaga keseimbangan dan keharmonisan antara ruang terbangun dan ruang terbuka. Keselarasan antara struktur kota dengan wajah-wajah alami, mampu mengurangi berbagai dampak negatif akibat degradasi lingkungan kota dan menjaga keseimbangan, kelestarian, kesehatan, kenyamanan dan peningkatan kualitas lingkungan hidup kota.

2.5 Peran Ruang Terbuka Hijau terhadap Lingkungan Mikro

Peningkatan pembangunan di daerah perkotaan, seringkali mengabaikan unsur-unsur alami seperti vegetasi. Padahal dalam beberapa penelitian ditemukan bahwa vegetasi memiliki manfaat dan nilai untuk mempertahankan tingkat

kenyamanan udara. Dalam hal ini, sangat penting untuk mempertimbangkan kebutuhan ruang hijau di perkotaan. Pembangunan fisik kota mempengaruhi ketersediaan ruang untuk vegetasi dan kontribusi dari vegetasi itu sendiri. Hasil analisis yang dilakukan dalam beberapa penelitian mengungkapkan adanya dampak menguntungkan dari ruang hijau perkotaan pada iklim mikro, kualitas udara, reduksi konsumsi energi pada gedung-gedung yang berdekatan, penyimpanan karbon, dan juga memperkaya biodiversiti. Telah diakui bahwa terdapat keuntungan sosial ekonomi yang dapat diperoleh dari ruang hijau perkotaan, dan kontribusinya pada perbaikan kesehatan manusia (Anonymous, 2011).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan daya dukung lingkungan hidup di perkotaan ialah dengan mencipta-wujudkan kota di dalam hutan dan taman dengan menggunakan pendekatan ilmu hutan kota (Dahlan, 2004). Undang-undang No. 41 tahun 1999 tentang kehutanan menyatakan: “Untuk kepentingan pengaturan iklim mikro, estetika, dan resapan air di setiap kota ditetapkan suatu kawasan tertentu sebagai hutan kota”.

Vegetasi sangat bermanfaat untuk merekayasa masalah lingkungan di perkotaan. Selain merekayasa estetika, mengontrol erosi dan air tanah, mengurangi polusi udara, mengurangi kebisingan, mengendalikan air limbah, mengontrol lalu lintas dan cahaya yang menyilaukan, mengurangi pantulan cahaya, serta mengurangi bau. Berbagai sifat tumbuhan yang khas dapat memecahkan masalah teknik yang berhubungan dengan lingkungan, yaitu daging daun yang mengurangi bunyi; ranting-ranting yang bergerak dan bergetar menyerap dan menutupi bunyi-bunyian; pubesen atau bulu-bulu daun yang dapat menahan partikel-partikel air; stomata untuk mengganti gas (Irwan, 2004). Ditambahkan oleh Setyowati (2008), berbagai jenis tanaman atau pepohonan mencerminkan nilai kerapatan pohon, semakin tinggi nilai kerapatan pohon maka akan dapat mengurangi energi radiasi matahari. Energi radiasi matahari akan diabsorpsi, dipantulkan atau dipancarkan oleh tajuk komunitas tanaman.

Sitawati (2010) juga menyatakan hal yang senada, manfaat utama dari vegetasi di daerah tropis adalah dapat mengurangi radiasi matahari dan menurunkan suhu udara melalui naungan dan evapotranspirasi. Suhu udara yang rendah sangat penting untuk memperbaiki kondisi-kondisi kenyamanan thermal dan berkaitan

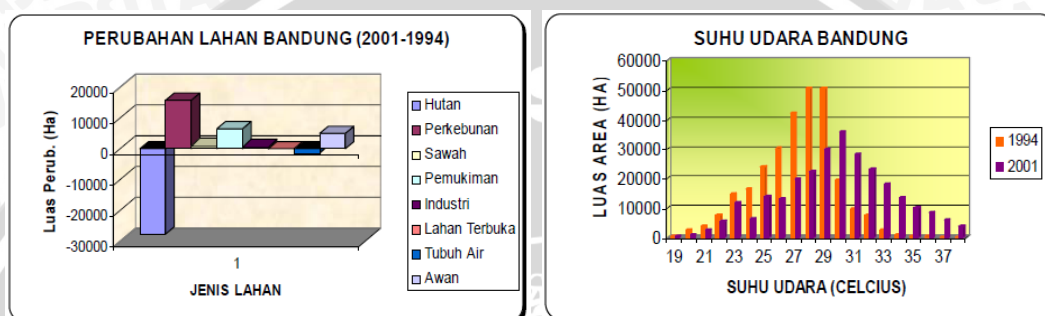
dengan energi untuk menurunkan suhu pengguna taman. Tingkat evapotranspirasi suatu areal tumbuhan sangat tergantung pada kelembaban tanah. Pada daerah perkotaan tanah kering lebih mendominasi, hal ini disebabkan karena penutupan perkerasan tanah yang mengakibatkan evapotranspirasi, sehingga penurunan suhu tanah menjadi berkurang. Sulistyantara *et. al.* (1998) menyatakan bahwa dengan meningkatnya proporsi penutupan aspal terhadap daerah *thermoscape* (suatu pola panas permukaan yang terbentuk di suatu lanskap), maka proporsi daerah dengan suhu yang tinggi dalam *thermoscape* juga akan meningkat. Sebaliknya, peningkatan proporsi struktur hijau (rumput, tanaman penutup tanah, semak, pohon) akan diikuti dengan meningkatnya proporsi daerah *thermoscape* yang bersuhu rendah.

Tabel 3. Suhu Permukaan dari Beberapa Jenis Elemen Lanskap (Sulistyantara *et. al.*, 1998)

No	Elemen	Suhu (° C)
1	Pohon : Terkena sinar Tajuk bagian bawah	32 – 33 28 – 29
2.	Semak	28 – 33
3.	Tan. penutup tanah	35 – 36
4.	Rumput	34 – 36
5.	Aspal	> 50
6.	Blok konkret	> 50

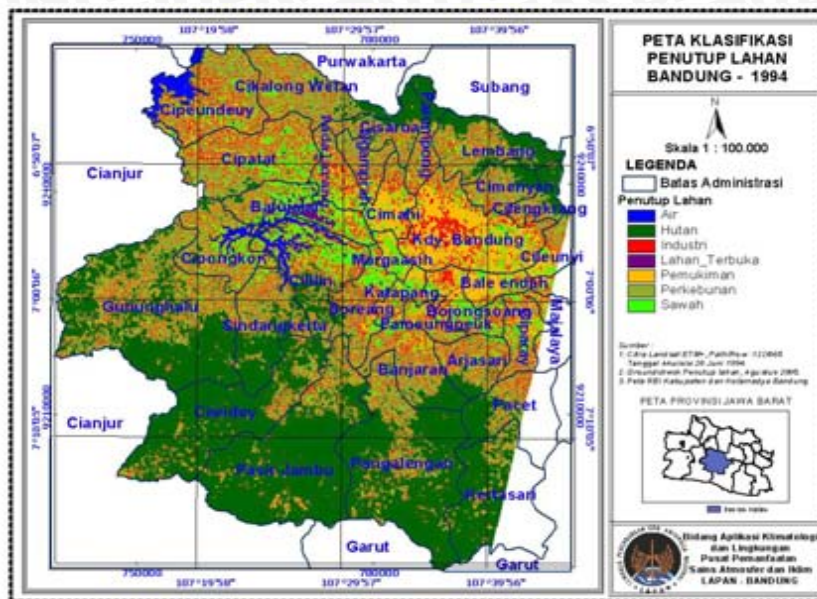
Martana (2011) menyatakan, keberadaan ruang terbuka hijau seluas kurang lebih 30 Ha yang dipenuhi pepohonan dapat menurunkan suhu lingkungan kurang lebih 2,5°C, ditambahkan pula bahwa lahan dengan tanam-tanaman seluas 1 ha dapat memberikan efek penurunan suhu hingga 4°C. Perkembangan suatu kota secara langsung atau tidak langsung akan semakin mengesampingkan fungsi RTH. Perubahan fungsi lahan RTH untuk memenuhi kebutuhan masyarakat perkotaan, baik berupa bangunan publik maupun fasilitas pendukung akan mengakibatkan masalah baru seperti peningkatan suhu di perkotaan yang mengarah pada *Urban Heat Island* (UHI). Alih fungsi lahan pada suatu RTH dicontohkan pada kota Bandung selama kurun waktu tahun 1994 - 2001, yaitu perluasan wilayah pemukiman dan industri. Dari analisis statistik

menunjukkan bahwa terdapat penambahan kawasan terbangun di Bandung per tahun kurang lebih 1.029 Ha (0,36%), sedangkan kawasan vegetasi (hutan) mengalami penurunan sebesar 3.932 Ha (1,4%). Perkembangan kawasan terbangun inilah yang juga menyebabkan perluasan *Urban Heat Island* (UHI), sehingga menyebabkan suhu di perkotaan menjadi lebih tinggi (Tursilowati, 2007) (Gambar 5).

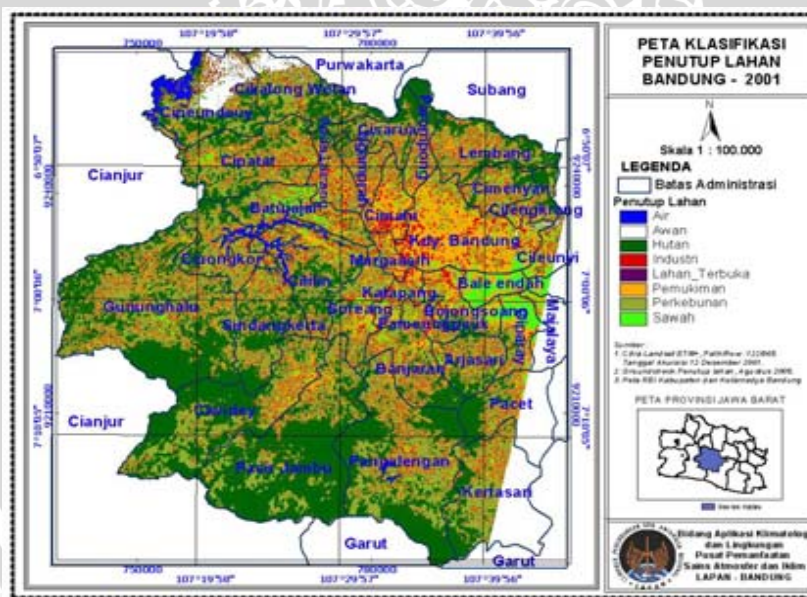


Gambar 5. Grafik Perubahan Lahan dan Grafik Suhu Udara di Bandung 1994 - 2001 (Tursilowati, 2007).

Perubahan pemanfaatan RTH Kota Bandung pada tahun 1994 dan 2001 terlihat pada peta klasifikasi lahan (Gambar 6 dan 7). Dari gambar tersebut dapat dilihat perkembangan kota semakin mengarah ke arah *rural*, sehingga RTH yang tersedia dalam bentuk hutan, perkebunan dan sawah menjadi semakin berkurang. Perkembangan kota tersebut meliputi perkembangan industri dan pemukiman yang secara perlahan mengancam keberadaan RTH Kota Bandung.



Gambar 6. Klasifikasi Lahan Bandung 1994 (Tursilowati, 2007).



Gambar 7. Klasifikasi Lahan Bandung 2001 (Tursilowati, 2007).

Sementara itu di Kota Malang luas lahan terbuka dari tahun ke tahun mengalami penurunan yang cukup besar, ini dapat dilihat pada Tabel 4 yang memperlihatkan perubahan jenis serta luas lahan di Kota Malang dari tahun ke tahun.

Tabel 4. Jenis dan Luas Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995 dan Tahun 2003 (Utaya, 2008).

No	Penggunaan Lahan	1964		1984		1995		2003	
		Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
1	Terbangun	2474,5	31,56	2180,76	19,81	4293,1	39,01	5276,48	47,94
2	Terbuka :								
	Rumput/taman	35,1	0,45	23,46	0,21	100,6	0,91	105,94	0,96
	Pekarangan	-	-	101,45	0,92	98,4	0,89	103,96	0,94
	Hutan Kota	18,4	0,23	20,91	0,19	6,6	0,05	1,67	0,02
	Tegalan	2597	33,12	3465,9	31,49	2707,5	24,6	2663,22	24,2
	Sawah	2720	34,69	4968,8	45,15	3319,6	30,16	2342,69	20,8
	Semak belukar	-	-	244,42	2,22	479,9	4,36	551,74	5,01
	Luas Total	7.842,0	100,00	11.005,7	100,00	11.005,7	100,00	11.005,7	100,00

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada tahun 1964 terdapat lahan terbuka seluas 68,44% dan pada tahun 1984 meningkat menjadi 79,19%. Peningkatan itu terjadi karena adanya pemekaran wilayah Kota Malang dari seluas 7.842 Ha menjadi 11.005,7 atau mengalami penambahan seluas 3.163,7 Ha. Penambahan wilayah tersebut sebagian besar berupa lahan terbuka sehingga secara drastis menambah proporsi lahan terbuka di Kota Malang. Perubahan luas lahan terbuka secara nyata terjadi pada tahun 1984 yang saat itu luas lahan terbuka masih 79,19%, sebelas tahun kemudian yaitu pada tahun 1995 luas lahan terbuka tersebut mengalami penyusutan sangat cepat sehingga tinggal 60,99% dan pada tahun 2003 luas lahan terbuka di Kota Malang menyusut lagi menjadi tinggal 52,06%. Penyusutan luas lahan terbuka tersebut terjadi secara nyata pada lahan sawah dan tegalan. Sebaliknya luas lahan terbangun/permukiman mengalami peningkatan secara drastis dari 19,81% (tahun 1984) menjadi 39% (tahun 1995) dan pada tahun 2003 meningkat menjadi 47,4% (Utaya, 2008).

Setyowati (2008) menyatakan, keberadaan RTH dapat meningkatkan kualitas hidup kota antara lain sebagai pengendali iklim mikro, yaitu sebagai pelindung dari radiasi sinar matahari, menurunkan suhu kota, meningkatkan kelembaban udara, mengurangi kecepatan angin dan dapat memenuhi fungsi estetika, serta dimanfaatkan untuk melakukan berbagai aktivitas sosial budaya warga kota.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Kota Malang Jawa Timur, dengan ketinggian tempat antara 440 - 667 m dpl. Secara administratif Kota Malang terbagi menjadi 5 kecamatan yaitu Kedungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru dan Sukun. Sedangkan secara astronomis Kota Malang terletak antara $112^{\circ}36'14''$ - $112^{\circ}40'42''$ BT dan $7^{\circ}36'8''$ - $8^{\circ}01'57''$ LS, dengan iklim tropis tipe Am (klasifikasi Koppen). Curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1.833 mm dan suhu udara rata-rata $23,9^{\circ}\text{C}$ dengan suhu tertinggi $25,9^{\circ}\text{C}$ pada bulan November dan suhu terendah $22,5^{\circ}\text{C}$ pada bulan Agustus. Kelembaban udara relatif tinggi yakni sebesar 72%. Penelitian berlangsung selama bulan April 2011 sampai Juni 2011.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, komputer, kertas, pensil gambar dan bolpoint. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data klimatologi FP UB Malang yang terdiri dari data suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin dan curah hujan selama 30 tahun (1979 – 2009).

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemanasan global terhadap perubahan tingkat kenyamanan lanskap perkotaan di Kota Malang selama 30 tahun terakhir dan mengetahui perubahan luas RTH Kota Malang selama 30 tahun terakhir serta mengetahui hubungan antara perubahan tingkat kenyamanan dan perubahan luas RTH Kota Malang. Data yang dikumpulkan terdiri dari data suhu dan kelembaban selama 30 tahun terakhir (1979 - 2009).

1. Perubahan Tingkat Kenyamanan

Metode yang digunakan untuk mengetahui perubahan tingkat kenyamanan Kota Malang ialah metode *Thermal Humidity Index* (THI) (Sham, 1986), metode Indeks Kenyamanan (IK) (Dahlan, 2004) serta metode RayMan (Matzarakis *et.*

al., 2000). Adapun data yang dikumpulkan untuk mengetahui perubahan tingkat kenyamanan Kota Malang adalah data suhu dan kelembaban selama 30 tahun terakhir (1979 – 2009). Data suhu dan kelembaban ini diperoleh dari stasiun klimatologi FP UB Malang. Untuk metode THI dan Indeks Kenyamanan (IK) menggunakan data suhu dan kelembaban, sementara untuk metode RayMan menggunakan data suhu dan kelembaban serta menggunakan parameter lingkungan seperti letak astronomis, data personal, aktivitas, pakaian, kecepatan angin, tekanan udara dan ketinggian tempat.

2. Perubahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Malang

Metode yang digunakan untuk mengetahui perubahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Malang ialah dengan pengumpulan data RTH Kota Malang selama 30 tahun terakhir. Data tersebut meliputi luas RTH, jenis RTH serta perubahan fungsi RTH Kota Malang selama 30 tahun terakhir (1979 – 2009). Selanjutnya data ditampilkan dengan statistik deskriptif yaitu dengan grafik, sehingga mudah untuk dipahami.

3. Hubungan Perubahan Tingkat Kenyamanan dan Perubahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Malang

Hubungan perubahan tingkat kenyamanan dan perubahan RTH Kota Malang akan dipaparkan secara statistik deskriptif yaitu dengan grafik sesuai dengan data yang telah dianalisis.

4. Quisioner

Penelitian ini diambil dengan menggunakan metode pengambilan sampel secara sengaja dengan maksud atau tujuan tertentu (*purposive sampling*), dari populasi yang ada di Kota Malang. Populasi atau *universe* adalah jumlah keseluruhan dari unit analisa yang ciri - cirinya akan diduga (Singarimbun *et. al.*, 2006). Sampel adalah bagian dari populasi yang diambil dan dipergunakan untuk menentukan sifat serta ciri-ciri yang dikehendaki dari populasi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 responden. Ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Singarimbun *et. al.* (2006), bilamana analisa yang dipakai adalah teknik korelasi, maka sampel yang harus diambil minimal 30 kasus. Sementara untuk pemilihan responden didasarkan pada lamanya responden tinggal di Kota

Malang yaitu minimal selama 35 tahun dengan daftar quisioner seperti pada lampiran 10. Penggunaan sampel quisioner ini adalah sebagai kontrol terhadap hasil analisis tingkat kenyamanan yang dilakukan dengan tiga metode analisis (THI, Indeks Kenyamanan dan RayMan).

3.3.1 Analisa Data

1. Tabulasi dan Grafik

Hubungan suhu dan kelembaban terhadap tingkat kenyamanan lanskap Kota Malang, dilihat dengan menggunakan statistik deskriptif yaitu dengan grafik, tabulasi dan rata-rata. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban dibuat grafik garis atau histogram. Dari tabulasi akan diperoleh rata-rata hasil selisih suhu dan kelembaban dari stasiun BMG. Sebagian data disajikan dalam tabel dan sebagian data lainnya disajikan dalam bentuk grafik, sehingga secara visual mudah dipahami. Untuk melihat kecenderungan perubahan tingkat kenyamanan (*Comfort Index*) dengan waktu, maka dilakukan dengan melihat hubungan CI (*Comfort Index*) dan parameter CI (suhu dan kelembaban) dengan waktu (tahun). Dari data tersebut diharapkan dapat dibuat ekstrapolasi tingkat kenyamanan dengan perjalanan waktu.

2. Evaluasi Kualitas Lingkungan

Perubahan kualitas lingkungan dapat dianalisis melalui hubungan antara suhu dan kelembaban. Untuk mengetahui CI (*Comfort Index*) dapat dilakukan dengan pendekatan. *Thermal Humidity Index* (THI) (Sham, 1998), Indeks Kenyamanan (IK) (Dahlan, 2004) serta menggunakan software RayMan 12 (Matzarakis, 2007).

Analisa tingkat kenyamanan dengan menggunakan pendekatan Tingkat Kenyamanan yang dihitung dengan beberapa cara yaitu :

a. THI (*Thermal Humidity Index*)

$$THI = 0.8T_a + (RH \times T_a)/500$$

T_a = suhu atau temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$) dan RH = kelembaban udara

Zona nyaman ditentukan oleh kelembaban relatif dan suhu, yaitu suhu dengan kisaran 21 - 26°C dengan kelembaban relatif antara 20% - 70%. Berdasar indeks ini, penduduk di daerah tropis akan merasa tidak nyaman bila nilai THI di atas 27 (Sham, 1986). Todd (1995) menambahkan batasan suhu terendah untuk kenyamanan adalah 21°C dan kelembaban maksimal 75 % atau setara dengan THI 19,9.

b. Indeks Kenyamanan (IK) (Dahlan, 2004)

Skor rerata suhu udara siang hari x 3 = A

Kisaran suhu :

22,5 - 24,5°C	: ideal (skor =3)
20,1 - 22,4°C atau 24,6 - 27,5°C	: sedang (skor=2)
≤20,0°C atau ≥27,6°C	: kurang (skor=1)

Skor rerata kelembaban udara relative siang hari x 2 = B

Kisaran kelembaban :

70,1% - 80,0%	: ideal (skor = 3)
80,1% - 91,0% atau 60,1% - 70,0%	: sedang (skor = 2)
≤ 60,0% atau ≥ 91,0%	: kurang (skor = 1)

Tingkat kenyamanan = Skor A +B

13 - 15	: sejuk dan nyaman
8 - 12	: agak nyaman
5 - 7	: kurang nyaman

c. Model RayMan

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following input data:

Date and time		Current data	
Date (day.month.year)	16.5.2010	Air temperature Ta (°C)	20.0
Day of year	136	Vapour pressure VP (hPa)	12.5
Local time (h:mm)	17:01	Rel. humidity RH (%)	53.5
Now and today		Wind velocity v (m/s)	1.0
		Cloud cover N (octas)	0.0
Geographic data		Surface temperature Ts (°C)	
Location:		Global radiation G (W/m²)	
1st location - erster Ort		Mean radiant temp. Tmrt (°C)	
Add location Remove location		Personal data	
Geogr. longitude (°E)	7°51'	Height (m)	1.75
Geogr. latitude (°N)	48°0'	Weight (kg)	75.0
Altitude (m)	323	Age (a)	35
Timezone (UTC + h)	1.0	Sex	m
		Clothing and activity	
		Clothing (clo)	0.90
		Activity (W)	80.0
		Position	standing
		Thermal indices	
		☒ PMV	☒ PET
		☒ SET*	

Buttons:

Gambar 8. Tabel Input Model RayMan dengan Parameter Tingkat Kenyamanan (T_{mrt}, PMV, PET, SET).

Model RayMan digunakan untuk memprediksi iklim perkotaan dan untuk penilaian iklim yang berhubungan dengan kenyamanan (Gambar 8) dan akan diperoleh nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET dari model tersebut. T_{mrt} didefinisikan sebagai suhu permukaan yang seragam pada sekitar permukaan yang terkena radiasi (emisi ϵ koefisien = 1) yang menghasilkan keuntungan energi yang sama dari tubuh manusia sebagai pancaran radiasi yang berlaku. Nilai ini dapat digunakan sebagai indeks thermal biometeorologikal manusia (Matzarakis *et. al.*, 1999).

$$T_{mrt} = \left[\frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n \left(E_i + a_k \frac{D_i}{\epsilon_p} \right) F_1 \right]^{0.25}$$

Dimana σ adalah konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67032 \times 10^{-8} \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$) dan ϵ_p adalah emisi koefisien tubuh manusia (Nilai standar 0,97). D_i terdiri dari radiasi matahari difus dan difus yang tercermin dari radiasi global. a_k adalah koefisien area permukaan tubuh iradiasi penyerapan gelombang pendek radiasi (nilai standar 0,7).

PMV memprediksi rata-rata penilaian lingkungan thermal untuk manusia dengan nilai sesuai skala ASHRAE dimana terdapat tujuh tingkat kenyamanan (*grade* PMV situasi cuaca ekstrim dapat lebih tinggi dari 3,5 atau lebih rendah dari -3,5) (Mayer dan Matzarakis, 1997). Jadi PMV (*Predicted Mean Vote*) ialah sebuah indeks yang memperkirakan nilai rata-rata *vote* kelompok manusia pada 7 point skala sensasi thermal (Tabel 4) yang diperoleh dari persamaan :

$$\text{PMV} = (0.3.3e^{-0.036M} + 0.028)L$$

Dimana M = tingkat metabolisme, L = beban thermal yang didefinisikan sebagai selisih antara produksi panas internal dan panas yang hilang ke lingkungan, dan hilangnya panas ini dipengaruhi oleh aktivitas aktual seseorang. Hilangnya panas pada seseorang disertai dengan turut menguapnya keringat, sehingga diharapkan dapat diperoleh nilai kenyamanan thermal pada tubuh seseorang.

Tabel 5. Tujuh Tingkat Sensasi Thermal Pada PMV (*Predicted Mean Vote*) (Mayer dan Matzarakis, 1997).

PMV	Sensasi Thermal
+3	<i>Hot</i> (panas)
+2	<i>Warm</i> (hangat)
+1	<i>Slightly warm</i> (agak hangat)
0	<i>Neutral</i> (netral)
-1	<i>Slightly cool</i> (agak sejuk)
-2	<i>Cool</i> (dingin)
-3	<i>Cold</i> (sangat dingin)

PET (*Physiological Equivalent Temperature*) ialah salah satu indeks bioklimat yang memiliki unit yang dikenal secara umum ($^{\circ}\text{C}$), yang membuat hasil mudah dimengerti dan dipahami bagi para perencana kota dan pengambilan keputusan. PET didefinisikan sebagai suhu udara di mana keseimbangan energi manusia untuk kondisi *indoor* yang seimbang dengan suhu kulit yang sama dengan tingkat keringat (*sweat*) pada kondisi *outdoor* aktual (Mayer dan Matzarakis, 1997). Indeks dibagi dalam 9 tingkat seperti pada Tabel 5. Sedangkan Gagge, Nishi dan Gonzales (1972) mengusulkan bahwa 50 RH dasar dimasukkan dalam indeks baru, yang didefinisikan sebagai suhu *imaginer* standar lingkungan dengan transfer diawali koefisien dimana pertukaran panas total dari permukaan kulit akan sama seperti di lingkungan yang sebenarnya. Indeks standar ini disebut *Standard Effective Temperature* (SET).

Tabel 6. Sembilan Tingkat Persepsi Thermal Pada PET (*Physiological Equivalent Temperature*) Pada Manusia (Matzarakis *et. al.*, 2006).

PET ($^{\circ}\text{C}$)	Persepsi Thermal
<4	<i>Very cold</i> (sangat dingin)
4 – 8	<i>Cold</i> (dingin)
8 – 13	<i>Cool</i> (sejuk)
13 – 18	<i>Slightly cool</i> (agak sejuk)
18 – 23	<i>Comfortable</i> (nyaman)
23 – 29	<i>Slightly warm</i> (agak hangat)
29 – 35	<i>Warm</i> (hangat)
35 – 41	<i>Hot</i> (panas)
>41	<i>Very hot</i> (sangat panas)

d. Quisioner

Hasil analisis tingkat kenyamanan Kota Malang dari metode THI (*Thermal Humidity index*), Indeks Kenyamanan dan RayMan dibandingkan dengan hasil tabulasi quisioner yang digunakan sebagai kontrol terhadap kondisi kenyamanan Kota Malang.

Sementara itu jenis dan cara pengambilan data dalam penelitian ini akan disajikan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Jenis Data, Pengumpulan Data, Cara Pengambilan, Sumber dan Bentuk Data.

Jenis Data	Pengumpulan Data	Cara Pengambilan	Sumber	Bentuk
Keadaan Umum Kawasan • Kondisi Kawasan				
Letak dan Luas Lokasi	Data Sekunder	Studi Pustaka, Wawancara	Buku, Internet	Tertulis
Batas Lokasi (U, T, B, S)	Data Sekunder	Studi Pustaka,	Buku, Internet	Tertulis
Geografis (Lintang dan Bujur)	Data Sekunder	Studi Pustaka	Buku, Internet	Tertulis
• Iklim Suhu (°C) Kelembaban (%) Radiasi Matahari (call/m ² /hari) Kecepatan Angin (km/jam) Curah Hujan (mm)	Data Sekunder	Studi Pustaka	Stasiun Klimatologi FP UB	Tertulis
• Topografi Ketinggian Tempat (m dpl)	Data Sekunder	Studi Pustaka	Buku, Internet	Tertulis
• RTH Luas RTH Kota Malang Jenis RTH Kota Malang	Data Sekunder	Studi Pustaka	BPN, Buku, Internet	Tertulis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Iklim Mikro Kota Malang

4.1.1.1 Suhu Kota Malang

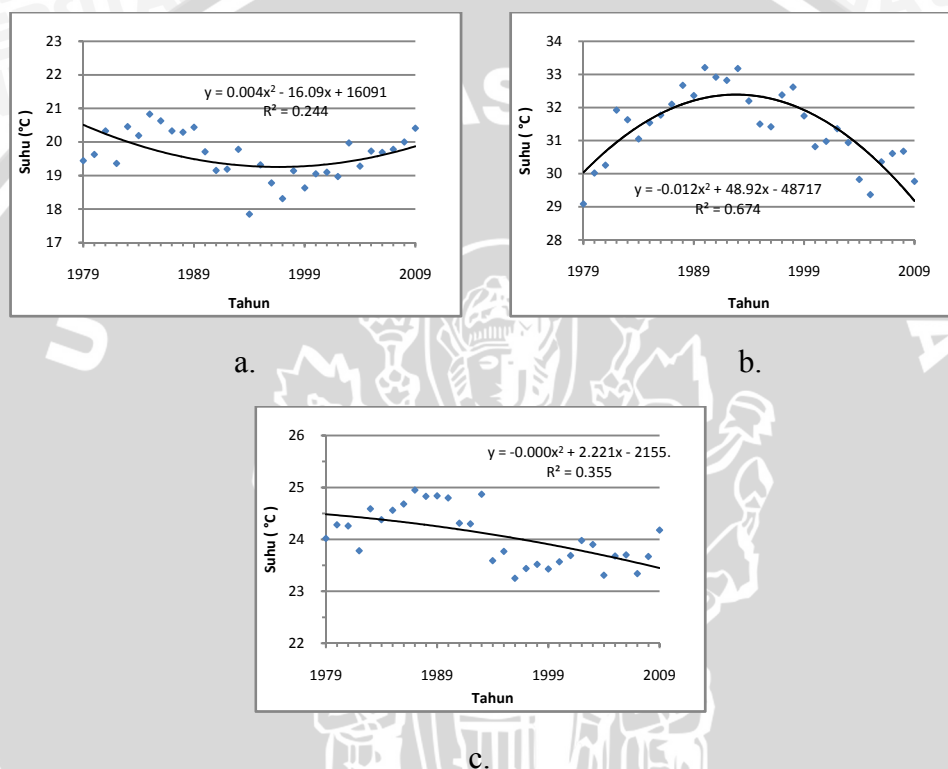
Analisis suhu tahun 1979 – 2009 yang telah dilakukan di Kota Malang menunjukkan perubahan yang cukup besar, baik yang terjadi pada suhu minimum, suhu maksimum maupun suhu rata-rata. Hasil pengamatan suhu per 10 tahunan Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata - rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Rata - rata Suhu (°C)		
	Minimum	Maksimum	Rata - rata
1979 - 1988	20,15	31,20	24,43
1989 - 1998	19,17	32,46	24,07
1999 - 2009	19,51	30,59	23,68

Dari Tabel 8 dapat dilihat adanya perubahan rata – rata suhu, baik yang terjadi pada suhu minimum, suhu maksimum maupun suhu rata – rata selama periode waktu 30 tahun di Kota Malang. Periode tahun 1979 – 1988 rata – rata suhu minimum yang terjadi mencapai angka 20,15 °C, sementara pada periode tahun 1989 – 1998 mengalami penurunan sebesar 0,98 °C menjadi 19,17 °C. Periode tahun 1999 – 2009 rata – rata suhu minimum kota Malang mengalami kenaikan menjadi 19,51 °C. Rata – rata suhu minimum pada periode tahun 1999 – 2009 mengalami peningkatan sebesar 0,34 °C di bandingkan dengan periode 1989 – 1998. Sementara itu rata – rata suhu maksimum Kota Malang pada periode tahun 1979 – 1988 berkisar pada 31,20 °C namun pada periode berikutnya yaitu tahun 1989 – 1998 rata – rata suhu maksimum Kota Malang mengalami peningkatan sebesar 1,26 °C menjadi 32,46 °C. Selanjutnya pada periode tahun 1999 – 2009 rata – rata suhu maksimum mengalami penurunan menjadi 30,59 °C. Penurunan suhu ini lebih rendah 1,87 °C di bandingkan pada periode tahun 1989 – 1998 dan lebih rendah 0,61 °C dibandingkan pada periode tahun 1979 – 1988.

Selanjutnya rata – rata suhu rata – rata Kota Malang pada periode tahun 1979 – 1988 mencapai 24,43 °C dan pada periode tahun 1989 – 1998 rata – rata suhu rata-rata Kota Malang mengalami penurunan sebesar 0,36 °C menjadi 24,07 °C. Pada periode tahun 1999 – 2009 rata – rata suhu rata-rata Kota Malang kembali mengalami penurunan sebesar 0,39 °C menjadi 23,68 °C. Perubahan rata – rata suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata – rata Kota Malang selama periode waktu 30 tahun dapat dilihat pada grafik (Gambar 9).



Gambar 9. (a) Perubahan Rata – rata Suhu Minimum, (b) Suhu Maksimum dan (c) Suhu Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Dari Gambar 9 dapat dilihat pola perubahan suhu yang terjadi di Kota Malang, pada rata - rata suhu minimum tertinggi terjadi pada periode tahun 1979 – 1988 dan suhu minimum terendah terjadi pada periode tahun 1989 – 1998. Sedangkan kondisi yang hampir sama terjadi pada rata – rata suhu maksimum, kondisi suhu maksimum tertinggi terjadi pada periode tahun 1989 – 1998 dan kondisi suhu maksimum terendah terjadi pada periode tahun 1999 – 2009. Pada rata – rata suhu rata – rata Kota Malang kondisi suhu rata – rata tertinggi terjadi

pada periode tahun 1979 – 1988 dan suhu rata – rata terendah terjadi pada periode tahun 1999 – 2009.

Selain itu pengamatan juga dilakukan pada rata – rata suhu bulanan, baik rata – rata suhu minimum, suhu maksimum maupun suhu rata – rata. Hasil pengamatan terhadap perubahan rata - rata suhu bulanan dan perubahan bulan pada rata – rata suhu bulanan per 10 tahunan tersaji pada Tabel 9 dan 10.

Tabel 9. Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Rata - rata Suhu (° C)					
	Minimum		Maksimum		Rata - rata	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	21,44	18,59	32,36	30,06	24,94	23,66
1989 - 1998	20,19	17,58	33,55	31,86	24,69	23,17
1999 - 2009	20,35	17,98	31,74	29,16	24,48	22,94

Tabel 10. Perubahan Bulan Pada Rata – rata Suhu Minimum, Suhu Maksimum dan Suhu Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang tahun 1979 – 2009.

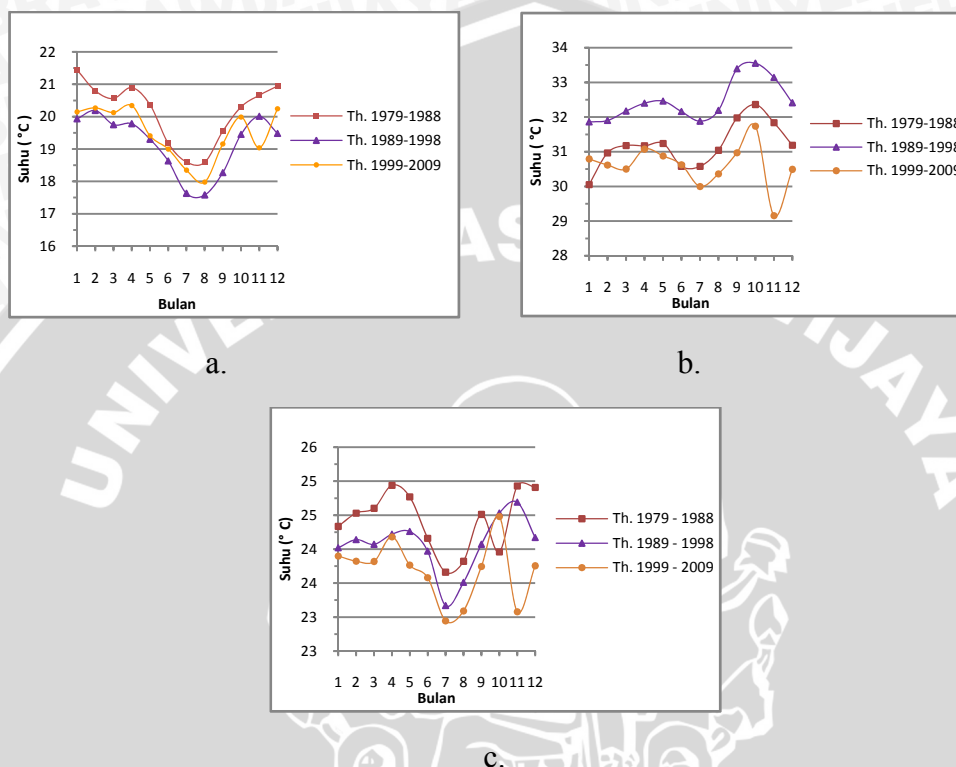
Tahun	Rata - rata Suhu					
	Minimum		Maksimum		Rata - rata	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	Januari	Agustus	Oktober	Januari	April	Juli
1989 - 1998	Pebruari	Agustus	Oktober	Januari	November	Juli
1999 - 2009	April	Agustus	Oktober	November	Oktober	Juli

Dari Tabel 9 dan 10 dapat dilihat perubahan yang terjadi pada rata – rata suhu dan perubahan bulan baik pada suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata – rata bulanan Kota Malang selama periode waktu 30 tahun. Pada rata – rata suhu minimum periode tahun 1979 – 1988, rata – rata suhu minimum tertinggi Kota Malang terjadi pada bulan Januari sebesar 21,44 °C dan terus mengalami penurunan hingga mencapai rata – rata suhu minimum terendah pada bulan Agustus yaitu mencapai 18,59 °C. Periode tahun 1989 – 1998 rata – rata suhu minimum tertinggi Kota Malang mengalami perubahan, suhu minimum tertinggi terjadi pada bulan Pebruari yaitu sebesar 20,19 °C dan rata – rata suhu minimum terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 17,58 °C. Selanjutnya pada periode

tahun 1999 – 2009 rata – rata suhu minimum tertinggi Kota Malang kembali mengalami perubahan, yaitu terjadi pada bulan April sebesar 20,35 °C, dan rata – rata suhu minimum terendah tetap terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 17,98 °C. Sementara itu rata – rata suhu maksimum periode tahun 1979 – 1988 mengalami kondisi tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 32,36 °C yang selanjutnya mengalami penurunan pada bulan berikutnya hingga mencapai rata – rata suhu maksimum terendah pada Januari yaitu sebesar 30,06 °C. Pada periode tahun 1989-1998 rata – rata suhu maksimum tertinggi juga terjadi pada bulan Oktober yaitu sebesar 33,55 °C dan rata - rata suhu maksimum terendah juga terjadi pada bulan Januari sebesar 31,86 °C. Periode tahun 1999 – 2009 rata - rata suhu maksimum tertinggi yang terjadi di Kota Malang terjadi di bulan Oktober sebesar 31,74 °C, sedangkan rata - rata suhu maksimum terendah pada periode tahun 1999 – 2009 mengalami perubahan dibandingkan dengan dua periode sebelumnya. Pada periode ketiga, rata – rata suhu maksimum terendah terjadi pada bulan November yaitu mencapai 29,16 °C. Selanjutnya pada rata – rata suhu rata – rata periode tahun 1979 – 1988, suhu tertinggi terjadi pada bulan April yaitu sebesar 24,94 °C, sedangkan suhu terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 23,66 °C. Periode tahun 1989 – 1998 suhu tertinggi mengalami perubahan yaitu terjadi pada bulan November sebesar 24,69 °C, dan suhu terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 23,17 °C. Sementara itu pada periode tahun 1999 – 2009 rata - rata suhu rata-rata Kota Malang kembali mengalami perubahan yaitu suhu tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 24,48 °C, sedangkan suhu terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 22,94 °C.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan per 10 tahunan, rata – rata suhu minimum tertinggi terjadi pada awal tahun, sedangkan rata – rata suhu minimum terendah terjadi pada pertengahan tahun (Agustus). Pada rata - rata suhu maksimum, suhu tertinggi selalu terjadi pada bulan Oktober. Namun tidak demikian yang terjadi pada rata – rata suhu maksimum terendah yang mengalami perubahan dari bulan Januari (untuk periode tahun 1979 – 1988 dan 1989 – 1998) menjadi bulan November pada periode tahun 1999 – 2009. Sementara itu pada rata – rata suhu rata – rata, suhu tertinggi mengalami perubahan yaitu pada periode tahun 1979 – 1988 terjadi pada bulan April sedangkan pada periode tahun 1989 – 1998 dan

1999 – 2009 suhu tertinggi terjadi di akhir tahun yaitu bulan Oktober dan November. Namun hal berbeda ditunjukkan pada rata – rata suhu rata – rata terendah, selama tiga periode tidak terjadi perubahan dan selalu terjadi pada bulan Juli. Perubahan rata – rata suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata – rata bulanan selama periode 30 tahun di Kota Malang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. (a) Perubahan Rata - rata Suhu Minimum, (b) Suhu Maksimum dan (c) Suhu Rata - rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Pola yang terjadi pada perubahan rata – rata suhu, baik suhu minimum, suhu maksimum ataupun suhu rata – rata dan perubahan bulan selama tiga dasawarsa terakhir di Kota Malang dipengaruhi oleh adanya iklim Muson yang secara langsung mempengaruhi suhu di Indonesia. Anonymous (2011) menyatakan iklim Muson sendiri terbagi menjadi 2 jenis yaitu Muson Barat yang bertiup sekitar bulan Oktober sampai April yang membawa musim hujan/penghujan dan Muson Timur yang bertiup sekitar bulan April sampai Oktober yang membawa musim kemarau.

4.1.1.2 Kelembaban Kota Malang

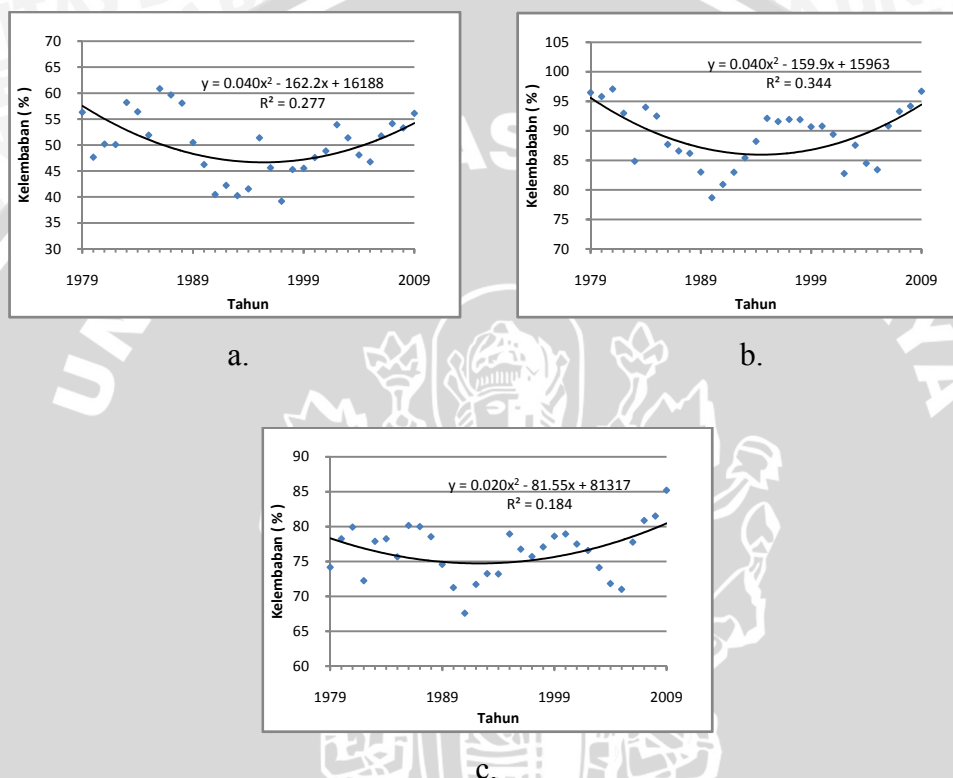
Kelembaban merupakan salah satu faktor pendukung suatu kenyamanan pada suatu kawasan. Dari pengamatan yang dilakukan, kelembaban yang terjadi di Kota Malang dari waktu ke waktu mengalami perubahan yang cukup besar. Hasil pengamatan rata – rata kelembaban minimum, kelembaban maksimum dan kelembaban rata – rata Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rata - rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata - rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Rata - rata Kelembaban (%)		
	Minimum	Maksimum	Rata - rata
1979 - 1988	54,94	91,43	77,51
1989 - 1998	44,27	86,68	74,01
1999 - 2009	50,68	89,47	77,63

Dari Tabel 11 dapat dilihat perubahan nilai rata – rata kelembaban baik yang terjadi pada kelembaban minimum, maksimum dan rata – rata selama 30 tahun di Kota Malang. Pada rata – rata kelembaban minimum, periode tahun 1979 – 1988 rata – rata kelembaban minimum mencapai 45,48 % dan rata – rata kelembaban minimum mengalami penurunan pada periode tahun 1989 – 1998 yaitu sebesar 12,12 % menjadi 33,36 %. Selanjutnya pada periode tahun 1998 – 2009 rata – rata kelembaban minimum Kota Malang kembali mengalami peningkatan menjadi 43,22 %. Peningkatan rata – rata kelembaban minimum pada periode ini mencapai 9,86 % di bandingkan dengan rata – rata kelembaban minimum periode tahun sebelumnya Pada rata – rata kelembaban maksimum, periode tahun 1979 – 1988 mencapai 91,43 %, namun pada periode tahun 1989 – 1998 rata – rata kelembaban maksimum Kota Malang mengalami penurunan sebesar 4,75 % menjadi 86,68 %. Rata – rata kelembaban maksimum kembali meningkat pada periode tahun 1999 – 2009 sebesar 89,47 %. Peningkatan ini mencapai 2,79 % dibandingkan periode tahun sebelumnya. Sementara itu pada rata – rata kelembaban rata – rata Kota Malang periode tahun 1979 – 1988 mencapai 77,51 %. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 rata – rata

kelembaban rata-rata mengalami penurunan sebesar 3,5 % menjadi 74,01 %. Pada periode tahun 1999 – 2009 rata – rata kelembaban rata-rata mengalami kenaikan menjadi 77,63 %, dimana kenaikan ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan dua periode sebelumnya. Perubahan rata - rata kelembaban minimum, kelembaban maksimum dan kelembaban rata - rata Kota Malang tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. (a) Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, (b) Kelembaban Maksimum dan (c) Kelembaban Rata – rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Dari pengamatan dapat dilihat pola perubahan yang terjadi pada rata – rata kelembaban udara memiliki bentuk yang berkebalikan dengan pola perubahan rata – rata suhu udara. Saat rata – rata kelembaban minimum Kota Malang tahun 1979 – 2009 mengalami peningkatan, maka suhu maksimum akan menurun. Hal senada juga terjadi pada rata – rata kelembaban maksimum dan kelembaban rata – rata. Kondisi ini menunjukkan hubungan antara kelembaban dan suhu, dimana semakin meningkat nilai kelembaban maka nilai suhu akan semakin menurun.

Selain itu perubahan juga terjadi pada rata – rata kelembaban bulanan, baik pada kelembaban minimum, maksimum maupun rata – rata. Hasil

pengamatan rata – rata kelembaban minimum, kelembaban maksimum maupun kelembaban rata – rata dan perubahan bulan pada rata – rata kelembaban bulanan per 10 tahunan dapat dilihat pada Tabel 12 dan 13.

Tabel 12. Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Bulanan Kota Malang per 10 Tahunan Tahun 1979 - 2009.

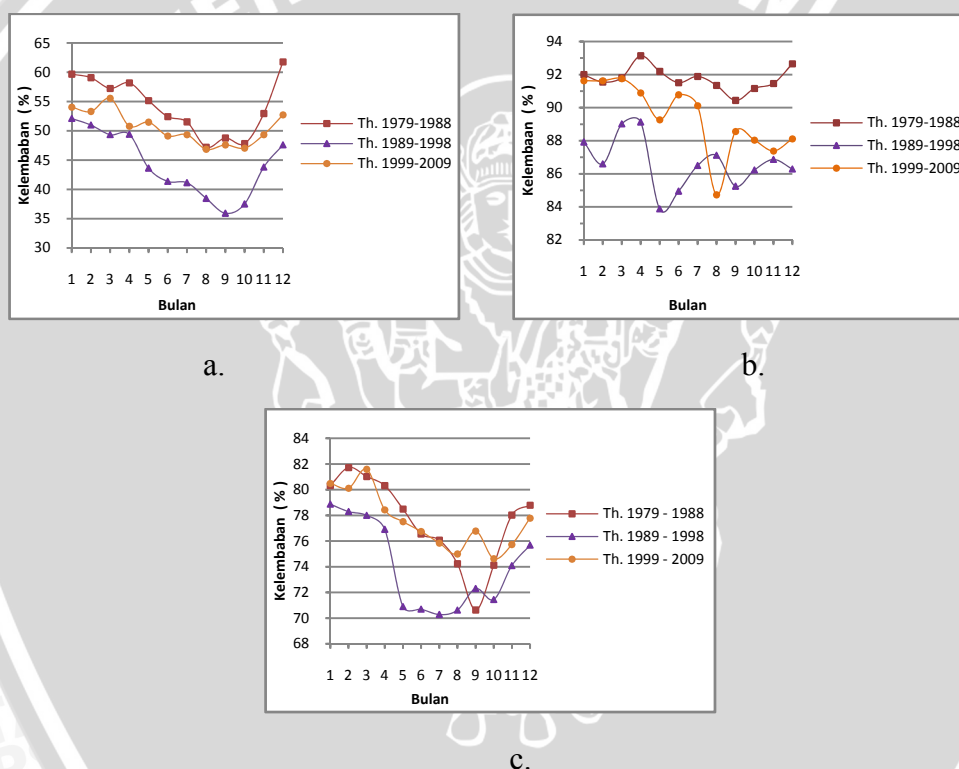
Tahun	Rata - rata Kelembaban (%)					
	Minimum		Maksimum		Rata - rata	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	61,80	47,23	93,13	90,43	81,73	70,63
1989 - 1998	52,11	35,92	89,13	83,88	78,87	70,28
1999 - 2009	55,55	46,85	91,75	84,73	81,58	74,64

Tabel 13. Perubahan Bulan Pada Rata – rata Kelembaban Minimum, Kelembaban Maksimum dan Kelembaban Rata – rata Bulanan Kota Malang per 10 Tahunan Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Rata - rata Kelembaban					
	Minimum		Maksimum		Rata - rata	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	Desember	Agustus	April	September	Pebruari	September
1989 - 1998	Januari	September	April	Mei	Januari	Juli
1999 - 2009	Maret	Agustus	Maret	Agustus	Maret	Oktober

Dari Tabel 12 dan 13 dapat dilihat rata – rata kelembaban minimum tertinggi pada periode tahun 1979 -1988 terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 61,80 %, dan rata – rata kelembaban minimum terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 47,23 %. Pada periode tahun 1989 – 1998 rata – rata kelembaban minimum tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 52,11 % dan rata – rata kelembaban minimum terendah terjadi pada bulan September sebesar 35,92 %. Periode tahun 1999 – 2009 rata – rata kelembaban minimum tertinggi mengalami peningkatan dibandingkan periode tahun sebelumnya yaitu 55,55 % yang terjadi pada bulan Maret. Sedangkan untuk rata – rata kelembaban minimum terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 46,85 %. Pada rata – rata kelembaban maksimum Kota Malang periode tahun 1979 – 1988, kelembaban maksimum

tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 93,13 %, sedangkan rata – rata kelembaban maksimum terendah terjadi pada bulan September sebesar 90,43 %. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 rata – rata kelembaban maksimum tertinggi Kota Malang mengalami penurunan dibandingkan pada periode tahun sebelumnya yaitu sebesar 89,13 % yang terjadi pada bulan April, dan untuk kelembaban maksimum rata - rata terendah terjadi pada bulan Mei sebesar 83,88 %. Periode tahun 1999 – 2009 rata – rata kelembaban maksimum tertinggi kembali meningkat sebesar 91,75 % yang terjadi pada bulan Maret dan rata – rata kelembaban maksimum terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 84,73 % (Gambar 12).



Gambar 12. (a) Perubahan Rata – rata Kelembaban Minimum, (b) Kelembaban Maksimum dan (c) Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Sementara itu rata – rata kelembaban rata – rata tertinggi pada periode tahun 1979 – 1988 terjadi pada bulan Pebruari yaitu sebesar 81,73 %, dan kelembaban rata-rata terendah terjadi pada bulan September sebesar 70,63 %. Pada periode tahun berikutnya kelembaban rata-rata tertinggi berada di bulan Januari yang mengalami penurunan sebesar 2,86 % dibandingkan periode tahun

sebelumnya menjadi 78,87 % dan kelembaban rata-rata terendah terjadi di bulan Juli yang mencapai angka 70,28 %. Periode tahun 1999 – 2009 rata - rata kelembaban rata-rata tertinggi mengalami peningkatan yaitu sebesar 2,71 % menjadi 81,58 % yang terjadi di bulan Maret dan kelembaban rata-rata terendah mencapai angka 74,64 % pada bulan Oktober. Sama halnya dengan kondisi suhu, kondisi kelembaban udara Kota Malang juga dipengaruhi oleh adanya iklim Muson, dimana pada bulan Oktober hingga April terjadi Muson Barat yang mengakibatkan musim penghujan. Kondisi ini menyebabkan kelembaban menjadi meningkat dan suhu menjadi turun. Sedangkan pada bulan April hingga Oktober terjadi Muson Timur yang mengakibatkan musim kemarau sehingga kondisi kelembaban menjadi rendah dan suhu menjadi meningkat.

4.1.2 Kondisi Kenyamanan Kota Malang

4.1.2.1 Metode *Thermal Humidity Index* (THI)

Thermal Humidity Index (THI) merupakan salah satu metode dalam menganalisis kenyamanan yang dikaitkan dengan besaran suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban relatif (%). Indeks kenyamanan dalam kondisi nyaman ideal bagi manusia di Indonesia berada pada kisaran THI 19,9 – 27. Hasil analisis THI dan kategori kenyamanan menurut THI untuk Kota Malang tahun 1979 – 2009 pada kondisi suhu minimum ($T_{\min}$) dan kelembaban maksimum ($\text{RH}_{\max}$), suhu maksimum ($T_{\max}$) dan kelembaban minimum ($\text{RH}_{\min}$) serta suhu rata – rata (T_{mean}) dan kelembaban rata – rata (RH_{mean}) per 10 tahunan dapat dilihat pada Tabel 14 dan 15.

Tabel 14. Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	<i>Thermal Humidity Index</i> (THI)		
	$T_{\min}$ & $\text{RH}_{\max}$	$T_{\max}$ & $\text{RH}_{\min}$	T_{mean} & RH_{mean}
1979 - 1988	19,69	28,36	23,34
1989 - 1998	18,60	28,78	22,82
1999 - 2009	18,95	25,94	22,49

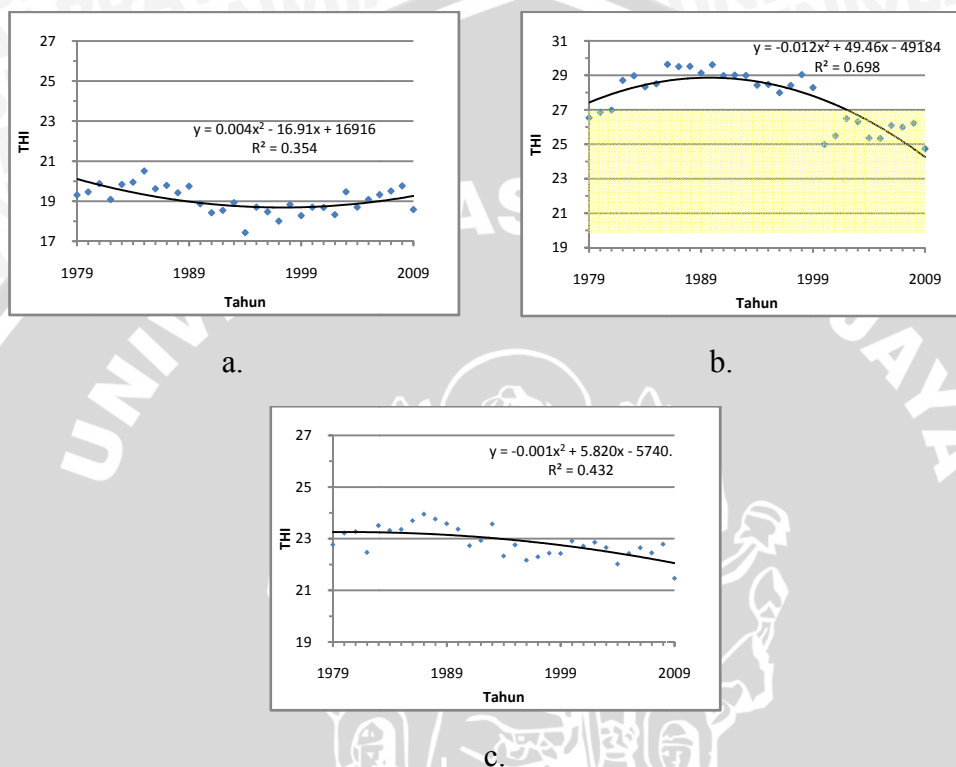
Ket : Nilai THI nyaman manusia di Indonesia adalah 19,9 – 27.

Tabel 15. Kategori Kenyamanan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Kategori Kenyamanan		
	Tmin & RHmax	Tmax & RHmin	Tmean & RHmean
1979 - 1988	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman
1989 - 1998	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman
1999 - 2009	Tidak Nyaman	Nyaman	Nyaman

Hasil analisis dengan metode THI pada suhu minimum dan kelembaban maksimum menunjukkan pada periode tahun 1979 – 1988 nilai THI Kota Malang mencapai angka 19,69. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 nilai THI Kota Malang mengalami penurunan 1,09 menjadi 18,6. Periode tahun 1999 – 2009 nilai THI kembali meningkat sebesar 0,35 menjadi 18,95. Dari analisis data yang diperoleh, tidak ditemukan kondisi nyaman pada suhu minimum dan kelembaban maksimum di Kota Malang selama periode tahun 1979 – 2009. Analisis data menunjukkan nilai THI Kota Malang pada suhu minimum dan kelembaban maksimum berada dibawah kisaran THI kondisi nyaman ideal manusia di Indonesia. Nilai THI yang rendah dapat dikarenakan kondisi suhu minimum yang terlalu rendah dan kelembaban maksimum yang terlalu tinggi, sehingga kondisi udara menjadi dingin. Hal ini yang mengakibatkan tingkat kenyamanan menurun dan berpengaruh pula pada menurunnya nilai THI. Selanjutnya pada suhu maksimum dan kelembaban minimum pada periode tahun 1979 – 1988 nilai THI Kota Malang tercatat sebesar 28,36. Pada periode tahun berikutnya, nilai THI Kota Malang mengalami peningkatan 0,42 menjadi 28,78. Selanjutnya pada periode tahun 1999 – 2009 nilai THI menurun 2,84 menjadi 25,94. Sepanjang tiga dasawarsa tersebut Kota Malang mengalami nilai THI ternyaman dengan kondisi suhu maksimum dan kelembaban minimum pada periode tahun 1999 – 2009 yaitu sebesar 25,94. Hal ini sesuai dengan kondisi nyaman ideal manusia di Indonesia yang berada pada kisaran THI 19,9 – 27. Kondisi nyaman pada periode tahun 1999 – 2009 dipengaruhi oleh kondisi suhu maksimum dan kelembaban minimum pada tahun tersebut. Pada tahun 1999 – 2009 kondisi suhu maksimum Kota Malang mengalami penurunan jika dibandingkan dengan suhu maksimum pada tahun 1979 – 1988 dan 1989 – 1998.

Kondisi sebaliknya terjadi pada kelembaban minimum udara kota Malang tahun 1999 – 2009 yang mengalami peningkatan jika dibandingkan periode tahun 1989 – 1998. Hal inilah yang menyebabkan nilai THI pada suhu maksimum dan kelembaban minimum periode tahun 1999 – 2009 mencapai kondisi nyaman sesuai dengan kondisi nyaman ideal manusia di Indonesia (Gambar 13).



Gambar 13. (a) Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, (b) Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta (c) Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Sementara itu nilai THI pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata Kota Malang periode tahun 1979 – 1988 mencapai 23,34, selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 nilai THI mengalami penurunan 0,52 menjadi 22,82. Pada periode terakhir tahun 1999 – 2009 nilai THI Kota Malang kembali mengalami penurunan 0,33 menjadi 22,49. Hasil analisa pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata tahun 1979 – 2009 menunjukkan Kota Malang berada pada kondisi nyaman, hal ini terlihat dari nilai THI hasil analisis menunjukkan nilai yang sama dengan kisaran THI pada kondisi nyaman ideal manusia di Indonesia yaitu sebesar 19,9 – 27.

Selain itu analisis juga dilakukan pada THI bulanan Kota Malang tahun 1979 – 2009 dengan parameter yang sama yaitu pada suhu minimum dan kelembaban maksimum, suhu maksimum dan kelembaban minimum serta suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata. Perubahan nilai THI, bulan dan kategori kenyamanan menurut THI bulanan Kota Malang tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Tabel 16, 17 dan 18.

Tabel 16. Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	<i>Thermal Humidity Index (THI)</i>					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	21,12	17,86	29,19	27,35	23,96	22,53
1989 - 1998	19,48	16,83	29,40	27,86	23,40	21,83
1999 - 2009	19,97	17,44	26,66	24,59	23,14	21,12

Ket : Nilai THI nyaman manusia di Indonesia adalah 19,9 – 27.

Tabel 17. Perubahan Bulan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

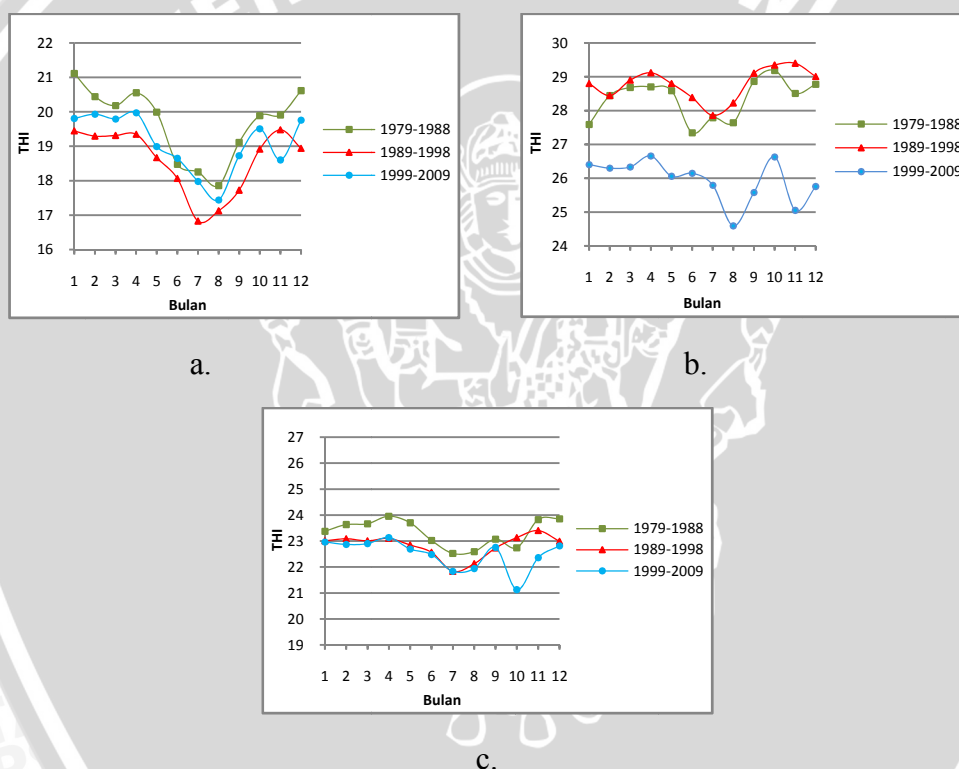
Tahun	<i>Thermal Humidity Index (THI)</i>					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	Januari	Agustus	Oktober	Juni	April	Juli
1989 - 1998	November	Juli	November	Juli	November	Juli
1999 - 2009	April	Agustus	April	Agustus	April	Oktober

Tabel 18. Kategori Kenyamanan Menurut THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Kategori Kenyamanan Menurut <i>Thermal Humidity Index</i> (THI)					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Nyaman
1989 - 1998	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Nyaman
1999 - 2009	Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Nyaman	Nyaman	Nyaman

Dari data di atas dapat dilihat pada suhu minimum dan kelembaban maksimum periode tahun 1979 – 1988 nilai THI tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu mencapai 21,12 dan nilai THI terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 17,86. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai THI tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 19,48, sedangkan nilai THI terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 16,83. Pada periode terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 nilai THI tertinggi mencapai 19,97 yang terjadi pada bulan April, dan nilai THI terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 17,44. Pada suhu maksimum dan kelembaban minimum periode tahun 1979 – 1988 nilai THI tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 29,19, sedangkan nilai THI terendah 27,35 pada bulan Juni. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai THI tertinggi berada pada bulan November sebesar 29,40 dan nilai THI terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 27,86. Pada periode tahun 1999 – 2009 nilai THI tertinggi sebesar 26,66 terjadi pada bulan April dan nilai THI terendah sebesar 24,59 terjadi pada bulan Agustus. Selama tiga periode nilai THI pada suhu maksimum dan kelembaban minimum ternyata ditunjukkan pada periode tahun 1999 – 2009. Hal ini dapat dikarenakan pada periode ketiga yaitu tahun 1999 – 2009 suhu udara Kota Malang cenderung mengalami penurunan dan kelembaban udara mengalami peningkatan. Selanjutnya THI pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata pada periode tahun 1979 – 1988 nilai THI tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 23,96 dan nilai THI terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 22,53. Pada periode berikutnya nilai THI tertinggi sebesar 23,40 terjadi pada bulan November, sedangkan nilai THI terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 21,83. Periode

ketiga yaitu tahun 1999 – 2009, nilai THI tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 23,14 dan nilai THI terendah terjadi pada bulan Oktober sebesar 21,12. Selama tiga dasawarsa terakhir pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata kategori kenyamanan berada pada kondisi nyaman. Ini bisa disebabkan karena pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata cenderung terbentuk kondisi udara yang tidak terlalu dingin dan juga tidak terlalu panas, sehingga ini meningkatkan nilai kenyamanan. Perubahan THI Kota Malang pada suhu minimum dan kelembaban maksimum, suhu maksimum dan kelembaban minimum serta suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata bulanan tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. (a) Perubahan THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, (b) Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta (c) Suhu Rata – rata dan Kelembaban rata – rata Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

4.1.2.2 Metode Indeks Kenyamanan (IK)

Metode kenyamanan berikutnya adalah Indeks Kenyamanan (IK) dimana nilai kenyamanan diukur dari kondisi suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban relatif (%). Dahlan (2004) membagi tingkat kenyamanan pada metode Indeks Kenyamanan (IK) menjadi 3 macam, yaitu sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7). Sama halnya pada metode THI, metode Indeks Kenyamanan (IK) juga menggunakan kondisi suhu minimum ($T_{\min}$) dan kelembaban maksimum ($RH_{\max}$), suhu maksimum ($T_{\max}$) dan kelembaban minimum ($RH_{\min}$) serta suhu rata - rata (T_{mean}) dan kelembaban rata - rata (RH_{mean}) Kota Malang periode tahun 1979 - 2009. Hasil analisis dan kategori kenyamanan menurut Indeks Kenyamanan (IK) Kota Malang tahun per 10 tahunan selama tahun 1979 - 2009 dapat dilihat pada Tabel 19 dan 20.

Tabel 19. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata - rata dan Kelembaban Rata - rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 - 2009.

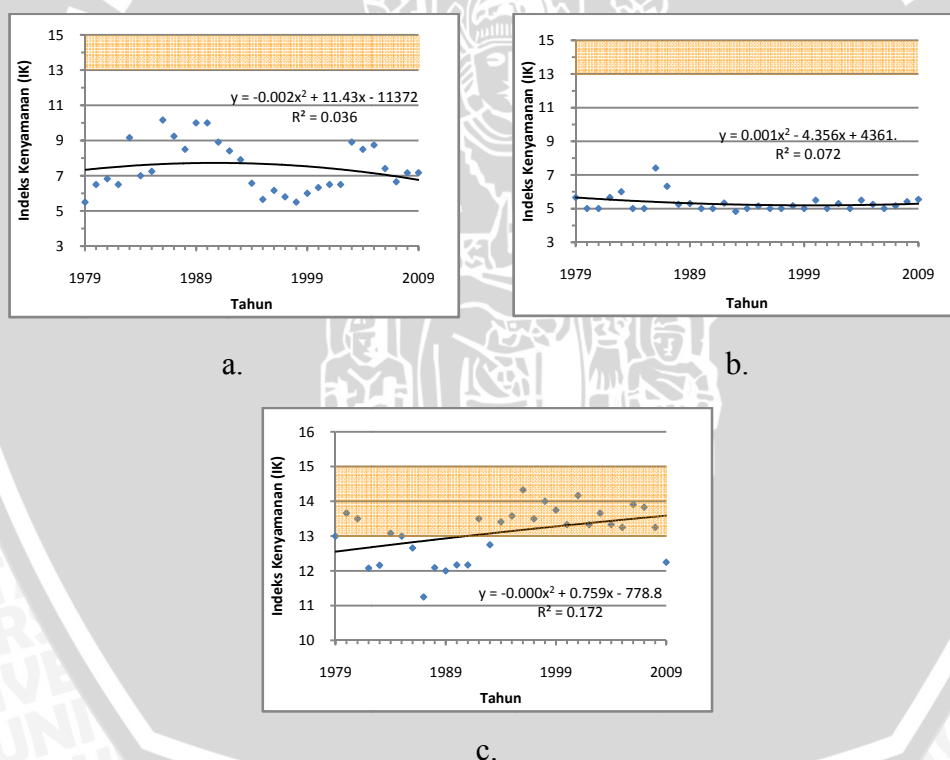
Tahun	Indeks Kenyamanan (IK)		
	$T_{\min}$ & $RH_{\max}$	$T_{\max}$ & $RH_{\min}$	T_{mean} & RH_{mean}
1979 - 1988	7,7	5,63	12,65
1989 - 1998	7,5	5,08	13,14
1999 - 2009	7,3	5,2	13,5

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

Tabel 20. Kategori Kenyamanan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata - rata dan Kelembaban Rata - rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 - 2009.

Tahun	Indeks Kenyamanan (IK)		
	$T_{\min}$ & $RH_{\max}$	$T_{\max}$ & $RH_{\min}$	T_{mean} & RH_{mean}
1979 - 1988	Agak Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman
1989 - 1998	Agak Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman
1999 - 2009	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman

Dari data di atas dapat dilihat pada suhu minimum dan kelembaban maksimum periode tahun 1979 – 2009 mencapai angka tertinggi yaitu sebesar 7,7. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 nilai Indeks Kenyamanan Kota Malang mengalami penurunan sebesar 0,2 menjadi 7,5. Pada periode terakhir tahun 1999 – 2009 nilai Indeks Kenyamanan Kota Malang kembali mengalami penurunan sebesar 0,2 menjadi 7,3. Dari data Indeks Kenyamanan pada suhu minimum dan kelembaban maksimum tersebut terlihat bahwa Kota Malang mengalami kondisi agak nyaman pada dua periode yaitu periode awal dan periode kedua, sedangkan pada periode ketiga Kota Malang berada pada kondisi kurang nyaman. Hal ini dikarenakan pada periode ketiga yaitu tahun 1999 – 2009 kondisi suhu minimum terlalu rendah dan kondisi kelembaban maksimum terlalu tinggi sehingga mengakibatkan kondisi udara menjadi terlalu dingin dibandingkan dua periode sebelumnya (Gambar 15).



Gambar 15. (a) Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu minimum dan Kelembaban Maksimum, (b) Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta (c) Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Selanjutnya pada suhu maksimum dan kelembaban minimum Kota Malang periode tahun 1979 – 1988 Indeks Kenyamanan mencapai 5,63 dan

mengalami penurunan pada periode tahun berikutnya sebesar 0,55 menjadi 5,08. Periode tahun 1999 – 2009 Indeks Kenyamanan Kota Malang kembali mengalami kenaikan menjadi 5,2. Selama tiga periode tersebut Indeks Kenyamanan Kota Malang berada pada kondisi kurang nyaman. Hal ini sesuai dengan Dahlan (2004), yang menyatakan bahwa nilai indeks kenyamanan 5 – 7 dapat dikatakan sebagai kondisi yang kurang nyaman. Selain itu suhu yang terlalu tinggi dan kelembaban yang terlalu rendah menyebabkan kondisi udara menjadi panas dan secara langsung berpengaruh pada nilai tingkat kenyamanan pada metode Indeks Kenyamanan. Sementara itu pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata Kota Malang periode tahun 1979 – 1988 Indeks Kenyamanan mencapai angka 12,65 dan mengalami peningkatan sebesar 0,49 menjadi 13,14 pada periode tahun 1989 – 1998. Pada periode tahun 1999 – 2009 Indeks Kenyamanan kembali meningkat menjadi 13,5. Peningkatan pada periode ketiga ini terjadi sebesar 0,36 dibandingkan pada periode kedua. Indeks kenyamanan pada suhu rata-rata dan kelembaban rata-rata menunjukkan bahwa Kota Malang selama 30 tahun terakhir masih berada dalam kondisi sejuk dan nyaman.

Analisis dengan metode Indeks Kenyamanan (IK) juga dilakukan secara bulanan pada kondisi yang sama, yaitu suhu minimum (Tmin) dan kelembaban maksimum (RHmax), suhu maksimum (Tmax) dan kelembaban minimum (RHmin) serta suhu rata – rata (Tmean) dan kelembaban rata – rata (RHmean) selama 30 tahun terakhir. Hasil analisis bulanan Indeks Kenyamanan (IK), bulan dan kategori kenyamanan menurut Indeks Kenyamanan (IK) Kota Malang per 10 tahunan selama tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Tabel 21, 22 dan 23.

Tabel 21. Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Bulanan Pada Suhu minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata Kota Malang per 10 Tahunan Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Indeks Kenyamanan (IK)					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	8,7	6,0	6,0	5,1	14,6	11,4
1989 - 1998	8,5	6,7	5,4	4,8	13,9	12,5
1999 - 2009	8,3	6,1	5,7	5,0	14,1	11,7

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

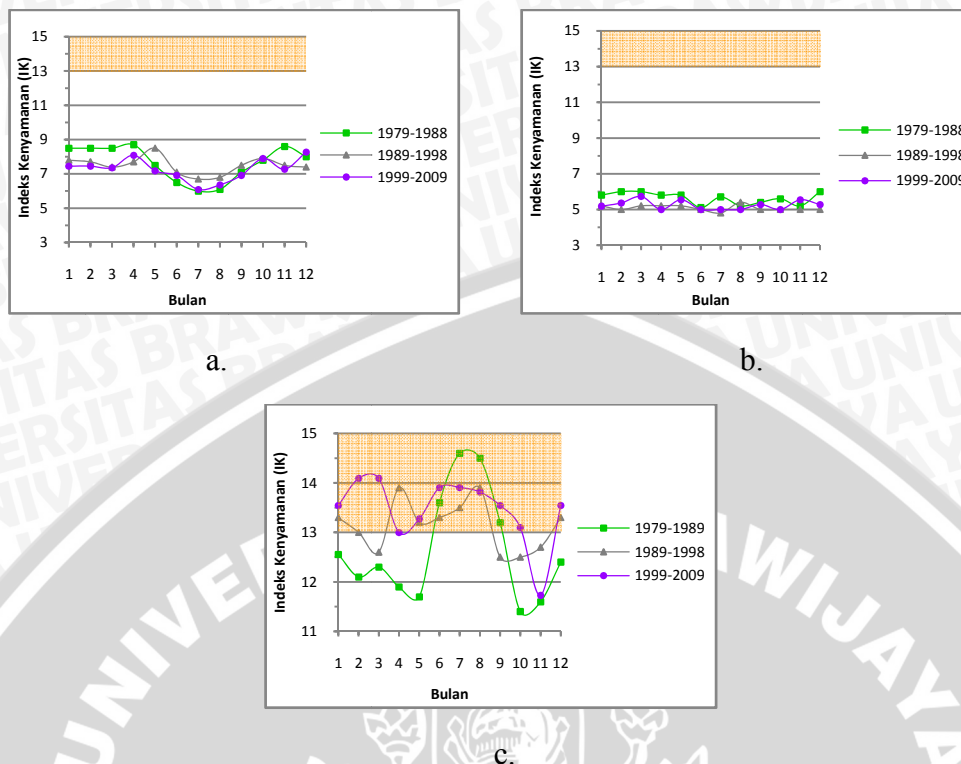
Tabel 22. Perubahan Bulan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Bulanan Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Indeks Kenyamanan (IK)					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	April	Juli	Pebruari, Maret, Desember	Juni	Juli	Oktober
1989 - 1998	Mei	Juli	Agustus	Juli	Agustus	September, Oktober
1999 - 2009	Desember	Juli	Maret	April, Juni, Juli, Agustus, Oktober	Pebruari, Maret	November

Tabel 23. Kategori Kenyamanan Menurut Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum, Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Bulanan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Kategori Kenyamanan Menurut Indeks Kenyamanan (IK)					
	Tmin & RHmax		Tmax & RHmin		Tmean & RHmean	
	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi	Terendah
1979 - 1988	Agak Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman	Agak Nyaman
1989 - 1998	Agak Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman	Sejuk dan Nyaman
1999 - 2009	Agak Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Kurang Nyaman	Sejuk dan Nyaman	Agak Nyaman

Dari hasil analisis di atas dapat dilihat pada suhu minimum dan kelembaban maksimum Kota Malang Indeks Kenyamanan tertinggi Kota Malang pada periode awal mencapai angka 8,7 yang terjadi pada bulan April, sedangkan Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan Juli mencapai angka 6,0. Pada periode kedua indeks kenyamanan tertinggi sebesar 8,5 terjadi pada bulan Mei, dan Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 6,7. Nilai Indeks Kenyamanan tertinggi pada periode akhir sebesar 8,3 terjadi pada bulan Desember, dan nilai Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 6,1. Selama tiga periode Indeks Kenyamanan tertinggi hampir semua menunjukkan kondisi agak nyaman, sedangkan Indeks Kenyamanan terendah menunjukkan kondisi kurang nyaman (Gambar 16).



Gambar 16. (a) Perubahan Indeks Kenyamanan (IK) Bulanan Pada Suhu minimum dan Kelembaban Maksimum, (b) Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Serta (c) Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Pada suhu maksimum dan kelembaban minimum periode tahun 1979 – 1988 Indeks Kenyamanan tertinggi Kota Malang terjadi pada bulan Pebruari, Maret dan Desember yaitu mencapai nilai 6,0, sedangkan nilai Indeks Kenyamanan terendah berada pada bulan Juni sebesar 5,1. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 Indeks Kenyamanan tertinggi Kota Malang mencapai angka 5,4 yang terjadi pada bulan Agustus, dan Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 4,8. Pada periode 1999 – 2009 nilai Indeks Kenyamanan tertinggi mencapai angka 5,7 yang terjadi pada bulan Maret, sedangkan nilai Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan April, Juni, Juli, Agustus dan Oktober yaitu sebesar 5,0. Dari sini dapat dilihat, hampir semua nilai Indeks Kenyamanan pada suhu maksimum dan kelembaban minimum baik kondisi tertinggi maupun terendah berada pada kondisi kurang nyaman. Hal ini bisa disebabkan karena meningkatnya suhu dan menurunnya kelembaban yang mengakibatkan kondisi udara menjadi panas sehingga berpengaruh pada

menurunnya kenyamanan. Sementara itu pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata periode tahun 1979 – 1988 nilai Indeks Kenyamanan tertinggi mencapai angka 14,6 terjadi pada bulan Juli, sedangkan Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan Oktober sebesar 11,4. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai Indeks Kenyamanan tertinggi terjadi pada bulan Agustus yaitu mencapai angka 13,9 dan Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan September dan Oktober yang mencapai angka 12,5. Selanjutnya pada periode terakhir nilai Indeks Kenyamanan tertinggi yaitu sebesar 14,1 yang terjadi pada bulan Pebruari dan Maret, sedangkan nilai Indeks Kenyamanan terendah terjadi pada bulan November yaitu mencapai angka 11,7. Pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata, hampir semua Indeks Kenyamanan tertinggi berada pada kondisi sejuk dan nyaman. Sedangkan pada Indeks Kenyamanan terendah pada periode tahun 1979 – 1988 dan 199 – 2009 menunjukkan kondisi agak nyaman, sedangkan pada periode tahun 1989 – 1998 menunjukkan kondisi sejuk dan nyaman. Hal ini terjadi karena suhu rata – rata pada periode pertama dan ketiga lebih tinggi dari pada periode kedua dan kondisi serupa juga terjadi pada kelembaban rata – rata.

4.1.2.3 Metode RayMan

Pada metode RayMan parameter yang digunakan untuk mendukung analisa tingkat kenyamanan meliputi besaran suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban relatif (%), radisai matahari (W/m^2), kecepatan angin (m/s), parameter lingkungan seperti letak astronomis dan ketinggian tempat, data personal, aktivitas dan pakaian. Sementara itu hasil dari analisa pada metode RayMan meliputi nilai T_{mrt} , PMV (*Predicted Mean Vote*), PET (*Physiological Equivalent Temperature*) dan SET (*Standard Effective Temperature*). T_{mrt} ialah suhu radiasi rata – rata yang dipancarkan oleh suatu permukaan yang terkena sinar matahari. PMV (*Predicted Mean Vote*) ialah suatu kondisi yang menyatakan tingkat kenyamanan individu di dalam ruangan, dengan kondisi berpakaian dan melakukan aktifitas fisik. PET (*Physiological Equivalent Temperature*) ialah kondisi yang menyatakan keseimbangan suhu udara antara di dalam ruangan dengan suhu tubuh manusia. SET (*Standard Effective Temperature*) ialah kondisi yang menyatakan nilai suhu

efektif standard di dalam ruangan yang dikaitkan dengan suhu radiasi rata – rata. Nilai T_{mrt} dan SET pada metode RayMan merupakan nilai suhu lingkungan yang mempengaruhi kondisi thermal seseorang, sedangkan nilai PMV dan PET merupakan nilai kenyamanan yang ditunjukkan seseorang terhadap nilai suhu lingkungan di sekitarnya. Matzarakis (1997) menyatakan tingkat kenyamanan pada manusia terjadi bila nilai PMV berada pada angka 0 (agak sejuk – $-1 \leq 0 \leq 1$ agak hangat). Pada nilai PET Matzarakis *et. al.*, (2006) menambahkan, kondisi nyaman (*comfortable*) ditunjukkan pada kisaran suhu 18 – 23 °C.

Analisis dengan metode RayMan dilakukan pada suhu minimum dan kelembaban maksimum, suhu maksimum dan kelembaban minimum serta suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata. Hasil analisis dengan metode RayMan di Kota Malang periode per 10 tahunan selama tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Tabel 24, 25 dan 26.

Tabel 24. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Parameter RayMan				Kategori Kenyamanan
	T_{mrt} (°C)	PMV	PET (°C)	SET (°C)	
1979 - 1988	28,85	0,057	19,59	18,07	Nyaman
1989 - 1998	37,21	0,3	22,23	20,15	Nyaman
1999 - 2009	35,26	0,52	23,2	20,93	Nyaman

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$ dan PET = 18 – 23 °C.

Tabel 25. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Parameter RayMan				Kategori Kenyamanan
	T_{mrt} (°C)	PMV	PET (°C)	SET (°C)	
1979 - 1988	35.53	2.27	32.2	26.07	Tidak Nyaman
1989 - 1998	43.54	3.16	36.96	30.25	Tidak Nyaman
1999 - 2009	38.91	2.19	32.45	26.77	Tidak Nyaman

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$ dan PET = 18 – 23 °C.

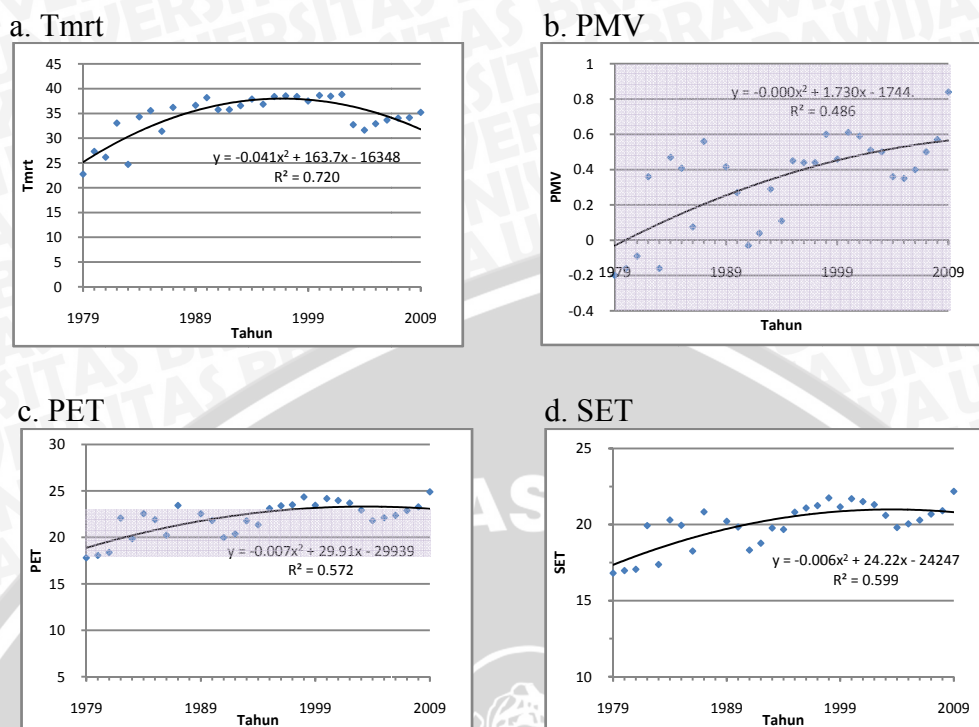
Tabel 26. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Metode RayMan Pada Suhu Rata-rata dan Kelembaban Rata-rata per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Tahun	Parameter RayMan				Kategori Kenyamanan
	T_{mrt} (°C)	PMV	PET (°C)	SET (°C)	
1979 - 1988	31,31	0,93	24,6	21,24	Tidak Nyaman
1989 - 1998	37,97	1,25	27,15	23,29	Tidak Nyaman
1999 - 2009	35,52	1,2	26,81	23,14	Tidak Nyaman

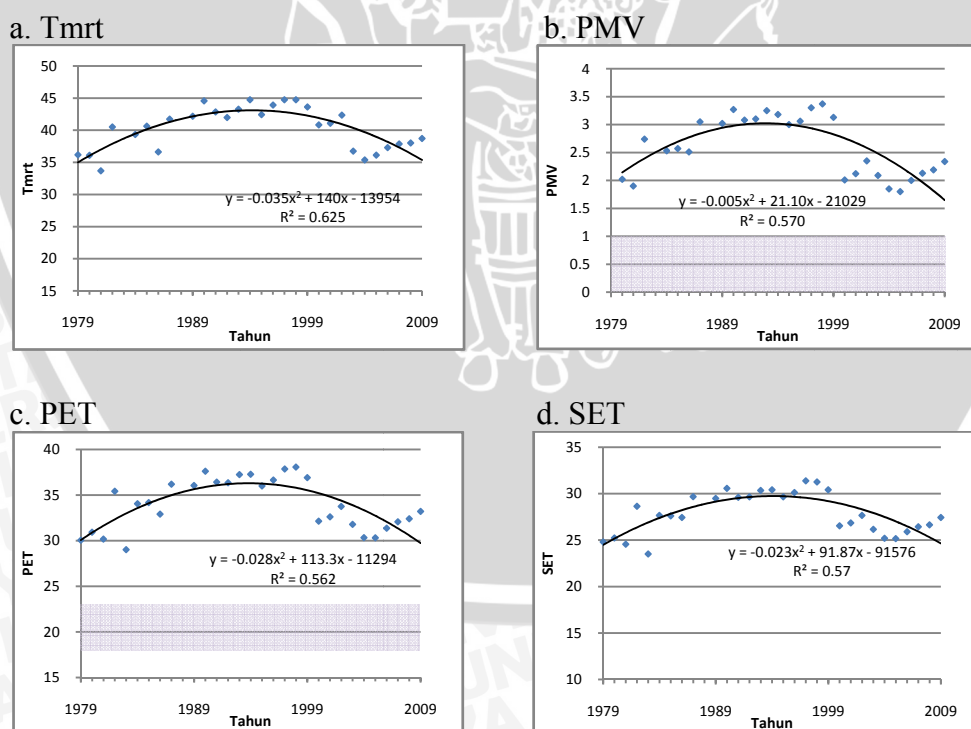
Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$ dan PET = $18 - 23$ °C.

Dari data di atas dapat dilihat pada periode tahun 1979 – 1988 Kota Malang pada suhu maksimum dan kelembaban minimum mengalami suhu radiasi rata – rata mencapai 28,85 °C, ini berpengaruh pada kondisi PMV dan PET yang menunjukkan sensasi thermal netral dan nyaman, dan suhu efektif di dalam ruangan mencapai angka 18,07 °C. Selanjutnya pada periode tahun 1989 – 1998 suhu radiasi rata – rata mengalami peningkatan mencapai 37,21 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal yang sama netral dan nyaman, dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami peningkatan mencapai 20,15 °C. Pada Periode terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 suhu radiasi rata – rata mengalami penurunan yaitu menjadi 35,28 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal netral dan agak hangat, dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami peningkatan yaitu menjadi 20,93 °C. Pada suhu maksimum dan kelembaban minimum Kota Malang periode tahun 1979 – 1988 mengalami suhu radiasi rata – rata mencapai 35,53 °C, ini berpengaruh pada kondisi PMV dan PET yang menunjukkan sensasi thermal hangat dan suhu efektif di dalam ruangan mencapai angka 26,07 °C. Pada periode tahun 1989 – 1998 suhu radiasi rata – rata mengalami peningkatan mencapai 43,54 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal panas dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami peningkatan mencapai 30,25 °C. Pada Periode terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 suhu radiasi rata – rata mengalami penurunan yaitu menjadi 38,91 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal hangat dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami penurunan yaitu menjadi 26,77 °C. Pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata periode tahun 1979 – 1988 Kota Malang pada suhu maksimum dan kelembaban minimum mengalami suhu radiasi

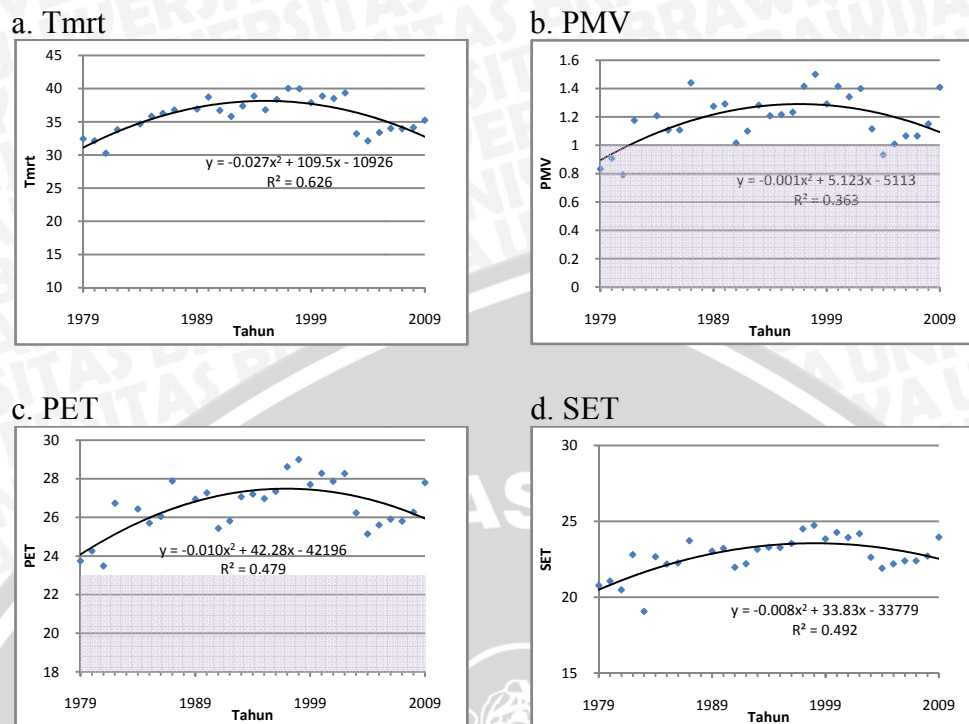
rata – rata mencapai 31,31 °C, ini berpengaruh pada kondisi PMV dan PET yang menunjukkan sensasi thermal agak hangat, dan suhu efektif di dalam ruangan mencapai angka 21,24 °C. Pada periode tahun 1989 – 1998 suhu radiasi rata – rata mengalami peningkatan mencapai 37,97 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal agak hangat, dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami peningkatan mencapai 23,29 °C. Pada Periode terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 suhu radiasi rata – rata mengalami penurunan yaitu menjadi 35,52 °C, dengan kondisi PMV dan PET menunjukkan sensasi thermal yang sama dengan periode sebelumnya yaitu agak hangat, dan suhu efektif di dalam ruangan mengalami penurunan yaitu menjadi 23,14 °C. Berbeda dengan hasil analisis dari metode sebelumnya yang menyatakan kenyamanan Kota Malang berada pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata, pada metode RayMan menunjukkan hasil yang berbeda. Metode RayMan menunjukkan Kota Malang mengalami kondisi nyaman pada suhu minimum dan kelembaban maksimum. Pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata metode RayMann menunjukkan tingkat kenyamanan Kota Malang berada pada kondisi tidak nyaman. Hal ini dikarenakan pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata, Kota Malang berada pada kondisi hangat sedangkan manusia di Indonesia umumnya cenderung merasa tidak nyaman dengan kondisi udara yang hangat pada siang hari. Tingkat kenyamanan Kota Malang Kota Malang pada periode tahun 1979 – 1988 pada suhu dan kelembaban rata – rata menunjukkan kondisi yang nyaman, ini dapat dilihat pada sensasi thermal yang dihasilkan menunjukkan sensasi nyaman. Sementara itu kondisi serupa hampir terjadi pada semua nilai T_{mrt} , yang mengalami peningkatan pada periode tahun 1989 – 1998 yang disebabkan oleh peningkatan nilai radiasi matahari yang terjadi pada periode tahun 1989 – 1998, yang secara langsung berpengaruh pada nilai T_{mrt} yang dihasilkan. Perubahan nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET pada suhu minimum dan kelembaban maksimum, suhu maksimum dan kelembaban minimum serta suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata Kota Malang tahun 1979 – 2009 dapat dilihat pada Gambar 17, 18 dan 19.



Gambar 17. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.



Gambar 18. Perubahan Nilai T_{mrt} , PMV, PET dan SET Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

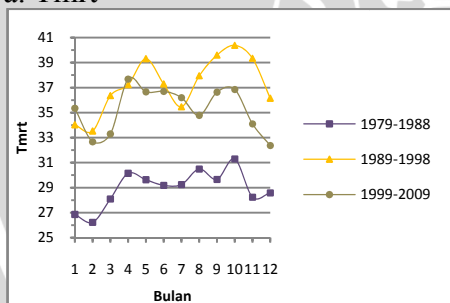


Gambar 19. Perubahan Nilai T_{mrt}, PMV, PET dan SET Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata - rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

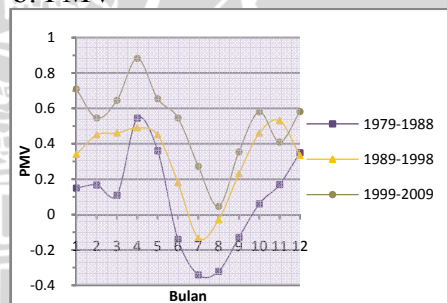
Analisis dengan metode RayMan juga dilakukan pada kondisi suhu dan kelembaban bulanan Kota Malang tahun 1979 – 2009. Pada suhu minimum dan kelembaban maksimum periode tahun 1979 – 1988 nilai T_{mrt} tertinggi mencapai 31,3 °C yang terjadi pada bulan Oktober dan nilai T_{mrt} terendah terjadi pada bulan Pebruari yaitu mencapai 26,23 °C. Sedangkan pada periode tahun 1989 – 1998 nilai T_{mrt} tertinggi kembali berada pada bulan Oktober yang mencapai 40,37 °C dan nilai T_{mrt} terendah mencapai 33,52 °C yang terjadi pada bulan Pebruari. Periode tahun 1999 – 2009 nilai T_{mrt} tertinggi terjadi pada bulan April mencapai 37,68 °C dan nilai T_{mrt} terendah mencapai 32,37 pada bulan Desember. Sementara itu nilai PMV selama tiga periode juga mengalami perubahan yang cukup besar seperti terlihat pada grafik. Terlihat pada periode tahun 1979 – 1988 nilai PMV tertinggi mencapai 0,54 berada pada bulan April dan nilai PMV terendah terjadi pada bulan Juli yaitu mencapai -0,34. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai PMV tertinggi terjadi pada bulan November mencapai angka 0,53 dan nilai PMV terendah terjadi pada bulan Juli mencapai angka -0,13. Periode tahun 1999 – 2009 nilai PMV tertinggi terjadi pada bulan April mencapai 0,88 dan nilai PMV

terendah terjadi pada bulan Agustus yang mencapai angka 0,045. Nilai PET periode tahun 1979 – 1988 mengalami nilai tertinggi pada bulan Mei mencapai 22,16 °C dan nilai terendah mencapai 17,66 °C yang terjadi pada bulan Juli. Pada periode tahun 1989 - 1998 nilai PET tertinggi mencapai 23,71 °C yang terjadi pada bulan November dan nilai PET terendah mencapai 19,86 °C yang terjadi pada bulan Juli. Selanjutnya pada periode tahun terakhir, nilai PET tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 25,66 °C dan nilai PET terendah terjadi pada bulan Agustus yang mencapai angka 20,53 °C. Nilai SET yang merupakan parameter terakhir dalam metode RayMan pada periode tahun 1979 – 1988 mengalami nilai tertinggi pada bulan April sebesar 19,67 °C dan mengalami nilai terendah sebesar 16,52 yang terjadi pada bulan Juli. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai SET tertinggi mencapai 21,2 °C yang terjadi pada bulan November dan nilai SET terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 18,45 °C. Pada periode tahun 1999 – 2009 nilai SET tertinggi mencapai 22,71 °C yang terjadi pada bulan April dan nilai SET terendah mencapai angka 19,05 yang terjadi pada bulan Agustus (Gambar 20).

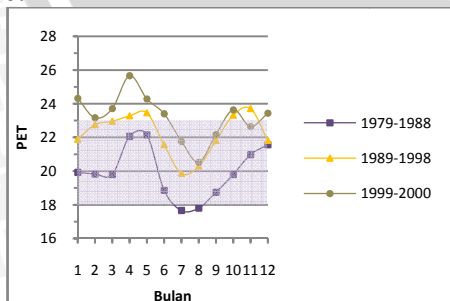
a. T_{mrt}



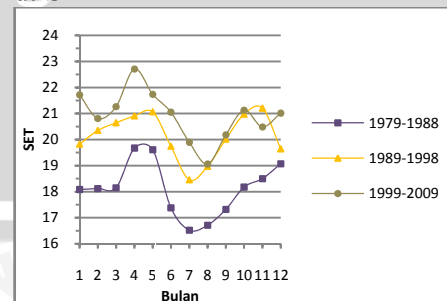
b. PMV



c. PET

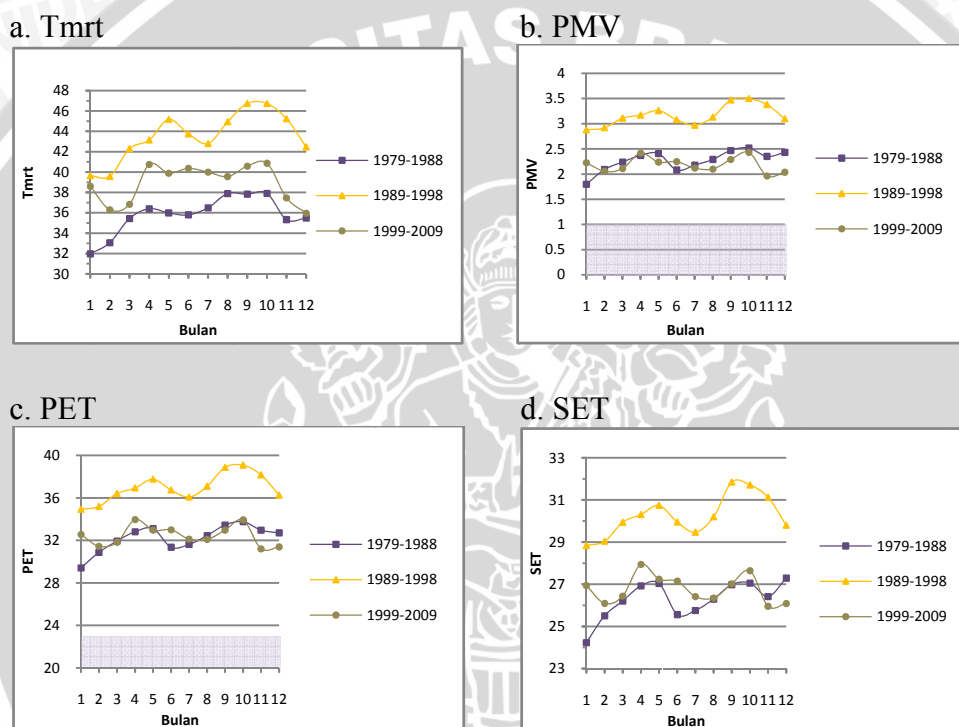


d. SET



Gambar 20. Perubahan Nilai T_{mrt}, PMV, PET dan SET Bulanan Per 10 Tahunan Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum Kota Malang Tahun 1979-2009

Pada suhu maksimum dan kelembaban minimum bulanan, nilai T_{mrt} pada periode tahun 1979 – 1988 mencapai nilai tertinggi pada bulan Oktober sebesar 37,91 °C, sedangkan nilai terendah mencapai angka 31,96 yang berada pada bulan Januari. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai T_{mrt} tertinggi berada pada bulan September mencapai 46,75 °C, sedang nilai T_{mrt} terendah berada pada bulan Pebruari sebesar 39,57 °C. Periode tahun 1999 – 2009 nilai T_{mrt} tertinggi mencapai 40,86 °C yang terjadi pada bulan Oktober dan nilai T_{mrt} terendah mencapai 35,95 °C yang terjadi pada bulan Agustus (Gambar 21).



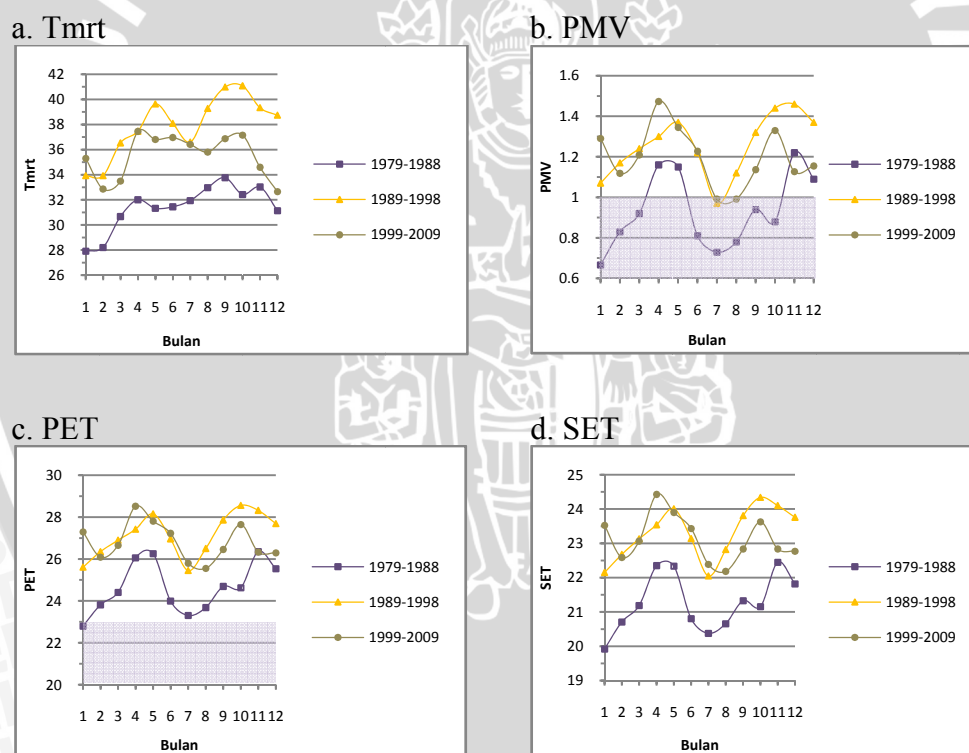
Gambar 21. Grafik T_{mrt} , PMV, PET dan SET Bulanan Per 10 Tahunan Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Nilai PMV pada periode tahun 1979 – 1988 mencapai nilai tertinggi pada bulan Oktober sebesar 2,52 dan nilai terendah sebesar 1,8 terjadi pada bulan Januari. Periode tahun 1989 – 1998 nilai PMV tertinggi kembali terjadi pada bulan Oktober sebesar 3,5 dan nilai PMV terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 2,88. Pada periode terakhir nilai PMV tertinggi sebesar 2,43 kembali terjadi pada bulan Oktober, sedangkan nilai PMV terendah terjadi pergeseran dibandingkan periode tahun sebelumnya yaitu terjadi pada bulan November

sebesar 1,96. Parameter RayMan yang lain yaitu PET menunjukkan pada periode tahun 1979 – 1988 nilai tertinggi terjadi pada bulan Oktober mencapai 33,77 °C dan nilai terendah terjadi pada bulan Januari yang mencapai 29,41 °C. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai PET tertinggi kembali terjadi pada bulan Oktober yang mencapai 39,08 °C dan nilai PET terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 34,93 °C. Pada periode terakhir nilai PET tertinggi berada pada bulan April sebesar 33,96 °C dan nilai PET terendah sebesar 31,20 °C terjadi pada bulan November. Parameter terakhir yaitu SET pada periode tahun 1979 – 1988 menunjukkan angka tertinggi sebesar 27,29 °C terjadi pada bulan Desember dan 24,23 merupakan nilai terendah SET yang terjadi pada bulan Januari. Periode tahun 1989 – 1998 nilai SET tertinggi terjadi pada bulan September yaitu mencapai 31,85 °C dan nilai SET terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 28,84 °C. Pada periode tahun terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 nilai SET tertinggi mencapai 27,95 yang berada pada bulan April dan nilai SET terendah mencapai 25,95 yang terjadi pada bulan November.

Pada suhu rata – rata dan kelembaban rata – rata, nilai T_{mrt} tertinggi pada periode tahun 1979 – 1988 mencapai 33,77 °C yang terjadi pada bulan September dan nilai T_{mrt} terendah terjadi pada bulan Januari yang mencapai angka 27,91 °C. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai T_{mrt} tertinggi mencapai 41,08 °C pada bulan Oktober dan nilai T_{mrt} terendah mencapai 33,92 pada bulan Januari. Periode tahun 1999 – 2009 nilai T_{mrt} tertinggi berada pada bulan April sebesar 37,45 °C dan nilai T_{mrt} terendah mencapai 32,65 °C yang terjadi pada bulan Desember. Selanjutnya nilai PMV Kota Malang pada suhu rata-rata dan kelembaban rata-rata periode tahun 1979 – 1988 mencapai nilai tertinggi pada bulan November sebesar 1,22 dan nilai terendah mencapai angka 0,66 pada bulan Januari. Periode tahun 1989 – 1998 nilai PMV tertinggi kembali terjadi pada bulan November yang mencapai 1,46 dan nilai PMV terendah berada pada bulan Juli sebesar 0,97. Pada periode tahun terakhir nilai PMV tertinggi mencapai 1,47 yang terjadi pada bulan April dan nilai PMV terendah terjadi pada bulan Juli dan Agustus yang mencapai angka 0,99. Nilai PET pada periode tahun 1979 – 1988 mencapai nilai tertinggi sebesar 26,36 °C yang terjadi pada bulan November dan nilai PET terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 22,8 °C. Pada periode tahun 1989 – 1998 nilai PET tertinggi

terjadi pada bulan Oktober sebesar $28,56^{\circ}\text{C}$, dan nilai PET terendah sebesar $25,45^{\circ}\text{C}$ terjadi pada bulan Juli. Pada periode terakhir yaitu tahun 1999 – 2009 nilai PET tertinggi terjadi pada bulan April sebesar $28,51^{\circ}\text{C}$, sedangkan nilai PET terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar $25,55^{\circ}\text{C}$. Parameter terakhir yaitu SET menunjukkan pada periode tahun 1979 – 1988 nilai SET tertinggi mencapai $26,36^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan November dan nilai SET terendah terjadi pada bulan Januari sebesar $22,8^{\circ}\text{C}$. Periode tahun 1989 – 1998 nilai SET tertinggi berada pada bulan Oktober yang mencapai nilai $28,56^{\circ}\text{C}$ dan nilai SET terendah mencapai nilai $25,45^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Juli. Sementara itu pada periode tahun terakhir nilai SET tertinggi berada pada bulan April dengan nilai mencapai $28,51^{\circ}\text{C}$ dan nilai SET terendah mencapai $25,55^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Agustus (Gambar 22).



Gambar 22. Perubahan Nilai Tmrt, PMV, PET dan SET Bulanan Per 10 Tahunan Pada Suhu Rata-rata dan Kelembaban Rata-rata Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

4.1.2.4 Quisioner

Metode tingkat kenyamanan terakhir yang digunakan adalah metode quisioner tentang persepsi terhadap kenyamanan. Metode ini sengaja digunakan sebagai kontrol terhadap metode analisis tingkat kenyamanan yang digunakan sebelumnya yaitu metode THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan dan model RayMan. Tujuan dari metode quisioner ini adalah untuk mengetahui kesesuaian tingkat kenyamanan antara ketiga metode tersebut dengan kondisi nyata yang dirasakan oleh penduduk Kota Malang selama 30 tahun. Dalam metode quisioner ini jumlah sampel yang digunakan sebanyak 30 responden yang disebar di seluruh kecamatan di Kota Malang. Sedangkan pemilihan responden didasarkan pada lamanya responden tersebut tinggal di Kota Malang yaitu selama 35 tahun. Adapun analisis dengan metode quisioner ini adalah dengan membandingkan kondisi Kota Malang 30 tahun yang lalu dengan kondisi Kota Malang saat ini. Hasil *polling* quisioner perubahan kondisi Kota Malang selama 30 tahun dapat dilihat pada Tabel 27, 28, 29, 30, 31 dan 32.

Tabel 27. Hasil *Polling* Quisioner Kondisi Suhu Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Suhu Kota Malang Saat ini.

No	Kondisi	Suhu di Kota Malang					
		30 Tahun Yang Lalu			Saat Ini		
		Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)	Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)
1.	Dingin	93,3	20,0	-	63,3	-	-
2.	Sejuk	6,7	66,7	-	36,7	3,3	-
3.	Hangat	-	13,3	16,7	-	26,7	-
4.	Panas	-	-	83,3	-	70,0	100,0

Tabel 28. Hasil *Polling* Quisioner Kondisi Kelembaban Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Kelembaban Kota Malang Saat ini.

No	Kondisi	Kelembaban di Kota Malang					
		30 Tahun Yang Lalu			Saat Ini		
		Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)	Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)
1.	Sangat Lembab	86,7	-	-	10,0	-	-
2.	Lembab	13,3	93,3	10,0	90,0	3,3	-
3.	Kering	-	6,7	90,0	-	96,7	100,0

Tabel 29. Hasil *Polling* Quisioner Kondisi Angin Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Kondisi Angin Kota Malang Saat ini.

No	Kondisi	Angin di Kota Malang					
		30 Tahun Yang Lalu			Saat Ini		
		Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)	Tmin & RHmax (%)	Tmean & RHmean (%)	Tmax & RHmin (%)
1.	Tidak ada angin	80,0	-	-	90,0	16,57	56,7
2.	Semilir	20,0	96,7	83,3	10,0	76,7	30,0
3.	Kencang	-	3,3	16,7	-	6,7	13,3

Tabel 30. Hasil *Polling* Quisioner Jumlah Pohon Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Jumlah Pohon Kota Malang Saat ini.

No	Jumlah	Jumlah Pohon di Kota Malang	
		30 Tahun Yang Lalu (%)	Saat Ini (%)
1.	Banyak	66,7	-
2.	Cukup	33,3	10,0
3.	Kurang	-	90,0

Tabel 31. Hasil *Polling* Quisioner Fungsi Pohon Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Fungsi Pohon Kota Malang Saat ini.

No	Fungsi	Fungsi Pohon di Kota Malang	
		30 Tahun Yang Lalu (%)	Saat Ini (%)
1.	Estetika (Keindahan)	3,3	70,0
2.	Peneduh	73,3	6,7
3.	Penghijauan	16,7	20,0
4.	Pengarah Jalan	6,7	3,3

Tabel 32. Hasil *Polling* Quisioner Alih Fungsi Lahan Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu dan Alih Fungsi Lahan Kota Malang Saat ini.

No	Persepsi	Alih Fungsi Lahan di Kota Malang	
		30 Tahun Yang Lalu (%)	Saat Ini (%)
1.	Ya	-	100,0
2.	Tidak	100,0	-

Dari hasil *polling* quisioner dapat dilihat kondisi Kota Malang 30 tahun yang lalu mengalami perubahan yang cukup besar dibandingkan dengan kondisi Kota Malang saat ini. Kondisi Kota Malang 30 tahun yang lalu menurut responden cenderung lebih nyaman dibandingkan dengan kondisi Kota Malang saat ini. Sementara itu hasil *polling* quisioner menunjukkan terdapat persamaan dengan hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode RayMan.

Perbedaan hasil analisis tingkat kenyamanan antara metode THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan metode quisioner dapat dilihat pada Tabel 33.

Tabel 33. Perbedaan Hasil Analisis Tingkat Kenyamanan Metode THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan Quisioner.

No	Metode	Kota Malang					
		30 Tahun Yang lalu			Saat Ini		
		Tmin & RHmax	Tmean & RHmean	Tmax & RHmin	Tmin & RHmax	Tmean & RHmean	Tmax & RHmin
1.	THI (<i>Thermal Humidity Index</i>)	Tidak nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Nyaman
2.	Indeks Kenyamanan	Tidak nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman
3.	RayMan	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman
4.	Quisioner	Nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman	Nyaman	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman

Dapat dilihat pada Tabel 33, dari keempat metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat kenyamanan Kota Malang terdapat perbedaan hasil antara kondisi Kota Malang 30 tahun yang lalu dengan kondisi Kota Malang saat ini. Metode quisioner sebagai kontrol menunjukkan hasil yang hampir sama dengan metode RayMan. Sedangkan metode THI (*Thermal Humidity Index*) dan Indeks Kenyamanan menunjukkan kondisi yang sangat berbeda dengan metode quisioner. Hal ini bisa dikarenakan parameter yang digunakan oleh metode RayMan cenderung lebih banyak yang meliputi data suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, letak astronomis dan ketinggian tempat, data personal, aktivitas dan pakaian sedangkan parameter yang digunakan oleh metode THI dan Indeks Kenyamanan hanya terdiri dari dua parameter yaitu suhu dan kelembaban.

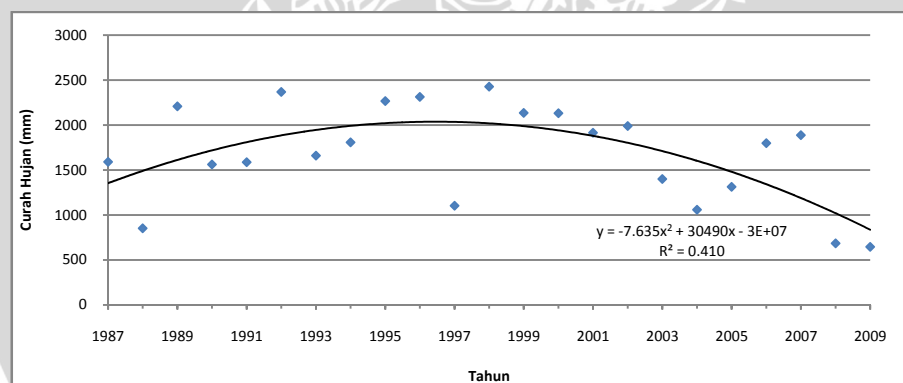
4.2 Pembahasan

4.2.1 Perubahan Suhu dan Kelembaban Udara Kota Malang

Analisis suhu dan kelembaban udara yang telah dilakukan di Kota Malang selama 30 tahun menunjukkan terjadi perubahan pola suhu yang cenderung menurun dan pola kelembaban yang mengalami peningkatan. Kondisi ini sedikit berbeda dengan hasil prediksi yang telah dilakukan oleh GMTA (*Global Yearly Mean Temperature Anomaly*) dan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Orssengo (2010) menyatakan hasil pengamatan oleh GMTA menunjukkan pola peningkatan suhu yang hampir sama pada periode tahun 1910 – 1940 dan 1970 – 2000 yaitu sebesar $0,77^{\circ}\text{C}$ atau $0,26^{\circ}\text{C}$ per 10 tahun. Sementara itu Anonymous (2011) menyatakan, IPCC yang merupakan suatu panel ilmiah yang bertugas mengevaluasi resiko perubahan iklim akibat aktivitas manusia memproyeksikan suhu dunia akan meningkat sebesar $1,1 - 6,4^{\circ}\text{C}$ ($2,0 - 11,5^{\circ}\text{F}$) selama periode tahun 1990 – 2100. Perbedaan ini bisa disebabkan oleh letak geografis, iklim, luasan RTH, laju alih fungsi lahan serta perkembangan industri suatu kawasan yang secara tidak langsung berdampak pada perubahan suhu dan kelembaban suatu kawasan.

Selain perubahan pola suhu dan kelembaban, perubahan juga dialami pada bulan terjadinya nilai suhu tertinggi dan terendah serta nilai kelembaban tertinggi dan terendah. Pada suhu minimum Kota Malang, suhu tertinggi terjadi pada bulan di awal tahun sedangkan suhu terendah terjadi pada bulan di akhir tahun. Kondisi berkebalikan terjadi pada suhu maksimum, suhu tertinggi cenderung terjadi pada bulan di akhir tahun, sedangkan kondisi suhu terendah terjadi pada bulan di awal tahun. Sementara itu nilai kelembaban selalu mengikuti dari kondisi suhu, yaitu saat kondisi suhu minimum selalu diikuti dengan kondisi kelembaban maksimum, begitupun suhu maksimum yang diikuti dengan kelembaban minimum. Hal senada juga terjadi pada suhu rata-rata dan kelembaban rata-rata yang memiliki waktu terjadinya kondisi tertinggi dan terendah yang hampir sama. Kondisi berbeda terjadi pada periode tahun 1999 – 2009 dibandingkan dengan kondisi pada periode tahun sebelumnya (tahun 1979 – 1988 dan 1989 – 1998) yaitu terjadi pergeseran waktu kondisi suhu tertinggi dan terendah maupun kelembaban

tertinggi dan terendah. Hal ini dikarenakan pada periode tahun 1999 – 2009 terjadi perubahan bulan hujan dan kemarau yang tidak dapat lagi diprediksi seperti tahun sebelumnya, dan kondisi ini sangat berpengaruh pada nilai suhu serta kelembaban Kota Malang. Peningkatan lama bulan hujan yang terjadi pada periode tahun 2000 – 2009 mengakibatkan menurunnya suhu udara dan meningkatnya angka kelembaban udara di Kota Malang. Firman (2009) menyatakan, penggunaan angka kecenderungan curah hujan selama kurun waktu kurang lebih 25 tahun terakhir ini menghasilkan penemuan di Sentani (Provinsi Papua) dan Makasar (Provinsi Sulawesi Selatan) terjadi peningkatan curah hujan yang berjalan seiring dengan penurunan suhu udara. Perubahan curah hujan bulanan Kota Malang tahun 1987 – 2009 dapat dilihat pada Gambar 23. Dari gambar dapat dilihat curah hujan Kota Malang tahun 1990an cenderung tinggi dibandingkan curah hujan tahun 2000 – 2009, namun demikian selama periode tahun 2000 – 2009 curah hujan terjadi hampir tiap bulan meskipun dalam intensitas yang kecil yaitu pada bulan Juli, Agustus dan September (Lampiran 6).

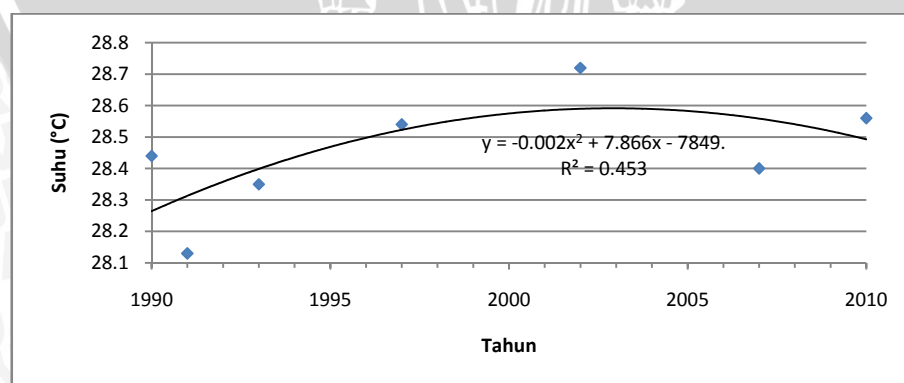


Gambar 23. Curah Hujan Kota Malang Tahun 1987 – 2009.

Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Bisri (2010) yang menyatakan sebelum tahun 1975 pola hujan normal di Kota Malang adalah enam bulan musim hujan (mulai bulan September sampai dengan Pebruari) dan enam musim kemarau (mulai bulan Maret sampai dengan Agustus). Tetapi sejak tahun 1998, terjadi hujan hampir sepanjang tahun meskipun ada pola yang tidak konsisten yaitu saat tidak terjadi hujan di bulan Juni, Juli, Agustus dan September. Hal ini berarti, setiap tahun hanya terjadi empat bulan musim kemarau dan delapan musim hujan. Sementara itu As – Syakur (2011) menambahkan, terjadi fenomena La Nina di

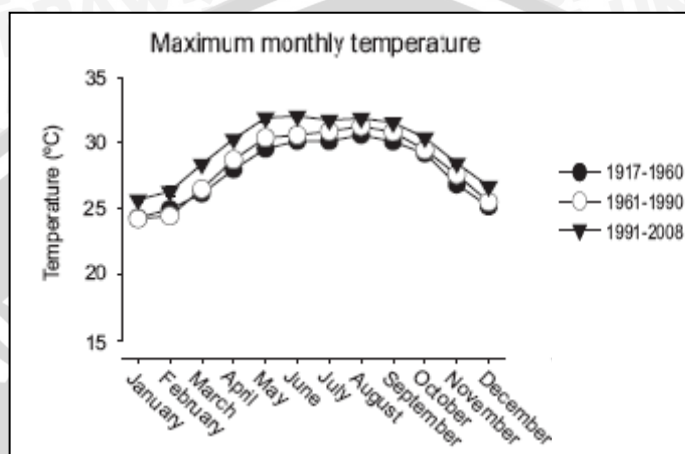
wilayah Indonesia mulai bulan April 1998 sampai dengan bulan November 1998. Pengaruh kejadian La Nina terhadap curah hujan di Indonesia selama bulan Juli 1998 lebih luas dibanding bulan Juni 1998, selama bulan Juli 1998 efek La Nina mulai bergerak ke bagian tengah wilayah Indonesia dari sebelumnya di bagian selatan. Efek La Nina selama bulan Juli 1998 menyebabkan peningkatan curah hujan yang sangat tinggi di Pulau Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi bagian selatan dan timur, serta Kalimantan bagian selatan yaitu dengan kisaran peningkatan curah hujan 100 % - 400 %. Sedangkan yang mengalami peningkatan lebih besar dari 400 % terjadi di sekitar perairan yaitu di Laut Jawa, Laut Banda dan laut di selatan Pulau Jawa. Di tambahkan oleh Winarso (2009), yang menyatakan akibat kondisi La Nina cuaca berawan dan hujan akan mendominasi kondisi udara wilayah Indonesia di akhir dekade 2001 – 2010 dari pada kondisi kering yang dominan dalam dua dekade sebelumnya (1981 – 1990 dan 1991 – 2000). Dari sini terlihat efek La Nina mengakibatkan lama bulan hujan yang terjadi di Indonesia menjadi lebih panjang, sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi penurunan suhu dan peningkatan kelembaban udara di Indonesia pada umumnya dan Kota Malang pada khususnya.

Hasil analisis juga menunjukkan penurunan suhu tidak hanya terjadi di Kota Malang yang dianggap sebagai kawasan urban, namun kondisi serupa juga terjadi di kawasan suburban. Salah satu kawasan suburban yang juga telah mengalami perubahan suhu tersebut adalah kecamatan Karangploso, kabupaten Malang (Gambar 24).



Gambar 24. Perubahan Rata – rata Suhu Maksimum Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang Tahun 1990 – 2010.

Kondisi berbeda ditunjukkan dari hasil penelitian yang dilakukan di Mexico oleh Hernandez *et. al* (2011) yang menyatakan terjadi peningkatan suhu udara maksimum pada periode tahun 1991 – 2008 dibandingkan periode tahun sebelumnya (tahun 1917 – 1990), yang mengakibatkan peningkatan nilai THI yang cukup mengkhawatirkan untuk ternak.



Gambar 25. Perubahan Suhu Maksimum Bulanan Tahun 1917 – 2008 di Mexico (Hernandez *et. al*, 2011).

Kondisi berbeda ini dapat disebabkan perbedaan peningkatan suhu suatu kawasan, kondisi iklim dan musim yang berbeda, nilai radiasi matahari yang di terima oleh suatu kawasan, luasan RTH dan laju alih fungsi lahan menjadi kawasan terbangun. Selain itu, pertambahan jumlah penduduk dan pertambahan jumlah kendaraan bermotor yang mengakibatkan semakin banyak emisi gas buang yang dihasilkan juga berpengaruh terhadap peningkatan suhu udara itu sendiri.

4.2.2 Perubahan Tingkat Kenyamanan Kota Malang

Analisis yang dilakukan terhadap tingkat kenyamanan Kota Malang dengan menggunakan empat metode yang berbeda yaitu metode THI (*Thermal Humidity Index*), metode Indeks Kenyamanan (IK), metode RayMan dan metode kuisioner menunjukkan terdapat perbedaan tingkat kenyamanan di Kota Malang. Analisis keempat metode dilakukan dengan menggunakan tiga kondisi yang sama yaitu suhu maksimum dan kelembaban minimum, suhu minimum dan kelembaban maksimum serta suhu rata-rata dan kelembaban rata-rata. Hal ini sesuai dengan

pernyataan Tauhid (2008) bahwa temperatur (suhu) mencapai titik maksimal pada jam 13.00 - 14.00 dan mencapai titik minimum pada jam 05.00 - 06.00. Sedangkan suhu mulai naik pada jam 09.00 dan mencapai angka tertinggi pada jam 13.00, selanjutnya terus mengalami penurunan hingga jam 18.00 (Gambar 26).



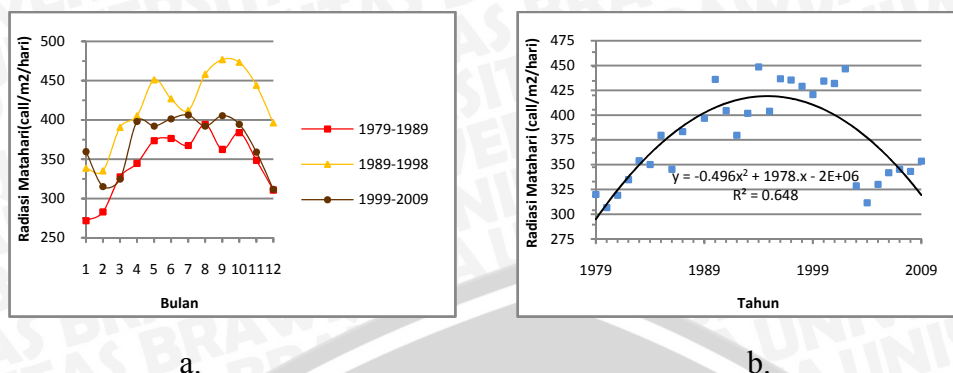
Gambar 26. Estimasi Fluktuasi Suhu Udara (°C) Di Semarang (Tauhid, 2008).

Dari hasil analisis dengan menggunakan tiga kondisi yang sama, keempat metode yaitu THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan quisioner menunjukkan hasil yang berbeda. Pada kondisi suhu maksimum dan kelembaban minimum Kota Malang, hampir semua metode menunjukkan kondisi yang tidak nyaman selama tiga dasawarsa. Sementara pada kondisi suhu minimum dan kelembaban maksimum Kota Malang, empat metode yang digunakan menunjukkan perbedaan. Pada metode THI menunjukkan kondisi tidak nyaman, hal senada juga terjadi pada metode Indeks Kenyamanan (IK) yang menunjukkan kondisi agak nyaman sedangkan pada metode RayMan dan metode quisioner menunjukkan kondisi yang nyaman. Pada kondisi suhu rata-rata dan kelembaban rata-rata, metode THI dan Indeks Kenyamanan (IK) menunjukkan kondisi yang sama yaitu nyaman, sedangkan hal berbeda ditunjukkan pada metode RayMan dan hasil *polling* quisioner yang menyatakan kondisi tidak nyaman pada dasawarsa terakhir. Perbedaan hasil analisa tersebut dikarenakan pada metode RayMan parameter yang digunakan untuk mendukung analisa terhadap tingkat kenyamanan sangat bervariasi yaitu meliputi besaran suhu (°C), kelembaban

relatif (%), radisai matahari (W/m^2), kecepatan angin (m/s), parameter lingkungan seperti letak astronomis dan ketinggian tempat, data personal, aktivitas dan pakaian. Sedangkan pada metode THI dan Indeks Kenyamanan (IK) parameter yang digunakan hanya meliputi besaran suhu ($^{\circ}C$) dan kelembaban udara (%).

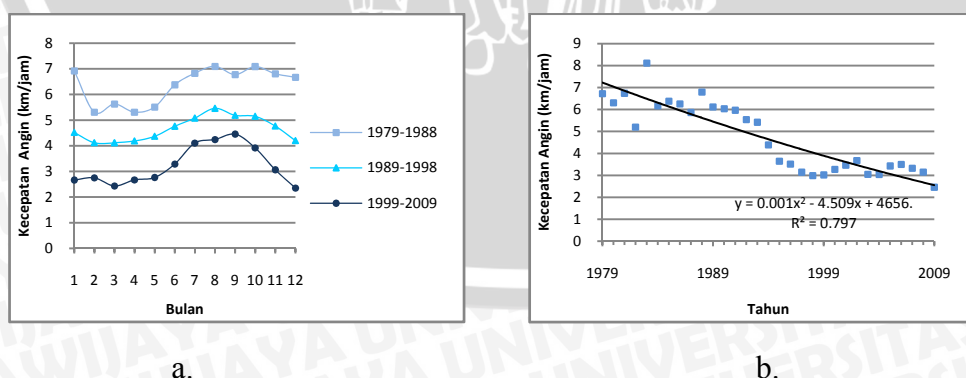
4.2.3 Faktor Pendukung Perubahan Tingkat Kenyamanan

Dari hasil analisis diperoleh pola kenyamanan yang sama dari ketiga metode yang digunakan, yaitu kecenderungan pada periode tahun kedua (1989 – 1998) nilai kenyamanan berada pada titik terendah dan pada periode tahun ketiga (1999 – 2009) kenyamanan kembali meningkat. Kondisi ini sesuai dengan nilai radiasai matahari selama tiga dasawarsa terakhir yaitu pada periode tahun 1989 – 1998 mengalami kondisi radiasi matahari tertinggi. Radiasi matahari sangat berpengaruh terhadap peningkatan suhu serta penurunan kelembaban lingkungan. Semakin tinggi nilai radiasi matahari yang diterima oleh suatu permukaan maka semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan. Salah satu penyebab perubahan nilai radiasi matahari pada suatu kawasan adalah alih fungsi lahan RTH menjadi kawasan terbangun. Perubahan penggunaan lahan dari RTH menjadi fungsi lain menimbulkan perubahan karakteristik masing-masing jenis bahan dalam menyerap atau melepaskan panas sinar matahari yang diterima. Semakin banyak kawasan terbangun berupa beton akan menyebabkan lebih banyak energi sinar matahari diubah menjadi energi panas. Hernawati (2011) menyatakan, untuk mengurangi peningkatan suhu perlu dilakukan penambahan struktur vegetasi berupa pohon, karena pohon jenis peneduh mempunyai kemampuan untuk mengabsorbsi radiasi matahari sehingga mampu menurunkan suhu udara dan menaikkan kelembaban udara. Pohon dengan diameter canopy yang lebar dan kerapatan tajuk yang tinggi dapat menjadi pilihan dalam meningkatkan penyerapan sinar matahari. Secara tidak langsung sinar matahari yang sampai dipermukaan jalan (aspal) akan berkurang, dan ini akan mengurangi radiasi matahari yang dihasilkan oleh permukaan jalan (aspal), sehingga suhu udara menjadi rendah. Perubahan radiasi matahari selama periode tahun 1979 – 2009 di Kota Malang dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. (a)Radiasi Matahari Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979-2009 dan (b)Radiasi Matahari Kota Malang Tahun 1979-2009.

Pengurangan RTH suatu kawasan perkotaan akan berdampak pada berkurangnya pepohonan yang berfungsi menyerap karbon dioksida (CO₂) serta gas-gas polutan yang dihasilkan oleh aktivitas industri maupun kendaraan bermotor, mengurangi produksi oksigen (O₂) dan uap air (H₂O) yang dapat menciptakan kesejukan dan kenyamanan suatu kawasan perkotaan. Selain itu berkurangnya RTH juga berpengaruh pada berkurangnya kecepatan angin. Angin secara tidak langsung berfungsi untuk menurunkan suhu udara yang terlalu tinggi pada suatu kawasan. Selain itu, angin juga berfungsi untuk membawa oksigen (O₂) yang dihasilkan pohon (tanaman) sebagai hasil fotosintesis sehingga lingkungan sekitar menjadi sejuk dan nyaman. Semakin rendah kecepatan angin pada suatu kawasan, maka tingkat kenyamanan pada kawasan tersebut menjadi semakin berkurang. Perubahan kecepatan angin bulanan Kota Malang dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. (a)Kecepatan Angin Bulanan per 10 Tahunan Kota Malang Tahun 1979-2009 dan (b)Kecepatan Angin Kota Malang Tahun 1979-2009.

Dari Gambar 28 dapat dilihat penurunan kecepatan angin selama tiga periode. Kecepatan angin yang berkurang mengakibatkan semakin menurunnya tingkat kenyamanan di Kota Malang. Kondisi ini sesuai dengan hasil *polling* quisioner pada Tabel 29 yang menunjukkan terjadi penurunan intensitas angin di Kota Malang saat ini dibandingkan dengan 30 tahun yang lalu. Tuka (2009) menyatakan semakin besar nilai kecepatan angin akan berpengaruh terhadap semakin rendahnya suhu kulit. Ketika kecepatan angin meningkat sebesar 0,2 m/det nilai suhu kulit akan turun sebesar 2 °C. Selain itu alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbangun juga menjadi salah satu penyebab perubahan tingkat kenyamanan yang terjadi di Kota Malang. Jenis dan luas penggunaan lahan Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 34.

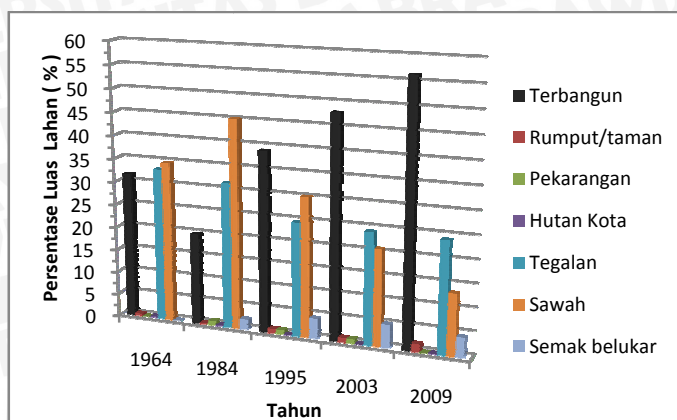
Tabel 34. Jenis dan Luas Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan Tahun 2009 (Utaya, 2008 ; BPN Kota Malang, 2009).

No	Penggunaan Lahan	1964		1984		1995		2003		2009	
		Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
1.	Terbangun	2474,5	31,56	2180,76	19,81	4293,1	39,01	5276,48	47,94	6194,71	56,29
2.	Terbuka:										
	- Rumput/taman	35,1	0,45	23,46	0,21	100,6	0,91	105,94	0,96	188,82	1,72
	- Pekarangan	-	-	101,45	0,92	98,4	0,89	103,96	0,94	1,62	0,015
	- Hutan Kota	18,4	0,23	20,91	0,19	6,6	0,05	1,67	0,02	7,39	0,07
	- Tegalan	2597	33,12	3465,9	31,49	2707,5	24,6	2663,22	24,2	2652,75	24,1
	- Sawah	2720	34,69	4968,8	45,15	3319,6	30,16	2342,69	20,8	1464,61	13,31
	- Semak belukar	-	-	244,42	2,22	479,9	4,36	551,74	5,01	495,8	4,31
	Luas Total	7.842,0	100,00	11.005,7	100,00	11.005,7	100,00	11.005,7	100,00	11.005,7	100,00

Dari data penggunaan lahan pada Tabel 34 dapat dilihat perkembangan pembangunan di Kota Malang yang cukup besar. Pemekaran luas Kota Malang tahun 1984 secara tidak langsung menambah luas RTH Kota Malang, dikarenakan penambahan wilayah tersebut sebagian besar berupa lahan terbuka sehingga secara drastis menambah proporsi lahan terbuka di Kota Malang. Sementara itu dari data terlihat setelah tahun 1984 RTH yang paling banyak berkurang akibat pembangunan adalah tegalan, sawah dan semak belukar. Penurunan luasan sawah dan tegalan mengakibatkan penurunan nilai ekonomi para penduduk yang

menggantungkan hidup dari sektor pertanian. Selain itu Simanjuntak (2011) menyatakan bahwa persawahan memiliki nilai estetika selain juga mampu membantu masyarakat yang merasa jenuh dengan aktivitas di perkotaan, sehingga ketika berada di daerah persawahan dapat membantu secara psikologis untuk mendapat ketenangan dan keluasaan pandangan.

Peningkatan luas lahan terbangun Kota Malang mencapai titik tertinggi pada era tahun 1995 yaitu mencapai 19,2 % dalam waktu 11 tahun, selanjutnya pada tahun 2003 peningkatan pembangunan tidak sebesar tahun 1995, namun tetap terjadi peningkatan yaitu mencapai 8,93 % dalam waktu 8 tahun. Pada tahun 2009 luas lahan terbangun kembali meningkat yaitu sebesar 8,35 % dalam waktu 6 tahun terakhir (Gambar 29). Hal ini sesuai dengan hasil *polling* quisioner pada Tabel 32 yang menyatakan Kota Malang 30 tahun yang lalu tidak mengalami alih fungsi lahan, sedangkan Kota Malang saat ini telah banyak mengalami alih fungsi lahan. Kondisi ini tentu sangat memprihatinkan disaat pembangunan dari tahun ke tahun semakin pesat, luasan lahan yang tersedia semakin sempit. Akibatnya alih fungsi lahan menjadi salah satu pilihan yang harus diambil dengan harus mengorbankan ruang terbuka hijau yang tersedia. Berkurangnya ruang terbuka hijau mengakibatkan peningkatan suhu serta penurunan kelembaban di perkotaan. Hal ini senada dengan pernyataan Lestiana (2011), suhu udara yang lebih tinggi di pusat perkotaan disebabkan oleh miskinnya vegetasi di wilayah perkotaan. Keberadaan vegetasi atau permukaan air dapat menurunkan suhu karena sebagian energi radiasi matahari yang diserap permukaan akan dimanfaatkan untuk menguapkan air dari jaringan tumbuhan (transpirasi) atau langsung dari permukaan air atau permukaan padat yang mengandung air (evaporasi).



Gambar 29. Persentase Luas dan Penggunaan Lahan Kota Malang Tahun 1964, Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan Tahun 2009.

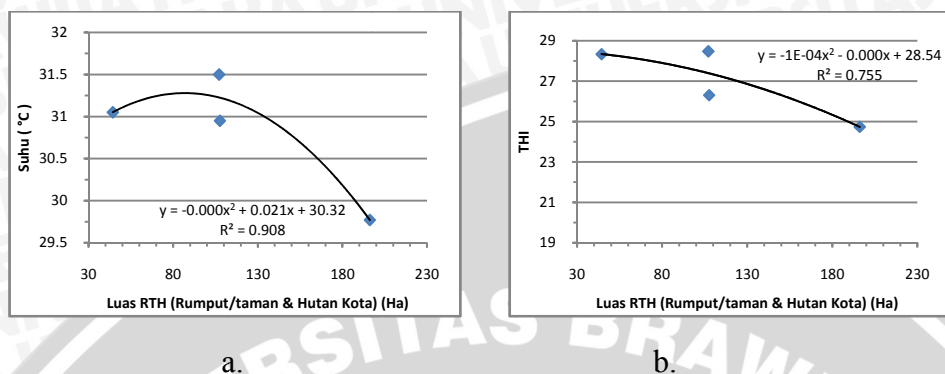
Penurunan luasan RTH Kota Malang berupa pekarangan, sawah dan tegalan selama periode tahun 1984 – 2009 tidak diikuti dengan penurunan luasan RTH dalam bentuk yang lain. Dari data pada Tabel 34 dapat dilihat selama periode tahun 1984 – 2009 terjadi penambahan luas RTH dalam bentuk rumput/taman dan hutan kota. Hal ini yang secara tidak langsung berdampak pada kondisi suhu dan kenyamanan warga Kota Malang itu sendiri. Perubahan luasan RTH (rumput/taman dan hutan kota), suhu maksimum serta nilai THI pada suhu maksimum (T_{max}) dan kelembaban minimum (RH_{min}) Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Perubahan Luas RTH (Rumput/taman dan Hutan Kota), Suhu Maksimum serta THI (T_{max} dan RH_{min}) Kota Malang Tahun 1984, Tahun 1995, Tahun 2003 dan Tahun 2009.

Tahun	Luas RTH (Ha)		Suhu Maksimum ($^{\circ}C$)	THI
	Rumput/taman	Hutan Kota		
1984	23,46	20,91	31,05	28,34
1995	100,6	6,6	31,50	28,48
2003	105,94	1,67	30,95	26,31
2009	188,82	7,39	29,77	24,74

Hasil uji korelasi regresi menunjukkan luas RTH berupa rumput/taman dan hutan kota berhubungan erat terhadap suhu. Hal ini ditunjukkan dengan korelasi regresi dengan nilai $R^2 = 0,908$ dan kondisi yang tidak jauh berbeda juga ditunjukkan oleh uji korelasi regresi luas RTH berupa rumput/taman dan hutan

kota terhadap nilai THI. Hasil uji korelasi regresi antara luas RTH berupa rumput/taman dan hutan Kota dengan THI menunjukkan nilai $R^2 = 0,755$ (Gambar 30).



Gambar 30. (a) Hubungan Luas RTH (Rumput/taman dan Hutan Kota) Dengan Suhu Maksimum Kota Malang dan (b) Hubungan Luas RTH (Rumput/taman dan Hutan Kota) Dengan THI (Tmax dan RHmin) Kota Malang.

Dari Gambar 30 dapat dilihat bahwa penambahan luas RTH berupa rumput/taman dan hutan kota memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan suhu maksimum dan THI pada suhu maksimum dan kelembaban minimum. Semakin besar luas RTH (baik berupa rumput/taman dan hutan kota) suatu kawasan, maka suhu udara suatu kawasan tersebut akan cenderung mengalami penurunan, hal yang sama juga terlihat pada hubungan luas RTH (rumput/taman dan hutan kota) dengan nilai THI. Nilai THI pada suhu maksimum dan kelembaban minimum cenderung mengalami kondisi nyaman saat terjadi penambahan luas RTH. Terlepas dari hal tersebut, penambahan RTH suatu kawasan juga membutuhkan keseimbangan antara luasan rumput/taman dengan luasan hutan kota. Hal ini dikarenakan meskipun rumput/taman dan hutan kota memiliki peran yang hampir sama terhadap lingkungan, namun keduanya juga memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut antara lain kemampuan dalam menghasilkan oksigen, kemampuan dalam menurunkan suhu, kemampuan dalam menurunkan radiasi matahari dan kemampuan menyerap gas yang dihasilkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor ataupun industri. Hal ini senada dengan Dahlan (2004) yang menyatakan, hutan kota dianggap memiliki kelebihan dalam menyerap gas CO_2 dibandingkan dengan taman, karena hutan menempati

hamparan yang lebih luas dari pada taman, selain itu biomassa hutan jauh lebih banyak dari pada taman, karena terdiri dari beberapa strata ketinggian yang berbeda. Pepohonan di hutan juga memiliki diameter tajuk dan kerapatan daun yang jauh lebih besar dari pada taman.

Peningkatan luasan RTH berupa rumput/taman dan hutan kota yang tidak seimbang di Kota Malang mengakibatkan terjadinya perubahan fungsi pohon. Perubahan fungsi pohon juga memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap tingkat kenyamanan pengguna RTH di Kota Malang. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 31 yang menunjukkan terjadinya perubahan fungsi pohon di Kota Malang 30 tahun yang lalu dan saat ini. Sementara itu alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbangun di Kota Malang juga tidak terlepas dari peningkatan laju jumlah penduduk. Peningkatan kebutuhan penduduk akan perumahan menyebabkan semakin banyak pembangunan yang terjadi. Data jumlah penduduk Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 1954, Tahun 1985, Tahun 1990, Tahun 1995, Tahun 2000, Tahun 2005 dan Tahun 2009 (Anonymous, 2008; BPS Kota Malang, 2010).

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk per Km ²
1954	271.870	3.5
1985	542.254	4.9
1990	650.548	5.9
1995	711.673	6.5
2000	730.768	6.6
2005	802.763	7.3
2009	820.857	7.5

Dari data jumlah penduduk pada Tabel 36 dapat dilihat peningkatan penduduk terbesar terjadi pada tahun 1990 yang mencapai 650.548 jiwa dalam kurun waktu lima tahun. Ini berarti pertumbuhan penduduk pada tahun 1990 mencapai angka 16,6 %, sedang pada periode tahun 1995 pertumbuhan penduduk mengalami penurunan menjadi 8,6 %. Dua periode tahun tersebut (tahun 1990 dan 1995) merupakan periode dengan pertumbuhan penduduk paling besar selama rentang waktu 19 tahun terakhir. Pertumbuhan penduduk ini berbanding lurus dengan jumlah luas lahan terbangun Kota Malang yang mencapai persentase tertinggi pada periode tahun 1995.

Peningkatan jumlah penduduk juga diikuti dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang ada di Kota Malang (Tabel 37). Jumlah angkutan massal yang kurang mengakibatkan banyak masyarakat perkotaan beralih menggunakan kendaraan roda dua (sepeda motor). Semakin banyak pengguna sepeda motor di suatu kawasan mengakibatkan semakin banyak polusi udara yang terbentuk. Nandi (2008) menyatakan, di Indonesia sekitar 70 % pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Hal ini berdampak pada peningkatan karbon dioksida (CO_2) yang dilepas ke atmosfer. CO_2 yang terkumpul di atmosfer akan menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang menyebabkan suhu udara pada suatu kawasan tersebut semakin tinggi, sehingga dapat mengurangi tingkat kenyamanan. Dahlan (2004) menyatakan, walaupun gas karbon dioksida (CO_2) relatif tidak begitu beracun, jika dibandingkan dengan gas karbon monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO_2) atau ozon (O_3), namun karena gas CO_2 dapat mengakibatkan peningkatan suhu udara bumi secara global melalui efek rumah kaca, maka laju peningkatan konsentrasi gas ini di udara perlu dikendalikan secara ketat.

Tabel 37. Jumlah Kendaraan Bermotor di Kota Malang Tahun 2003 – 2009 (BPS Kota Malang, 2010).

No	Jenis Kendaraan	Tahun						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	Penumpang							
	a. Umum	2.601	3.019	2.620	2.555	2.758	2.466	2.556
	b. Non Umum	41.229	42.417	46.059	46.836	47.172	50.903	54.749
	c. Dinas	370	392	326	448	492	982	533
2	Bus							
	a. Umum	386	402	178	200	446	361	397
	b. Non Umum	117	130	398	385	398	229	249
	c. Dinas	17	17	16	18	23	25	27
3	Truk							
	a. Umum	1.181	1.276	1.398	1.467	1.743	1.804	2.007
	b. Non Umum	11.728	12.011	12.298	12.017	13.181	11.770	12.035
	c. Dinas	102	106	82	89	138	143	135
4	Sepeda Motor	121.645	131.760	173.413	192.444	208.313	228.730	252.539
	JUMLAH	179.437	191.530	236.788	256.459	274.664	297.413	325.227

4.2.4 Peran Pohon Dalam Penurunan Suhu dan Penyerapan CO₂

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memegang peranan yang cukup penting dalam usaha penyelamatan lingkungan untuk menciptakan kondisi yang sejuk dan nyaman. Peningkatan fungsi RTH dapat dilakukan dengan penanaman pohon pada titik keramaian yang cenderung mengalami akumulasi suhu yang cukup besar. Wonorahardjo (2011) menyatakan, salah satu peran vegetasi untuk mengendalikan lingkungan thermal adalah melalui mekanisme *evapotranspiration* (proses penguapan air dari daun ke udara) yang dapat mempercepat pendinginan permukaan daun yang juga berakibat pada penurunan temperatur udara. Pengukuran terhadap proses *evapotranspiration* pernah dilakukan oleh DOE Lawrence Berkeley National Laboratory dan dilaporkan bahwa pohon berdiameter 30 feet dapat melepas air sebanyak 40 galon/hari. Ditambahkan pula dari hasil analisis korelasi antara volume pohon terhadap suhu udara menunjukkan bahwa volume pohon mempengaruhi temperatur udara secara signifikan, ini berarti semakin banyak pohon, maka temperatur udara semakin rendah.

Sementara itu Samsoedin (2007) menyatakan, untuk mengatasi peningkatan suhu udara di perkotaan, hutan kota dapat dibangun agar pada siang hari tidak terlalu panas sebagai akibat peningkatan jalan aspal, gedung bertingkat, jembatan layang, dan lain – lain. Sementara itu pada malam hari diharapkan dapat lebih hangat karena tajuk pohon dapat menahan radiasi balik dari bumi. Ditambahkan oleh Simanjuntak (2011), kawasan terbuka hijau mempunyai kecepatan evapotranspirasi yang lebih tinggi dan proses ini menyebabkan suhu udara lebih rendah (suhu udara di tengah kota lebih tinggi sekitar 0.5 – 1 °C pada tengah hari dibandingkan suhu udara di kawasan terbuka hijau) dan lebih nyaman.

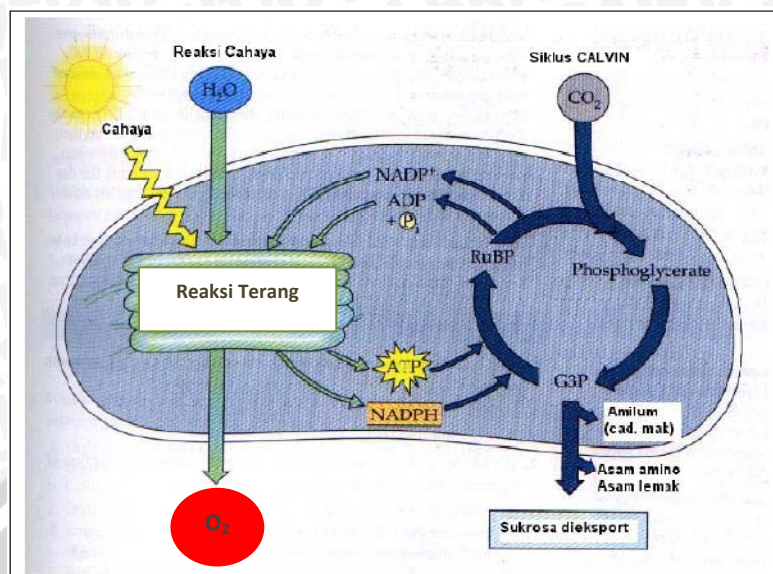
Di kawasan perkotaan efektivitas RTH harus sangat diperhatikan, hal ini terkait dengan kemampuan pohon dalam menghasilkan oksigen (O₂), menyerap karbon dioksida (CO₂) serta kemampuan mengubah energi matahari yang diterima menjadi energi panas. Afandi (2010) menyatakan bahwa pohon memiliki kemampuan menyerap gas CO₂ lebih tinggi dibandingkan dengan tipe penutup vegetasi lain seperti semak belukar, padang rumput ataupun sawah.

Tabel 38. Daya Serap Gas CO₂ Pada Berbagai Tipe Penutup Vegetasi (Afandi, 2010).

No	Tipe Penutupan	Daya Serap Gas CO ₂ (kg/ha/jam)	Daya Serap Gas CO ₂ (ton/ha/tahun)
1	Pohon	129,92	569,07
2	Semak Belukar	12,56	55
3	Padang Rumput	2,74	12
4	Sawah	2,74	12

Pemilihan pohon untuk mendukung efektifitas RTH menjadi cukup penting untuk dilakukan. Selain itu pohon dengan diameter yang besar dan kerapatan tajuk yang tinggi akan menghasilkan oksigen (O₂) serta uap air (H₂O) yang lebih banyak dan mampu menyerap karbon dioksida (CO₂) secara lebih efektif. Nandi (2008) menyatakan RTH mempunyai kemampuan meredam pencemaran udara terutama karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO). Hasil penelitian Puslitbang jalan menunjukkan bahwa tanaman yang berada di RTH dapat mereduksi polusi udara sekitar 5 % hingga 45 %. Dahlan (2004) menambahkan tanaman hutan kota, baik di dalam maupun di luar kota akan menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesis yang kemudian akan menghasilkan gas oksigen (O₂) yang sangat diperlukan oleh manusia dan hewan. Ditambahkan pula bahwa hutan yang menggugurkan daun menghasilkan oksigen sebesar 6 – 10 ton/Ha/tahun dan hutan konifer sebesar 9 – 15 ton/Ha/tahun sementara hutan tropika dan hutan sub-tropika rata – rata jumlah oksigen yang dihasilkan sebesar 27,5 ton/Ha/tahun. Samsudin (2007) menambahkan hutan (termasuk di dalamnya hutan kota) merupakan penyerap gas CO₂ dan penghasil O₂ yang cukup penting, selain fitoplankton, ganggang, dan rumput laut di samudera.

Dahlan (2008) menyatakan, peningkatan kadar gas CO₂ juga akan mengancam kehidupan manusia dan merusak lingkungan hidup dengan terjadinya pemanasan global melalui efek rumah kaca. Salah satu usaha untuk mengurangi peningkatan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer, terutama di perkotaan adalah dengan pengembangan hutan kota. Pohon dan hutan baik di dalam dan di sekitar kota dapat menurunkan CO₂ melalui fotosintesis. Gas ini akan diserap oleh daun melalui stomata menjadi oksigen dan karbohidrat.



Gambar 31. Proses Fotosintesis Pada Daun (Dewi, 2007).

Dari Gambar 31 dapat dilihat proses fotosintesis yang terjadi pada daun. Fotosintesis terjadi dalam dua tahap yang terjadi dalam kloroplas, namun pada dua bagian yang berbeda yaitu tahap pertama yang terjadi di bagian grana kloroplas merupakan proses penangkapan tenaga surya atau proses yang bergantung langsung pada keberadaan cahaya (reaksi terang). Sedangkan tahap kedua terjadi di bagian matrik stroma kloroplas, yang merupakan proses yang tidak tergantung pada keberadaan cahaya (reaksi gelap). Pada reaksi terang, sebagian energi matahari yang di serap diubah menjadi energi kimia yang selanjutnya digunakan untuk proses penyusunan zat gula dan sebagian energi matahari yang lainnya digunakan untuk fotolisis air (H_2O) sehingga menghasilkan ion hidrogen (H^+) dan O_2 . Selanjutnya ion hidrogen (H^+) akan digabungkan dengan CO_2 yang kemudian membentuk zat gula (CH_2O), sedangkan O_2 akan di keluarkan. Sementara itu reaksi gelap merupakan reaksi yang memanfaatkan zat yang dihasilkan pada reaksi terang (zat gula). Pada proses reaksi gelap tidak lagi bergantung langsung pada keberadaan cahaya, walaupun proses berlangsung bersamaan dengan proses reaksi terang. Pada reaksi gelap, zat gula sederhana yang terbentuk dari hasil awal fotosintesis akan diubah menjadi amilum (zat tepung) yang kemudian disimpan pada daun atau organ penyimpanan yang lain.

Sementara itu untuk menekan jumlah emisi gas CO_2 yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor ataupun industri, perlu dilakukan pemilihan jenis tanaman

yang memiliki kemampuan dalam menyerap gas CO₂ dalam jumlah yang cukup besar. Daftar jenis pohon berdasarkan kemampuan menyerap gas CO₂ dapat dilihat pada Tabel 39. Dari tabel dapat dilihat Trembesi (*Samanea saman*) memiliki daya serap tertinggi sebesar 28.448,39 kg/pohon/tahun dibandingkan 30 jenis pohon yang lainnya (Dahlan, 2008).

Tabel 39. Daftar Pohon Berdasarkan Kemampuan Pohon Menyerap Gas CO₂ (Dahlan, 2008).

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (Kg/Pohon/Tahun)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.448,39
2	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5.295,47
3	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	720,49
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Pornetia pinnata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenanthera pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
22	Khaya	<i>Khaya anthotheca</i>	21,90
23	Merbau pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
25	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26	Asam kranji	<i>Pithecelobium dulce</i>	8,48
27	Saputangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
28	Dadap merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55
29	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
30	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31	Kempas	<i>Coompasia excelsa</i>	0,20

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis tingkat kenyamanan Kota Malang dengan menggunakan 4 (empat) metode yaitu THI (*Thermal Humidity Index*), Indeks Kenyamanan, RayMan dan quisioner tentang persepsi terhadap kenyamanan diperoleh hasil yang sama, yaitu selama periode 30 tahun (1979 – 2009) Kota Malang mengalami kondisi tidak nyaman pada siang hari.
2. Luasan RTH Kota Malang jenis pekarangan, tegalan, sawah dan semak belukar selama 30 tahun terakhir mengalami penurunan sebesar 38,05 % yaitu dari 8.780,57 Ha pada tahun 1984 menjadi 4.614,78 Ha pada tahun 2009. Sedangkan RTH jenis rumput/taman dan hutan kota cenderung mengalami peningkatan sebesar 1,39 % yaitu dari 44,37 Ha pada tahun 1984 menjadi 192,21 Ha pada tahun 2009, namun secara keseluruhan RTH Kota Malang mengalami penurunan sebesar 36,66 % yaitu dari 8.824,94 pada tahun 1984 menjadi 4.810,99 pada tahun 2009. Peningkatan luas RTH jenis rumput/taman dan hutan kota mampu menurunkan suhu udara sehingga mampu meningkatkan nilai kenyamanan Kota Malang.

5.2 Saran

1. Perlu penambahan RTH di Kota Malang khususnya jenis hutan kota, untuk meningkatkan kenyamanan terkait dengan penurunan suhu udara dan peningkatan kelembaban udara.
2. Bagi para peneliti yang ingin melakukan penelitian mengenai tingkat kenyamanan suatu kawasan disarankan menggunakan metode RayMan, hal ini dikarenakan metode RayMan menggunakan parameter yang cukup lengkap untuk mendukung suatu analisa kenyamanan sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, A dan T. Hidayat. 2010. Kajian Kualitas Udara dan Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menyerap Emisi Karbon Akibat Lalu Lintas di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Kerjasama Kementrian Pekerjaan Umum dan Universitas Katolik Parahyangan.

Anonymous, 2008a. Keadaan Kota Malang di Hari Kemudian
<http://malang.endonesa.net/index.php/keadaan-kota-malang-di-hari-kemudian.htm>: diakses tanggal 14 Maret 2011.

Anonymous, 2011b. Makalah Lokakarya Pengembangan Sistem RTH di Perkotaan. Ruang Terbuka Hijau (RTH) Wilayah Perkotaan. Lab. Perencanaan Lanskap Departemen Arsitekur Lanskap. Fakultas Pertanian IPB. Bandung
<http://id.shyoong.com/social-sciences/1823061-ruang-terbuka-hijau-rth-taman/>: diakses tanggal 14 Maret 2011.

Anonymous, 2011c. Pemanasan Global dan Perubahan Iklim
<http://www.ofm-ipic.org/globalwarming/pdf/indonesia.pdf>: diakses tanggal 14 Maret 2011.

Anonymous. 2011d. Angin Muson Barat dan Timur
<http://id.shvoong.com/exact-sciences/physics/2123757-angin-muson-barat-dan-angin/>: diakses tanggal 4 Oktober 2011.

Anonymous, 2011e. *Intergovernmental Panel on Climate Change*
http://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change: diakses tanggal 19 Oktober 2011.

Bintariadi, B. 2004. Ruang Terbuka Hijau Kota Malang Tingal Empat Persen.
<http://abisatya.wordpress.com/2009/05/12/ruang-terbuka-hijau-kota-malang-tinggal-empat-persen/>: diakses tanggal 14 Maret 2011.

Brown, R.D. and T.J. Gillesple. 1995. Microclimate Landscape Design, Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Campbell, G.S. 1997. An Introduction to Environment Blophysics. Springer Verlag. New York.

Dahlan, E.N. 2004. Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota. IPB Press. Bogor.

- Dahlan, E.N. 2008. Jumlah Emisi Gas CO₂ dan Pemilihan Jenis Tanaman Berdaya Rosot Sangat Tinggi: Studi Kasus di Kota Bogor. Media Konservasi. 13 (2).
- Depdagri, 1988. Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 Tahun 1988 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau di Wilayah Perkotaan. Departemen Dalam Negeri Republik Indonesia. Jakarta.
- Dewi, I.R. 2007. Makalah Fotosintesis Sebagai Proses Dasar. Jurusan Budidaya Pertanian/Agronomi. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum. 2005. Basis Data Pemerintah Kota Malang. Dinas Pertamanan Kota Malang. Malang: di akses tanggal 14 Maret 2011.
- Dirjen Penataan Ruang, Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. Direktorat Jendral Penataan Ruang, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dwiyanto, A. 2009. Kuantitas dan Kualitas Ruang Terbuka Hijau di Permukiman Perkotaan. Teknik. 30 (2). Jurusan Teknik Arsitektur. Fakultas Teknik Undip.
- Firman, U. 2009. Fluktuasi Suhu Udara dan Trend Variasi Curah Hujan Rata – rata di Atas 100 mm di Beberapa Wilayah Indonesia. Buletin Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. 5 (3).
- Gates, D. M. 1972. Man and His Environment: Climate. Harper and Row, New York San Franico London.
- Hakim, R. 1993. Unsur Perancangan. Bina Aksara. Jakarta.
- Hernandez, A., B. Domingues, P. Cervantes, S. Munoz-Melgarejo, S. Salazar-Lizan, A. Tejeda-Martinez. 2010. Temperature Humidity Index (THI) 1917 – 2008 and Future Scenarios Of Lifestock Comfort in Veracruz, Mexico. Atmosfera, 24 (I).
- Hernawati, W.Y. 2011. Analisis Bentuk dan Struktur RTH Kota Malang Terhadap Indeks Kenyamanan. Skripsi Program S1. Universitas Brawijaya. Malang.
- Irawan, B. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 24 (1).

- Irwan, Z.D. 2008. Tantangan Lingkungan dan Lanskap Hutan Kota. Penerbit PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Martana, S.P. 2011. Ruang Terbuka Hijau Sebagai Utilias Kota dan Ruang Interaksi Masyarakat. Majalah Ilmiah Unikom, Vol. 4. Jurusan Arsitektur. Universitas Komputer Indonesia
- Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer H. 2000. Estimation and Calculation of the Mean Radiant Temperature Within Urban Structures. in: Biometeorolgy and Urban Climate at The Turn of the Millenium (d. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026.
- Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer, H. 2006. Modelling the Thermal Bioclimate in Urban Areas with the RayMan Model. PLEA2006 – The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland.
- Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer, H. 2007. Modelling Radiation Fluxes in Simple and Coplex Environments-Application of RayMan Model. J. Biometeorol 51.
- Meams, L.O. 2000. Climatic Change and Variability. In Climate Change and Global Crop Productivity. K.R. Reddy and H.F. Hodges. Ed. CABI Pubis. Nw York.
- Nicol and Humphreys. 2002. Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings Journal: Energy and Buildings 34, Elsevier Science, www.Elsevier.com/locate/enbuild.
- Oke, T.R. 1989. The Micrometeorology of the Urban Forest. Phil. Trans. Royal Society London London, vol. B324.
- Lakitan, B. 1994. Dasar-Dasar Klimatologi. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lestiana, H. 2001. Konversi Lahan dan Pengaruhnya Pada Iklim di Kota Bandung
- Nandi. 2007. Makalah Mengatasi Masalah Lingkungan Perkotaan Melalui Optimalisasi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau. PIT IGI IX. Medan.
- Nurisjah, S. 1991. Makalah Lokakarya Upaya Pengembangan dan Pembinaan RTH Perkotaan di Masa Datang. Direktorat Jendral Pembangunan Daerah. Depdagri. Jakarta.

Orssengo, G. 2010. Observed Global Mean Surface Temperature From the Climate Research Unit of the Headly Center.
<http://www.wordfortrees.org/plot/hadcrut3vlg/compress:12/from1880/plot/hadcrut3vlg/from:1880/trend/plot/hadcrut3vlg/from:1880/trend/offset:0.3/plot/hadcrut3vlg/from:1880/trend/offset:-0.3>: diakses tanggal 11 November 2011.

Priyono, J. 2002. Kenyamanan Fisiologis
<http://juniawan.wordpress.com/2002/03/>: diakses tanggal 14 Maret 2011.

Samssoedin, I. dan E. Subiandono. 2006. Makalah Pembangunan dan Pengelolaan Hutan Kota. Padang

Setyowati, D. L. 2008. Iklim Mikro dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang. Jurnal Manusia dan Lingkungan. 5 (3). Jurusan Geografi FIS. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Sham, S. 1986. The Build Environment, Microclimate and Human Thermal Comfort the Malaysian Experience. Paper Presented in Seminar On Appopriate Technology, Culture, Lifestyle and Development. Penang.

Simanjuntak, B. D dan S. D. Hutasuhut. 2011. Alih Fungsi Lahan Terbuka Hijau Menjadi Perumahan Pada Kawasan Padang Bulan/Selayang. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Singarimbun, M dan S. Effendi. 2006. Metode Penelitian Survei. LP3ES. Jakarta

Sitawati, 2010. Peran Ruang Terbuka Hijau (RTH) Lanskap Perkotaan dalam Mitigasi Pemanasan Global. Proposal PPS Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Sugini, 2004. Pemaknaan Istilah-Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang dalam Kaitan dengan Variabel Iklim Ruang. Logika. 1 (2). Jurusan Arsitektur FTSP. Universitas Islam Indonesia.

Sulistiyantara, B., Y. Tashiro dan I. S. Fatimah. 1998. Keterkaitan Antara Pola Thermoscape dan Perasaan Panas di Daerah Pemukiman Bertingkat Rendah di Bogor. Buletin Taman dan Lanskap Indonesia. 1 (1).

Susilo, H. 2010. Peringatan dan Penyusutan Gletser. Kompas 16 Mei 2010.

Tauhid. 2008. Kajian Jarak Jangkau Efek Vegetasi Pohon Terhadap Suhu Udara Pada Siang Hari Di Perkotaan (Studi Kasus : Kawasan Simpang Lima Kota Semarang). Tesis PPS Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang

- Todd, K.W. 1995. Tapak, Ruang dan Struktur. Intermatra. Bandung.
- Tuka, V., S. Widagdo dan A. M. Wibowo. 2009. Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir: Kajian Ergonomi Tentang Lingkungan Fisik Pada Stasiun Kerja.
- Tursilowati, L. 2007. Urban Heat Island dan Kontribusinya pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan.
- Tursilowati, L. 2007. Use Of Remote Sensing and GIS To Compute Temperature Humidity Index as Human Comfort Indicator Relate with Land Use-Land Cover Change (LULC) in Surabaya.
- Utaya, S. 2008. Perubahan Tata Guna Lahan dan Resapan Air di Kota Optimalisasi Resapan Air dalam Pengelolaan Lahan Kota Malang. Disertasi PPS Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Wardani, N.E.K. 2010. Tingkat Kenyamanan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang (Studi Kasus 7 RTH). Skripsi Program S1. Universitas Brawijaya. Malang.
- Waryono, T. 2002. Upaya Pemberdayaan Masyarakat dalam Pelestarian Hutan Sebagai Pencegah Pemanasan Global. Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Widianto, 2009. Kota Malang Tak Lagi Dingin.
http://www.tempointeraktif.com/hg/nusa/2009/02/05/brk_20090205-158671_id.html: diakses tanggal 14 Maret 2011.
- Winarso, P.A. 2009. Indikasi Penyimpangan Cuaca/Iklim Pembentuk Badai/Puting Beliung Tanggal 21 April 2009 Di Jakarta: diakses tanggal 4 Oktober 2011.
- Wonorahardjo, S., S. Tedja dan B. Edward. 2011. Studi Pengaruh Kualitas Vegetasi Pada Lingkungan Termal Kawasan Kota di Bandung Menggunakan Data Citra Satelit. Laboratorium Teknologi Bangunan Sekolah Arsitektur, Perencanaan Dan Pengembangan Kebijakan. Institut Pertanian Bogor.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Suhu Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

a. Suhu Minimum (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	19.90	20.30	20.90	20.80	21.30	21.80	25.10	21.40	21.50	
2	19.90	20.10	20.80	21.00	22.00	20.70	21.20	20.50	20.70	21.10
3	20.10	19.50	20.40	20.30	21.50	20.90	21.20	20.90	20.10	20.70
4	20.00	20.10	20.20	20.90	21.20	21.30	21.80	21.80	21.40	20.30
5	20.00	19.80	20.00	18.90	21.50	20.50	20.40	20.70	20.50	21.40
6	18.50	18.40	20.20	18.30	19.20	18.50	19.40	20.60	20.00	18.70
7	17.50	18.90	20.00	17.30	18.70	19.30	17.50	19.00	19.10	18.70
8	17.80	18.70	19.00	17.40	18.30	18.70	19.00	18.10	19.30	19.60
9	19.30	18.70	20.10	17.30	19.50	20.30	21.40	19.40	19.00	20.50
10	20.00	20.00	20.30	18.60	20.40	19.80	20.40	21.10	20.90	21.50
11	20.30	20.30	21.00	20.40	20.80	20.20	21.10	21.00	20.80	20.70
12	20.00	20.70	21.10	21.10	21.10	20.30	21.40	23.00	20.70	20.00
Rata - rata	19.44	19.63	20.33	19.36	20.46	20.19	20.83	20.63	20.33	20.29

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	20.50	21.50	21.10	17.60	20.20	20.00	19.60	19.30	19.60	19.90
2	20.40	20.80	21.80	18.90	20.00	20.30	20.30	19.90	19.90	19.60
3	20.50	20.10	20.30	19.50	19.90	18.80	20.30	19.40	18.90	19.80
4	20.70	20.30	20.90	20.20	20.20	18.80	19.60	18.10	19.20	19.80
5	21.30	19.40	20.10	19.70	20.40	16.20	19.60	18.00	18.50	19.80
6	20.20	18.00	18.90	18.70	19.90	15.00	19.50	18.50	17.80	19.80
7	20.40	17.10	16.50	16.80	18.90	15.30	18.30	17.90	16.10	19.00
8	19.30	18.10	16.30	18.00	18.70	15.80	18.50	17.60	15.30	18.20
9	20.00	18.60	18.30	20.00	18.70	16.70	17.70	18.10	16.30	18.30
10	21.20	19.70	18.40	20.50	20.10	18.90	19.60	19.30	18.50	18.30
11	19.80	21.40	19.40	20.70	20.40	19.90	19.70	19.90	19.90	19.00
12	21.00	21.50	17.80	19.70	19.90	18.50	19.10	19.40	19.70	18.20
Rata - rata	20.44	19.71	19.15	19.19	19.78	17.85	19.32	18.78	18.31	19.14

Bulan/tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	18.50	19.20	19.30	19.20	20.90	21.00	21.10	20.60	20.10	20.30	21.40
2	18.50	19.40	19.70	19.50	20.90	20.90	20.60	20.80	20.30	20.50	21.90
3	18.30	19.40	19.80	19.90	20.30	21.00	20.80	20.30	20.20	19.70	21.70
4	19.30	19.20	19.90	20.20	20.70	20.90	20.60	20.60	20.10	20.20	22.10
5	19.20	17.80	19.30	18.30	20.30	17.80	19.41	20.10	19.90	20.20	21.20
6	19.30	17.40	18.80	17.60	20.20	17.80	20.10	19.00	19.00	19.10	20.70
7	17.80	19.90	17.90	18.60	16.80	18.60	19.20	17.80	19.00	18.40	17.80
8	17.20	18.20	18.10	17.20	17.40	17.20	18.70	18.00	18.50	20.10	17.20
9	18.70	18.50	18.26	17.20	19.50	19.80	19.90	18.30	19.90	21.40	19.30
10	18.20	20.10	19.10	19.70	21.00	20.40	21.00	19.50	19.20	21.70	
11	19.40	20.20	19.30	19.70	21.15	15.10	14.80	20.60	20.60	18.00	20.60
12	19.10	19.30	19.70	20.50	20.50	20.90	20.50	20.70	20.50	20.40	20.60
Rata - rata	18.63	19.05	19.10	18.97	19.97	19.28	19.73	19.69	19.78	20.00	20.41

a. SuhuMaksimum (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	28.50	28.20	29.40	30.50	31.80	29.00	31.00	30.40	31.70	
2	28.70	28.60	30.20	31.20	31.80	30.60	32.00	31.50	32.20	32.90
3	28.90	29.70	31.10	31.30	32.50	31.30	31.50	31.90	31.20	32.40
4	29.60	29.80	30.50	30.50	31.10	31.00	31.50	31.50	32.90	33.30
5	28.90	30.50	29.00	32.00	31.50	31.00	32.50	32.70	31.80	32.50
6	27.50	29.20	30.50	31.10	31.40	30.70	30.30	31.10	31.60	32.40
7	27.10	30.00	29.00	31.60	30.40	31.80	31.30	30.70	31.80	32.10
8	28.60	29.70	30.10	31.50	31.70	31.80	31.50	30.70	31.80	33.00
9	29.70	31.40	30.80	32.30	32.70	31.30	31.10	32.80	34.00	33.70
10	31.20	31.70	32.20	33.80	32.00	31.80	33.10	31.70	32.60	33.50
11	31.50	31.40	30.60	34.50	31.50	31.80	31.70	31.20	32.40	31.80
12	28.90	30.00	29.70	32.70	31.10	30.50	31.00	35.00	31.20	31.80
Rata - rata	29.09	30.02	30.26	31.92	31.63	31.05	31.54	31.77	32.10	32.67

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	32.40	31.20	31.80	31.40	33.40	31.40	31.10	30.80	30.90	34.20
2	30.70	32.70	32.90	31.80	33.80	31.70	30.90	30.40	30.50	33.60
3	31.30	32.90	32.90	32.70	33.60	30.80	31.10	31.70	31.20	33.50
4	31.50	33.60	32.10	32.80	33.80	31.90	32.50	31.40	32.00	32.40
5	32.20	33.30	32.70	33.00	33.90	31.40	31.90	31.30	31.90	33.00
6	31.90	31.40	33.20	33.00	33.00	31.20	31.50	31.90	31.70	32.80
7	32.30	32.40	33.80	32.70	32.70	30.80	30.40	31.00	30.80	31.90
8	31.90	33.60	34.50	33.10	31.50	31.90	30.00	30.90	31.90	32.60
9	34.80	34.10	34.00	33.20	32.90	33.20	32.90	32.60	34.40	31.80
10	32.80	36.20	33.00	33.30	33.70	34.50	32.90	32.00	34.50	32.60
11	33.00	34.60	31.90	33.20	33.80	35.20	31.90	31.50	35.10	31.20
12	33.50	32.50	32.20	33.60	32.10	32.40	30.90	31.50	33.60	31.80
Rata - rata	32.36	33.21	32.92	32.82	33.18	32.20	31.50	31.42	32.38	32.62

Bulan/tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	31.60	32.40	31.00	30.90	30.90	30.50	30.60	29.70	31.00	30.70	29.40
2	31.80	31.30	31.20	30.40	30.60	30.30	30.70	30.70	30.10	30.70	29.00
3	31.80	30.90	31.30	31.20	31.00	30.50	30.20	29.30	29.50	30.00	29.80
4	32.40	31.50	31.40	32.20	31.40	31.10	30.20	30.10	30.60	30.90	30.00
5	32.40	29.70	31.50	31.50	30.90	30.40	30.50	30.40	31.30	31.00	30.10
6	32.00	30.00	30.70	31.10	31.90	29.80	30.10	29.10	30.50	31.50	30.20
7	30.10	30.10	30.20	30.50	30.50	29.60	29.30	28.40	30.50	30.70	30.10
8	30.70	30.10	30.40	29.70	30.90	30.00	29.40	30.60	31.00	31.50	29.70
9	32.20	30.40	30.70	29.70	31.50	31.30	31.00	30.80	31.00	32.10	30.00
10	31.90	31.10	32.00	33.60	31.10	32.60	30.40	32.00	30.00	32.70	
11	32.60	30.80	30.90	33.60	30.85	22.10	21.50	32.30	31.00	25.50	29.60
12	31.50	31.50	30.50	31.90	29.70	29.70	28.50	30.90	30.80	30.80	29.60
Rata - rata	31.75	30.82	30.98	31.36	30.94	29.83	29.37	30.36	30.61	30.68	29.77

b. Suhu Rata – rata (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	23.70	24.00	24.40	24.30	25.10	25.10	22.50	24.60	25.30	
2	24.00	24.10	24.20	25.50	25.20	23.60	24.60	23.70	25.00	25.40
3	24.10	24.20	24.90	24.10	25.30	24.40	24.90	24.30	25.10	24.70
4	24.50	24.50	24.50	25.00	24.80	24.70	25.60	25.10	25.50	25.20
5	24.10	24.70	23.30	24.60	25.00	24.60	25.50	25.10	24.90	25.90
6	23.10	23.30	24.50	24.00	23.80	24.00	24.70	24.60	24.90	24.70
7	22.30	23.80	23.30	23.70	23.50	24.30	23.80	23.70	24.40	23.80
8	23.20	23.70	23.90	23.00	23.70	24.00	23.90	23.90	24.60	24.30
9	24.00	24.40	24.40	24.10	24.70	24.20	24.30	24.90	25.40	24.70
10	25.20	25.20	25.40	15.20	24.80	24.60	24.60	24.50	25.00	25.10
11	25.70	24.90	24.00	26.30	24.70	24.90	24.80	24.40	24.60	25.00
12	24.30	24.50	24.30	25.50	24.50	24.20	25.50	27.30	24.70	24.30
Rata - rata	24.02	24.28	24.26	23.78	24.59	24.38	24.56	24.68	24.95	24.83

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	24.60	25.00	24.50	22.90	24.80	24.20	23.50	23.30	23.40	24.00
2	24.10	25.10	24.70	23.50	25.30	24.90	23.70	23.10	23.20	23.80
3	24.70	25.60	24.60	24.50	24.90	22.10	23.90	23.60	23.30	23.50
4	24.30	24.80	24.30	24.50	25.00	23.90	24.60	23.20	23.90	23.70
5	25.40	24.40	24.90	24.30	25.40	22.70	24.80	23.20	23.40	24.10
6	25.10	23.50	24.50	24.50	25.00	22.10	24.60	23.10	23.20	24.10
7	24.10	23.30	24.10	23.90	23.80	22.00	22.60	22.70	21.80	23.40
8	24.50	24.30	24.60	24.20	24.00	22.30	22.40	22.30	23.20	23.30
9	25.00	25.10	24.30	25.00	24.30	23.70	23.20	23.50	23.20	23.40
10	24.90	25.70	23.50	24.60	25.30	25.70	24.50	23.70	24.10	23.30
11	25.60	26.10	24.20	24.80	25.50	25.40	24.00	23.70	24.70	22.90
12	25.80	24.70	23.50	24.90	25.10	24.10	23.40	23.60	23.90	22.70
Rata - rata	24.84	24.80	24.31	24.30	24.87	23.59	23.77	23.25	23.44	23.52

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	22.80	23.50	23.50	23.60	25.00	24.10	24.90	24.00	24.10	23.60	23.80
2	22.90	23.70	23.90	23.30	24.50	23.96	24.50	24.20	23.50	23.50	24.10
3	23.20	23.80	23.80	23.90	24.20	24.10	24.50	23.90	23.20	22.90	24.50
4	23.60	23.40	24.30	24.50	24.60	24.80	24.60	24.30	23.30	23.60	25.00
5	23.80	22.30	23.70	23.30	23.90	24.10	24.20	23.80	23.90	23.80	24.60
6	24.60	22.60	23.80	23.00	24.00	22.80	24.40	23.00	23.20	23.40	24.60
7	22.80	23.00	23.50	23.10	22.10	22.90	23.50	22.20	23.20	22.70	23.40
8	22.40	23.30	23.80	23.00	22.40	22.50	23.30	23.40	23.00	23.80	23.10
9	23.90	23.20	23.30	23.90	23.60	24.10	24.30	23.10	23.00	24.40	24.40
10	23.80	24.70	24.20	26.00	24.50	24.90	24.60	24.20	22.80	25.10	
11	23.70	25.70	23.60	24.50	24.27	17.10	17.80	24.50	23.80	24.50	24.40
12	23.70	23.60	22.90	25.70	23.70	24.40	23.60	23.80	23.10	22.70	24.10
Rata - rata	23.43	23.57	23.69	23.98	23.90	23.31	23.68	23.70	23.34	23.67	24.18

Lampiran 2. Data Kelembaban Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

a. Kelembaban Minimum (%)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	57.00	56.00	53.00	62.00	63.40	56.00	53.00	64.00	65.90	66.40
2	56.00	57.00	48.00	61.00	66.00	60.00	57.00	58.70	67.00	60.00
3	54.00	52.00	50.00	61.00	60.10	59.00	55.00		61.40	62.80
4	55.00	55.00	51.00	63.00	63.80	60.00	56.00		60.90	59.10
5	59.00	46.00	54.00	47.00	66.50	60.00	49.00		60.80	54.20
6	54.00	46.00	51.00	46.00	56.70	54.00	53.00		58.60	52.70
7	53.00	45.00	54.00	45.00	55.00	55.00	50.00		54.38	52.40
8	47.00	43.00	44.00	43.00	47.10	51.00	48.00		54.70	
9	75.00	36.00	43.00	39.00	45.10	56.00	43.00		50.50	51.30
10	40.00	39.00	41.20	39.00	53.70	54.00	47.00		60.20	56.20
11	44.00	44.00		38.00	59.10	52.00	54.00	61.20	60.50	63.70
12	82.00	53.00	63.00	57.00	62.00	60.00	58.00	59.45	61.06	60.10
Rata - rata	56.33	47.67	50.20	50.08	58.21	56.42	51.92	60.84	59.66	58.08

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	59.00	58.00	54.20	44.70	42.90	49.00	62.90	55.20	51.90	43.30
2	66.00	52.00	49.50	49.60	38.00	48.00		57.40	52.90	45.60
3	64.00	56.00	41.10	43.00	42.00	58.00	59.10	47.50	38.50	44.30
4	55.00	49.00	52.10	46.60	41.00	48.00	67.00	43.30	44.90	47.20
5	51.00	51.00	38.70	40.60	41.00	38.00	51.70	39.60	43.00	41.70
6	46.00	50.00	39.90	35.00	41.00	40.00	45.00	40.30	36.50	40.00
7	43.80	49.00	37.90	35.35		35.06	44.40	41.70	36.50	46.60
8	42.00	39.00	33.09	37.50	37.00	34.30	45.60	38.70	32.20	45.30
9	38.00	37.00	28.10	40.20	35.00	29.30	43.60	33.50	27.70	46.80
10	50.00	30.00	30.60	41.50	37.00	30.70	37.00	42.06	30.90	45.30
11	46.00	34.30	43.20	45.30	38.00	40.30	53.40	56.30	34.00	47.30
12	45.00	49.70	37.30	47.50	50.00	47.90	55.70	51.80	41.30	49.80
Rata - rata	50.48	46.25	40.47	42.24	40.26	41.55	51.40	45.61	39.19	45.27

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	47.40	46.00	55.90	60.00	57.00	53.00	55.00	50.00	52.00	54.10	64.20
2	44.00	47.00	46.60	62.00	56.00	51.00	48.00	51.00	56.50	58.20	66.00
3	48.70	49.00	48.80	63.00	53.00	53.00	51.00	54.00	67.30	61.50	61.70
4	45.40	50.30	48.00	58.00	48.00	47.00	47.00	50.00	56.90	55.20	53.10
5	42.40	50.00	48.00	58.00	52.00	52.00	45.00	58.00	53.80	53.60	53.40
6	44.03	43.10	44.50	54.00	48.00	45.00	49.00	51.40	56.60	51.50	53.40
7	45.70	43.90	46.10	48.00	48.00	48.00	48.00	54.00	56.60	51.20	53.40
8	45.90	45.10	45.30	47.00	45.00	44.00	46.00	51.40	43.00	50.70	52.00
9	44.10	46.10	44.00	49.00	45.80	47.00	45.00	51.40	54.10	40.00	57.00
10	45.70	43.60	45.00	46.00	53.00	47.00	49.00	47.00	45.90	48.40	
11	46.20	60.00	55.00	48.00	54.00	35.00	39.00	47.00	50.30	57.40	51.00
12	46.70	47.20	59.00	54.00	57.00	55.00	39.00	56.00	56.50	57.80	52.00
Rata - rata	45.52	47.61	48.85	53.92	51.40	48.08	46.75	51.77	54.13	53.30	56.11

b. Kelembaban Maksimum (%)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	97.00	97.00	97.00	94.00	87.40	92.00	94.00	87.50	86.30	87.70
2	97.00	97.00	97.00	94.00	85.00	94.00	94.00	86.50	85.00	86.00
3	96.00	94.00	97.00	89.00	87.90	94.00	94.00		87.20	87.20
4	96.00	96.00	98.00	94.00	88.40	95.00	93.00		87.90	89.90
5	97.00	96.00	97.00	93.00	87.80	94.00	93.00		88.80	83.06
6	97.00	96.00	98.00	93.00	84.40	95.00	92.00		85.90	82.30
7	97.00	95.00	97.00	93.00	83.50	95.00	93.00		85.10	88.40
8	96.00	95.00	97.00	93.00	81.40	95.00	91.00		82.40	
9	97.00	95.00	97.00	93.00	79.70	93.00	92.00		82.10	85.10
10	95.00	95.00	97.00	93.00	82.10	93.00	91.00		86.30	88.06
11	96.00	97.00		92.00	84.70	94.00	91.00	88.20	89.20	87.80
12	97.00	97.00	96.00	95.00	85.90	94.00	92.00	88.60	92.90	84.09
Rata - rata	96.50	95.83	97.09	93.00	84.85	94.00	92.50	87.70	86.59	86.19

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	90.00	80.00	86.00	85.00	78.00	92.00	93.20	91.80	87.80	95.40
2	92.00	77.00	81.00	81.00	81.00	86.00		94.30	91.00	96.10
3	94.00	83.00	76.00	87.00	84.00	91.00	92.00	94.90	94.80	93.50
4	91.00	83.00	88.00	84.00	90.00	87.00	91.50	90.60	92.40	93.80
5	75.00	83.00	80.00	82.00	87.00	86.00	89.50	89.70	90.70	75.90
6	84.00	77.00	81.00	76.00	84.00	92.00	91.60	92.40	90.00	81.50
7	80.10	71.00	82.00	80.00		91.70	94.00	92.70	92.70	94.30
8	77.00	80.00	81.00	82.00	89.00	89.50	95.20	89.90	92.50	95.09
9	74.00	80.00	77.00	82.00	88.00	84.70	94.10	88.40	91.00	93.30
10	89.00	75.00	74.00	91.00	88.00	86.80	86.10	88.60	91.50	92.30
11	74.00	75.60	84.00	86.00	87.80	83.30	94.20	94.00	93.70	96.09
12	76.00	79.70	81.00	80.00	83.00	88.60	92.10	91.70	95.30	95.50
Rata - rata	83.01	78.69	80.92	83.00	85.44	88.22	92.14	91.58	91.95	91.90

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	95.00	91.00	95.10	92.00	87.00	88.00	86.00	92.00	92.00	94.00	95.80
2	95.70	91.00	89.60	92.00	90.00	87.00	88.00	92.00	93.00	93.90	95.70
3	94.30	89.50	89.90	94.00	90.00	88.00	89.00	91.00	93.40	95.30	94.90
4	88.90	95.10	87.70	92.00	88.00	86.00	86.00	92.00	94.10	94.60	95.40
5	83.06	94.70	87.70	92.00	89.00	87.00	86.00	82.00	91.40	94.10	95.00
6	88.90	93.90	88.20	93.00	86.00	87.00	87.00	90.70	94.20	94.60	95.00
7	92.20	87.60	88.70	85.00	89.00	87.00	85.00	93.00	94.20	94.60	95.00
8	92.30	86.30	88.20	24.00	88.00	86.00	86.00	90.70	98.00	94.50	98.00
9	86.80	85.10	87.00	79.00	83.70	84.00	88.00	90.70	92.90	98.00	99.00
10	88.70	92.30	89.00	80.00	84.00	85.00	88.00	92.00	88.30	93.10	
11	90.80	95.00	91.00	89.30	87.00	63.00	66.00	91.00	93.70	94.40	100.00
12	91.50	88.20	91.00	81.00	89.00	86.00	66.00	93.00	94.40	89.20	100.00
Rata - rata	90.68	90.81	89.43	82.78	87.56	84.50	83.42	90.84	93.30	94.19	96.71

c. Kelembaban Rata – rata (%)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	86.00	84.00	81.00	80.00	81.70	74.00	78.00	76.30	82.00	
2	85.00	84.00	83.00	83.00	81.30	83.00	80.00	78.00	81.00	79.00
3	82.00	81.00	80.00	80.00	80.30	83.00	79.00	83.00	80.00	82.00
4	80.00	81.00	79.00	77.00	83.10	81.00	79.00	80.00	82.00	81.00
5	84.00	74.00	87.00	70.00	83.00	79.00	73.00	79.00	81.00	75.00
6	79.00	75.00	79.00	73.00	76.00	73.00	72.00	83.53	80.00	75.00
7	78.00	74.00	87.00	66.00	74.80	74.00	73.00	80.00	77.00	77.00
8	73.00	76.00	74.00	70.00	70.30	73.00	73.00	78.00	77.00	78.00
9	47.00	72.00	76.00	62.00	70.30	79.00	75.00	75.00	75.00	75.00
10	70.00	76.00	70.30	63.00	74.90	76.00	72.00	80.00	77.00	82.00
11	72.00	79.00	81.00	66.00	79.10	80.00	77.00	81.10	83.00	82.00
12	54.00	83.00	82.00	77.00	80.00	84.00	77.00	88.00	85.00	78.00
Rata - rata	74.17	78.25	79.94	72.25	77.90	78.25	75.67	80.16	80.00	78.55

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	82.00	76.00	78.00	75.00	72.00	81.70	85.00	81.00	78.00	80.00
2	86.00	73.00	72.00	72.00	72.00	78.00	85.00	84.00	80.00	81.00
3	86.00	76.00	67.00	74.00	74.00	82.00	84.00	81.00	75.00	81.00
4	81.00	74.00	78.00	71.00	77.00	76.30	77.80	77.00	77.00	80.00
5	72.00	74.00	67.00	69.00	71.00	71.50	74.50	73.00	73.00	64.00
6	73.00	71.00	67.00	62.00	72.00	74.00	77.00	76.00	69.00	66.00
7	69.00	69.00	64.00	65.50	73.00	62.00	77.00	75.30	70.00	78.00
8	66.00	69.00	61.00	71.00	73.00	71.00	77.00	73.00	67.20	78.00
9	66.00	69.00	57.00	71.10	71.00	66.00	77.00	70.00	97.90	78.00
10	77.00	65.00	60.00	79.00	75.00	67.00	72.00	76.00	68.50	75.00
11	68.00	65.00	72.00	76.00	74.00	72.00	80.00	77.00	73.90	83.00
12	69.00	74.00	68.00	75.00	75.00	77.00	81.00	77.80	79.00	81.00
Rata - rata	74.58	71.25	67.58	71.72	73.25	73.21	78.94	76.76	75.71	77.08

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	83.00	79.00	84.80	83.00	77.00	77.00	76.00	79.00	78.00	81.40	87.20
2	81.00	79.00	76.30	83.00	79.00	76.00	76.00	79.00	82.10	83.30	86.60
3	81.00	79.70	79.60	84.00	77.00	77.00	77.00	79.00	85.20	85.90	92.00
4	76.00	83.20	75.80	82.00	71.00	73.00	74.00	79.00	83.30	82.50	83.00
5	69.00	83.30	75.80	79.00	75.00	75.00	71.00	81.00	79.30	81.00	83.20
6	73.00	80.10	74.50	79.00	71.00	72.00	74.00	76.10	81.60	79.80	83.20
7	76.00	75.10	75.60	71.00	72.00	72.00	71.00	76.00	81.60	80.80	83.20
8	76.00	72.60	74.60	70.00	70.00	70.00	71.00	76.10	80.00	80.60	84.00
9	97.60	73.50	74.00	68.00	69.40	70.00	71.00	76.10	79.90	79.00	86.00
10	75.00	79.20	76.00	69.00	72.00	71.00	75.00	74.00	74.90	80.30	
11	78.00	85.00	81.00	76.90	77.00	53.00	58.00	76.00	80.50	83.60	84.00
12	78.00	77.60	82.00	74.00	79.00	76.00	58.00	82.00	84.10	80.00	85.00
Rata - rata	78.63	78.94	77.50	76.58	74.12	71.83	71.00	77.78	80.88	81.52	85.22

Lampiran 3. Data *Thermal Humidity Index* (THI) Kota Malang Tahun 1979 – 2009

a. THI Pada Suhu Minimum dan Kelembaban Maksimum.

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	19.78	20.18	20.77	20.55	20.76	21.45	24.80	20.87	20.91	
2	19.78	19.98	20.68	20.75	21.34	20.45	20.95	19.95	20.08	20.51
3	19.94	19.27	20.28	19.85	20.98	20.65	20.95		19.59	20.17
4	19.84	19.94	20.12	20.65	20.71	21.09	21.49		20.88	19.89
5	19.88	19.64	19.88	18.64	20.98	20.25	20.11		20.04	20.67
6	18.39	18.25	20.12	18.04	18.60	18.32	19.09		19.44	18.04
7	17.40	18.71	19.88	17.06	18.08	19.11	17.26		18.53	18.27
8	17.66	18.51	18.89	17.16	17.62	18.51	18.66		18.62	
9	19.18	18.51	19.98	17.06	18.71	20.02	21.06		18.32	19.89
10	19.80	19.80	20.18	18.34	19.67	19.52	20.03		20.33	20.99
11	20.14	20.18		20.07	20.16	19.96	20.72	20.50	20.35	20.19
12	19.88	20.58	20.93	20.89	20.50	20.06	21.06	22.48	20.41	19.36
Rata - rata	19.31	19.46	19.88	19.09	19.84	19.95	20.51	19.91	19.79	19.80

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	20.09	20.64	20.51	17.07	19.31	19.68	19.33	18.98	19.12	19.72
2	20.07	19.84	20.97	18.18	19.24	19.73		19.67	19.54	19.45
3	20.25	19.42	19.33	18.99	19.26	18.46	19.98	19.20	18.70	19.54
4	20.33	19.61	20.40	19.55	19.80	18.31	19.27	17.76	18.91	19.55
5	20.24	18.74	19.30	18.99	19.87	15.75	19.19	17.63	18.16	18.85
6	19.55	17.17	18.18	17.80	19.26	14.76	19.17	18.22	17.44	19.07
7	19.59	16.11	15.91	16.13		15.05	18.08	17.64	15.86	18.78
8	18.41	17.38	15.68	17.35	18.29	15.47	18.32	17.24	15.07	18.02
9	18.96	17.86	17.46	19.28	18.25	16.19	17.49	17.68	16.01	18.05
10	20.73	18.72	17.44	20.13	19.62	18.40	19.06	18.86	18.19	18.02
11	18.77	20.36	18.78	20.12	19.90	19.24	19.47	19.66	19.65	18.85
12	19.99	20.63	17.12	18.91	19.22	18.08	18.80	19.08	19.51	18.04
Rata - rata	19.75	18.87	18.42	18.54	19.28	17.43	18.92	18.47	18.01	18.83

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	18.32	18.85	19.11	18.89	20.36	20.50	20.51	20.27	19.78	20.06	21.22
2	18.34	19.05	19.29	19.19	20.48	20.36	20.11	20.47	20.02	20.25	21.71
3	18.09	18.99	19.40	19.66	19.89	20.50	20.34	19.93	19.93	19.51	21.48
4	18.87	19.01	19.41	19.88	20.20	20.31	20.02	20.27	19.86	19.98	21.90
5	18.55	17.61	18.83	18.01	19.85	17.34	18.87	19.38	19.56	19.96	20.99
6	18.87	17.19	18.36	17.35	19.63	17.34	19.58	18.65	18.78	18.89	20.49
7	17.52	19.41	17.50	18.04	16.43	18.12	18.62	17.55	18.78	18.20	17.62
8	16.94	17.70	17.67	14.59	16.98	16.72	18.18	17.67	18.43	19.88	17.13
9	18.21	17.95	17.79	16.48	18.86	19.17	19.42	17.96	19.62	21.31	19.26
10	17.79	19.79	18.68	18.91	20.33	19.79	20.50	19.19	18.75	21.40	
11	19.04	20.00	18.95	19.28	20.60	13.98	13.79	20.23	20.34	17.80	20.60
12	18.78	18.84	19.35	19.72	20.05	20.31	19.11	20.41	20.27	19.96	20.60
Rata - rata	18.28	18.70	18.69	18.33	19.47	18.70	19.09	19.33	19.51	19.77	18.58

Ket : Nilai THI nyaman manusia di Indonesia adalah 19,9 – 27.

b. THI Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	26.05	25.72	26.64	28.18	29.47	26.45	28.09	28.21	29.54	
2	26.17	26.14	27.06	28.77	29.64	28.15	29.25	28.90	30.07	30.27
3	26.24	26.85	27.99	28.86	29.91	28.73	28.67		28.79	29.99
4	26.94	27.12	27.51	28.24	28.85	28.52	28.73		30.33	30.58
5	26.53	27.21	26.33	28.61	29.39	28.52	29.19		29.31	29.52
6	24.97	26.05	27.51	27.74	28.68	27.88	27.45		28.98	29.33
7	24.55	26.70	26.33	28.12	27.66	28.94	28.17		28.90	29.04
8	25.57	26.31	26.73	27.91	28.35	28.68	28.22		28.92	
9	28.22	27.38	27.29	28.36	29.11	28.55	27.55		30.63	30.42
10	27.46	27.83	28.41	29.68	29.04	28.87	29.59		30.01	30.57
11	27.97	27.88		30.22	28.92	28.75	28.78	28.78	29.84	29.49
12	27.86	27.18	27.50	29.89	28.74	28.06	28.40	32.16	28.77	29.26
Rata - rata	26.54	26.86	26.98	28.71	28.98	28.34	28.51	29.64	29.51	29.53

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	29.74	28.58	28.89	27.93	29.59	28.20	28.79	28.04	27.93	30.32
2	28.61	29.56	29.58	28.59	29.61	28.40		27.81	27.63	29.94
3	29.05	30.00	29.02	28.97	29.70	28.21	28.56	28.37	27.36	29.77
4	28.67	30.17	29.02	29.30	29.81	28.58	30.36	27.84	28.47	28.98
5	29.04	30.04	28.69	29.08	29.90	27.51	28.82	27.52	28.26	29.15
6	28.45	28.26	29.21	28.71	29.11	27.46	28.04	28.09	27.67	28.86
7	28.67	29.10	29.60	28.47		26.80	27.02	27.39	26.89	28.49
8	28.20	29.50	29.88	28.96	27.53	27.71	26.74	27.11	27.57	29.03
9	30.48	29.80	29.11	29.23	28.62	28.51	29.19	28.26	29.43	28.42
10	29.52	31.13	28.42	29.40	29.45	29.72	28.75	28.29	29.73	29.03
11	29.44	30.05	28.28	29.57	29.61	31.00	28.93	28.75	30.47	27.91
12	29.82	29.23	28.16	30.07	28.89	29.02	28.16	28.46	29.66	28.61
Rata - rata	29.14	29.62	28.99	29.02	29.26	28.43	28.48	27.99	28.42	29.04

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	28.28	25.15	25.44	25.85	26.69	26.55	26.75	26.01	26.67	26.52	26.55
2	28.24	25.21	25.46	25.50	26.17	26.43	26.61	26.70	26.02	26.48	26.47
3	28.54	25.05	25.22	26.48	26.27	26.55	26.16	25.70	25.98	26.40	27.33
4	28.86	25.13	25.36	27.57	26.61	27.09	26.37	26.10	26.32	26.67	27.19
5	28.67	24.12	25.36	26.56	26.13	22.60	26.26	26.38	27.05	26.40	27.11
6	28.42	24.46	25.16	25.79	26.70	25.28	26.13	25.19	26.67	26.64	27.20
7	26.83	24.68	25.78	25.45	25.09	25.63	25.18	24.88	26.67	26.35	27.20
8	27.38	25.01	25.11	25.21	25.72	25.41	25.07	25.19	21.31	26.86	18.20
9	28.60	24.36	25.31	25.95	26.57	26.64	26.34	26.36	26.43	22.48	22.33
10	28.44	25.91	26.43	28.28	26.82	27.71	26.49	27.00	25.59	28.34	
11	29.09	25.94	25.94	27.51	26.88	18.44	18.35	27.00	26.75	26.80	22.83
12	28.14	24.86	25.43	27.69	26.05	26.12	24.41	26.63	26.57	24.81	22.57
Rata - rata	28.29	24.99	25.50	26.49	26.31	25.37	25.34	26.09	26.00	26.23	24.74

Ket : Nilai THI nyaman manusia di Indonesia adalah 19,9 – 27.

c. THI Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	23.04	23.23	23.47	23.33	24.18	23.79	21.51	23.43	24.39	
2	23.28	23.33	23.38	24.63	24.26	22.80	23.62	22.66	24.05	24.33
3	23.23	23.28	23.90	23.14	24.30	23.57	23.85	23.47	24.10	23.81
4	23.52	23.57	23.47	23.85	23.96	23.76	24.52	24.10	24.58	24.24
5	23.33	23.42	22.69	23.12	24.15	23.57	24.12	24.05	23.95	24.61
6	22.13	22.14	23.47	22.70	22.66	22.70	23.32	23.79	23.90	23.47
7	21.32	22.56	22.69	22.09	22.32	23.04	22.51	22.75	23.28	22.71
8	21.95	22.56	22.66	21.62	22.29	22.70	22.61	22.85	23.47	23.23
9	21.46	23.03	23.23	22.27	23.23	23.18	23.09	23.66	24.13	23.47
10	23.69	23.99	23.89	14.08	23.56	23.42	23.22	23.52	23.85	24.20
11	24.26	23.85	23.09	24.51	23.67	23.90	23.66	23.48	23.76	24.10
12	22.06	23.67	23.43	24.33	23.52	23.43	24.33	26.64	23.96	23.23
Rata - rata	22.77	23.22	23.28	22.47	23.51	23.32	23.36	23.70	23.95	23.76

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	23.71	23.80	23.42	21.76	23.41	23.31	22.80	22.41	22.37	23.04
2	23.43	23.74	23.32	22.18	23.88	23.80	22.99	22.36	22.27	22.90
3	24.01	24.37	22.98	23.23	23.61	21.30	23.14	22.70	22.14	22.61
4	23.38	23.51	23.23	23.08	23.85	22.77	23.51	22.13	22.80	22.75
5	23.98	23.13	23.26	22.79	23.93	21.41	23.54	21.95	22.14	22.36
6	23.74	22.14	22.88	22.64	23.60	20.95	23.47	21.99	21.76	22.46
7	22.61	21.86	22.36	22.25	22.89	20.33	21.56	21.58	20.49	22.37
8	22.83	22.79	22.68	22.80	22.70	21.01	21.37	21.10	21.68	22.27
9	23.30	23.54	22.21	23.56	22.89	22.09	22.13	22.09	23.10	22.37
10	23.75	23.90	21.62	23.57	24.04	24.00	23.13	22.56	22.58	22.14
11	23.96	24.27	22.84	23.61	24.17	23.98	23.04	22.61	23.41	22.12
12	24.20	23.42	22.00	23.66	23.85	22.99	22.51	22.55	22.90	21.84
Rata - rata	23.58	23.37	22.73	22.93	23.57	22.33	22.76	22.17	22.30	22.44

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	22.02	22.51	22.79	22.80	23.85	22.99	23.70	22.99	23.04	22.72	23.19
2	22.03	22.70	22.77	22.51	23.47	22.75	23.32	23.18	22.66	22.72	23.45
3	22.32	22.83	22.82	23.14	23.09	22.99	23.37	22.90	22.51	22.25	23.67
4	22.47	22.61	23.11	23.62	23.17	23.46	23.32	23.28	22.52	22.77	24.15
5	22.32	21.56	22.55	22.32	22.71	22.90	22.80	22.90	22.91	22.90	23.77
6	23.27	21.70	22.58	22.03	22.61	21.52	23.13	21.90	22.35	22.45	23.77
7	21.71	21.85	22.35	21.76	20.86	21.62	22.14	21.13	22.35	21.83	22.61
8	21.32	22.02	22.59	21.62	21.06	21.15	21.95	22.28	22.08	22.88	22.36
9	23.79	22.07	23.19	22.37	22.16	22.65	22.89	22.00	22.08	23.38	23.72
10	22.61	23.67	23.04	24.39	23.13	23.46	23.37	22.94	21.66	24.11	
11	22.66	28.81	22.70	23.37	23.09	15.49	16.30	23.32	22.87	23.70	23.62
12	22.66	22.54	22.08	24.36	22.70	23.23	22.92	22.94	22.37	21.79	23.38
Rata - rata	22.43	22.91	22.71	22.86	22.66	22.02	22.43	22.65	22.45	22.79	21.47

Ket : Nilai THI nyaman manusia di Indonesia adalah 19,9 – 27.

Lampiran 4. Data Indeks Kenyamanan (IK) Kota Malang Tahun 1979 – 2009

a. Indeks Kenyamanan Pada Suhu Minimum Dan Kelembaban Maksimum.

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	5	8	8	8	10	8	8	10	10	10
2	5	8	8	8	10	8	8	10	10	10
3	8	5	8	8	10	8	8		10	10
4	5	8	8	8	10	8	8		10	10
5	5	5	5	5	10	8	8		10	7
6	5	5	8	5	7	5	5		10	9
7	5	5	5	5	7	5	5		7	7
8	5	5	5	5	7	5	5		9	7
9	5	5	5	5	9	8	8		7	
10	5	5	8	5	10	5	8		10	10
11	8	8		8	10	8	8	10	10	10
12	5	8	8	8	10	8	8	13	8	4
Rata - rata	5.5	6.3	6.9	6.5	9.2	7.0	7.3	10.7	9.3	8.5

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	10	12	10	7	12	5	5	5	7	5
2	8	12	10	7	7	10		5	7	5
3	8	10	12	9	7	5	8	5	5	5
4	10	10	10	10	8	7	5	7	5	5
5	12	7	12	7	10	7	7	7	7	9
6	10	9	7	9	7	5	5	5	7	7
7	10	9	7	9		5	5	9	5	5
8	9	9	7	7	7	7	5	7	5	5
9	12	9	9	7	7	7	5	7	7	5
10	10	9	9	10	10	7	7	7	5	5
11	9	12	7	10	10	7	5	5	5	5
12	12	12	7	9	7	7	5	5	5	5
Rata - rata	10.0	10.0	8.9	8.4	8.4	6.6	5.6	6.2	5.8	5.5

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	5	5	5	5	10	10	10	8	8	8	8
2	5	5	7	5	8	10	10	8	8	8	8
3	5	7	7	5	8	10	10	8	8	5	8
4	7	5	7	8	10	10	10	8	8	8	8
5	7	5	7	5	10	7	7	10	5	8	8
6	7	5	7	5	10	7	10	7	5	5	8
7	5	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5
8	5	7	7	5	7	7	7	7	5	8	5
9	7	7	7	9	7	7	7	7	5	8	5
10	7	8	7	7	10	10	10	5	7	8	
11	7	8	5	7	10	7	7	8	8	5	8
12	5	7	5	10	10	10	10	8	8	10	8
Rata - rata	6.0	6.3	6.5	6.5	8.9	8.5	8.8	7.4	6.7	7.2	7.2

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

b. Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	5	5	5	7	7	5	5	8	7	
2	5	5	5	7	7	5	5	9	7	5
3	5	5	5	7	7	5	5		7	7
4	5	5	5	7	7	5	5		7	5
5	5	5	5	5	7	5	5		7	5
6	8	5	5	5	5	5	5		5	5
7	8	5	5	5	5	5	5		5	5
8	5	5	5	5	5	5	5		5	
9	5	5	5	5	5	5	5		5	5
10	5	5	5	5	5	5	5		7	5
11	5	5	3	5	5	5	5	5	7	7
12	7	5	7	5	7	5	5	5	7	7
Rata - rata	5.7	5.0	5.0	5.7	6.0	5.0	5.0	6.7	6.3	5.5

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	5	5	5	5	5	5	7	5	5	5
2	7	5	5	5	5	5		5	5	5
3	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	7	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	9	5	5	5	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rata - rata	5.3	5.0	5.0	5.3	5	5.0	5.4	5.0	5.0	5.2

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7
2	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	7
3	5	5	5	7	5	5	5	5	7	7	7
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	8	5	5	5	8	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
11	5	5	5	5	5	8	8	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5
Rata - rata	5.0	5.5	5.0	5.3	5.0	5.5	5.3	5.0	5.2	5.4	5.5

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

c. Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	13	13	13	15	10	12	15	12	10	
2	13	13	13	10	10	13	12	15	10	12
3	13	13	12	15	10	13	12	13	12	10
4	15	13	15	12	10	10	12	12	10	10
5	13	15	13	10	10	12	12	10	10	12
6	15	15	15	15	15	15	12	10	12	12
7	15	15	13	13	15	15	15	15	15	15
8	15	15	15	13	15	15	15	15	12	15
9	11	15	15	13	12	15	15	12	12	12
10	10	12	12	7	12	12	12	15	12	10
11	12	12	13	10	12	12	12	13	10	10
12	11	13	13	12	15	13	12	10	10	15
Rata - rata	13.0	13.7	13.5	12.1	12.2	13.1	13.0	12.7	11.3	12.1

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	10	12	15	15	12	13	13	13	15	15
2	13	12	12	15	12	12	13	13	15	13
3	10	12	10	15	12	13	13	13	15	13
4	13	12	15	15	12	15	12	15	15	15
5	12	15	10	13	12	15	12	15	15	13
6	12	15	13	13	12	15	12	15	13	13
7	13	13	13	13	15	13	15	15	10	15
8	13	13	10	15	15	15	15	15	13	15
9	10	10	11	12	15	13	15	13	11	15
10	12	10	11	12	12	10	15	15	13	15
11	13	10	13	12	12	12	15	15	12	13
12	13	12	13	12	12	15	13	15	15	13
Rata - rata	12.0	12.2	12.2	13.5	12.8	13.4	13.6	14.3	13.5	14.0

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	13	15	13	13	12	15	12	15	15	13	13
2	13	15	15	13	15	15	15	15	13	13	13
3	13	15	15	13	15	15	15	15	13	13	13
4	15	13	15	13	12	12	12	15	13	13	10
5	13	10	15	15	15	15	15	10	15	13	10
6	12	13	15	15	15	15	15	15	13	15	10
7	15	15	15	15	12	15	15	12	13	13	13
8	15	15	15	13	10	13	15	15	15	13	13
9	11	15	11	13	13	13	15	15	15	15	13
10	15	12	15	10	15	12	12	15	15	10	
11	15	7	13	15	15	5	5	15	13	13	13
12	15	15	13	12	15	15	13	10	13	15	13
Rata - rata	13.8	13.3	14.2	13.3	13.7	13.3	13.3	13.9	13.8	13.3	12.3

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

Lampiran 4. Data Indeks Kenyamanan (IK) Kota Malang Tahun 1979 – 2009

a. Indeks Kenyamanan Pada Suhu Minimum Dan Kelembaban Maksimum.

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	5	8	8	8	10	8	8	10	10	10
2	5	8	8	8	10	8	8	10	10	10
3	8	5	8	8	10	8	8		10	10
4	5	8	8	8	10	8	8		10	10
5	5	5	5	5	10	8	8		10	7
6	5	5	8	5	7	5	5		10	9
7	5	5	5	5	7	5	5		7	7
8	5	5	5	5	7	5	5		9	7
9	5	5	5	5	9	8	8		7	
10	5	5	8	5	10	5	8		10	10
11	8	8		8	10	8	8	10	10	10
12	5	8	8	8	10	8	8	13	8	4
Rata - rata	5.5	6.3	6.9	6.5	9.2	7.0	7.3	10.7	9.3	8.5

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	10	12	10	7	12	5	5	5	7	5
2	8	12	10	7	7	10		5	7	5
3	8	10	12	9	7	5	8	5	5	5
4	10	10	10	10	8	7	5	7	5	5
5	12	7	12	7	10	7	7	7	7	9
6	10	9	7	9	7	5	5	5	7	7
7	10	9	7	9		5	5	9	5	5
8	9	9	7	7	7	7	5	7	5	5
9	12	9	9	7	7	7	5	7	7	5
10	10	9	9	10	10	7	7	7	5	5
11	9	12	7	10	10	7	5	5	5	5
12	12	12	7	9	7	7	5	5	5	5
Rata - rata	10.0	10.0	8.9	8.4	8.4	6.6	5.6	6.2	5.8	5.5

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	5	5	5	5	10	10	10	8	8	8	8
2	5	5	7	5	8	10	10	8	8	8	8
3	5	7	7	5	8	10	10	8	8	5	8
4	7	5	7	8	10	10	10	8	8	8	8
5	7	5	7	5	10	7	7	10	5	8	8
6	7	5	7	5	10	7	10	7	5	5	8
7	5	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5
8	5	7	7	5	7	7	7	7	5	8	5
9	7	7	7	9	7	7	7	7	5	8	5
10	7	8	7	7	10	10	10	5	7	8	
11	7	8	5	7	10	7	7	8	8	5	8
12	5	7	5	10	10	10	10	8	8	10	8
Rata - rata	6.0	6.3	6.5	6.5	8.9	8.5	8.8	7.4	6.7	7.2	7.2

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

b. Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	5	5	5	7	7	5	5	8	7	
2	5	5	5	7	7	5	5	9	7	5
3	5	5	5	7	7	5	5		7	7
4	5	5	5	7	7	5	5		7	5
5	5	5	5	5	7	5	5		7	5
6	8	5	5	5	5	5	5		5	5
7	8	5	5	5	5	5	5		5	5
8	5	5	5	5	5	5	5		5	
9	5	5	5	5	5	5	5		5	5
10	5	5	5	5	5	5	5		7	5
11	5	5	3	5	5	5	5	5	7	7
12	7	5	7	5	7	5	5	5	7	7
Rata - rata	5.7	5.0	5.0	5.7	6.0	5.0	5.0	6.7	6.3	5.5

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	5	5	5	5	5	5	7	5	5	5
2	7	5	5	5	5	5		5	5	5
3	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	7	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	9	5	5	5	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rata - rata	5.3	5.0	5.0	5.3	5	5.0	5.4	5.0	5.0	5.2

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7
2	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	7
3	5	5	5	7	5	5	5	5	7	7	7
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	8	5	5	5	8	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
11	5	5	5	5	5	8	8	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5
Rata - rata	5.0	5.5	5.0	5.3	5.0	5.5	5.3	5.0	5.2	5.4	5.5

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

c. Indeks Kenyamanan (IK) Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	13	13	13	15	10	12	15	12	10	
2	13	13	13	10	10	13	12	15	10	12
3	13	13	12	15	10	13	12	13	12	10
4	15	13	15	12	10	10	12	12	10	10
5	13	15	13	10	10	12	12	10	10	12
6	15	15	15	15	15	15	12	10	12	12
7	15	15	13	13	15	15	15	15	15	15
8	15	15	15	13	15	15	15	15	12	15
9	11	15	15	13	12	15	15	12	12	12
10	10	12	12	7	12	12	12	15	12	10
11	12	12	13	10	12	12	12	13	10	10
12	11	13	13	12	15	13	12	10	10	15
Rata - rata	13.0	13.7	13.5	12.1	12.2	13.1	13.0	12.7	11.3	12.1

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	10	12	15	15	12	13	13	13	15	15
2	13	12	12	15	12	12	13	13	15	13
3	10	12	10	15	12	13	13	13	15	13
4	13	12	15	15	12	15	12	15	15	15
5	12	15	10	13	12	15	12	15	15	13
6	12	15	13	13	12	15	12	15	13	13
7	13	13	13	13	15	13	15	15	10	15
8	13	13	10	15	15	15	15	15	13	15
9	10	10	11	12	15	13	15	13	11	15
10	12	10	11	12	12	10	15	15	13	15
11	13	10	13	12	12	12	15	15	12	13
12	13	12	13	12	12	15	13	15	15	13
Rata - rata	12.0	12.2	12.2	13.5	12.8	13.4	13.6	14.3	13.5	14.0

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	13	15	13	13	12	15	12	15	15	13	13
2	13	15	15	13	15	15	15	15	13	13	13
3	13	15	15	13	15	15	15	15	13	13	13
4	15	13	15	13	12	12	12	15	13	13	10
5	13	10	15	15	15	15	15	10	15	13	10
6	12	13	15	15	15	15	15	15	13	15	10
7	15	15	15	15	12	15	15	12	13	13	13
8	15	15	15	13	10	13	15	15	15	13	13
9	11	15	11	13	13	13	15	15	15	15	13
10	15	12	15	10	15	12	12	15	15	10	
11	15	7	13	15	15	5	5	15	13	13	13
12	15	15	13	12	15	15	13	10	13	15	13
Rata - rata	13.8	13.3	14.2	13.3	13.7	13.3	13.3	13.9	13.8	13.3	12.3

Ket : Sejuk dan nyaman (nilai IK 13 - 15), agak nyaman (nilai IK 8 - 12) dan kurang nyaman (nilai IK 5 - 7).

Lampiran 5. Data Metode RayMan Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

a. Metode RayMan Pada Suhu Minimum Dan Kelembaban Maksimum.

Tmrt (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	26.1	27.5	26.9	27.4	25.1	29.2	35.9	18.5	25.1	
2	27.1	27.7	25.8	31.6	21.9	28.9	28.7	32.8	25.8	12
3	28.6	31.8	27.4	30.9	17.2	29.3	29.1		38.6	12.4
4	28.6	30.2	28.8	34.1	17.6	36.6	34.1		40.1	11.9
5	23.8	24.9	11	29.6	35	40.6	40.9		37.2	13
6	24.4	30.4	28.8	33.3	23.7	37.8	36.8		38.8	10.4
7	27.6	23.9	26.5	35.7	27.3	39.7	34.4		37.6	10.4
8	26.3	25.9	29	32.8	30.2	35	38.5		40.5	11.4
9	27.7	25.3	30	33.7	30	34.3	43.1		38	12.3
10	30	26.7	32.5	36.4	24.4	37.3	37.5		41.1	13.4
11	31.6	27.4	18.9	37.4	22.2	36.5	33.8	25.3	36.8	12.5
12	31.1	26.3	28.4	33.7	22	26.6	34.1	36.9	35.1	11.7
Rata - rata	27.74	27.33	26.17	33.05	24.72	34.32	35.58	28.37	36.23	11.95

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	30.3	30.3	30	30.5	32.9	35.7	34.2	38	38.8	39.5
2	24.9	37.8	31.5	30.5	37.1	36.8	30.3	36	33.4	36.9
3	32	39.7	36.8	34.4	35.2	32.9	33	40.8	42.8	35.9
4	36.8	41.1	34.2	33.3	36.2	39.3	36.4	39.2	35.8	39.9
5	37.4	41.8	38.8	38.9	34.9	38.5	38.9	41.6	40.3	41.9
6	34.6	35.1	37.2	36.4	35.8	38.8	37.2	36.3	38.2	43.2
7	35	35.1	32	35.1	27.2	34.7	36.7	37.5	38.6	42.7
8	37.3	41.3	37.6	36.2	39.7	35.7	38.8	37.2	36.4	39.2
9	43.4	41.2	37.8	36.4	40.7	40.6	39.2	41.6	39.3	35.7
10	42.3	42.7	41.5	37.3	42.3	41.2	42.9	38.5	39.5	35.5
11	42.1	42.1	40.2	37.6	38.8	41.9	36.6	36	39.4	38.6
12	43.6	30.2	31.8	30.8	38.2	38.6	38.3	38.1	40	31.8
Rata - rata	36.64	38.20	35.78	34.78	36.58	37.89	36.88	38.40	38.54	38.40

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	36	37.1	41.1	36.9	34.5	32.6	34	32.9	35.9	34.4	33.5
2	35.6	37	37.5	37.1	25.5	29.8	33	32.3	34	28.4	29.2
3	34.1	34.6	32	33.7	43.2	28.7	34.6	29.1	29.1	31.6	35.5
4	38.5	43.7	36.6	38.2	53.9	33.2	32.2	31.8	35.1	34.1	37.2
5	41.9	36.1	37.9	41.8	42.7	30.4	34.2	32.4	36.2	34.1	35.5
6	42.2	39.5	40.5	39.9	41.3	32	32.6	31.9	33.9	33.8	36.1
7	37.1	39.1	40	42	43.3	31.4	31.5	32.1	33.1	33.8	34.8
8	36.1	39.2	38.5	39.1	30.6	31.4	33.4	33.4	31.6	34.5	34.7
9	37.7	40.8	39.9	42.2	24.4	34.7	35.9	36	35.5	39.1	36.7
10	36.6	41	40.3	44	21.5	36	36	38.2	36.7	38.2	
11	38.2	37.2	39	36.2	16.8	29.3	30.2	39	36.6	35.5	37.1
12	36.1	38.4	38.5	35	15.1	30	27.6	35.1	31	32.2	37.1
Rata - rata	37.51	38.64	38.48	38.84	32.73	31.63	32.93	33.68	34.06	34.14	35.22

PMV

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	-0.1	0	0	-0.1	0.5	0.4	1.2	-0.7	0.1	
2	0	0	0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0	-0.2
3	0	0.1	0	0.2	-0.1	0.2	0.2		0.5	-0.6
4	0	0.1	0	0.8	-0.1	1.8	0.6		0.8	-0.7
5	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	1.2	2	0.6		0.5	-0.5
6	-0.5	-0.3	0	0.1	0.2	0.1	0.1		0.3	-1
7	-0.6	-0.5	-0.2	0.1	-0.8	0.2	-0.3		0.1	-1.1
8	-0.7	-0.5	-0.2	-0.2	-0.8	-0.1	0.1		0.4	-0.9
9	-0.4	-0.5	0	0	-0.4	0.3	0.9		0.1	-0.7
10	-0.1	-0.2	0.1	0.2	-0.5	0.3	0.4		0.6	-0.5
11	0.1	0	-0.7	1.7	-0.7	0.3	0.3	-0.4	1.7	-0.6
12	0.1	0.1	0.2	1.5	-0.7	-0.1	0.6	1	1.6	-0.8
Rata - rata	-0.20	-0.16	-0.09	0.36	-0.16	0.47	0.41	0.05	0.56	-0.69

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	0.2	0.2	0.2	-0.4	0.2	0.6	0.4	0.5	0.7	0.8
2	0.7	0.6	0.3	-0.2	0.3	0.7	0.3	0.6	0.5	0.7
3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	0.1	0.6	0.8	0.9	0.7
4	0.5	0.6	0.4	0.2	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.9
5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	-0.1	0.7	0.5	0.5	0.8
6	0.3	-0.2	0.1	0	0.3	-0.4	0.5	0.1	0.3	0.8
7	0.3	-0.4	-0.7	-0.5	-0.4	-0.7	0.2	0.2	0	0.8
8	0.1	-0.1	-0.4	-0.2	0.1	-0.4	0.2	0.1	-0.2	0.5
9	0.4	0.1	0	0.2	0.2	0	0.2	0.4	0.1	0.3
10	0.6	0.4	0.2	0.4	0.6	0.3	0.8	0.6	0.4	0.3
11	0.4	0.7	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6
12	0.8	0.3	-1.4	0	0.6	0.3	0.4	0.6	0.8	0
Rata - rata	0.42	0.27	-0.03	0.04	0.29	0.12	0.45	0.44	0.44	0.60

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	0.5	0.4	0.8	0.5	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	1.1
2	0.4	0.6	0.4	0.4	0.3	0.6	0.7	0.7	0.8	0.3	0.8
3	0.3	0.4	0.5	0.4	1.4	0.6	0.9	0.4	0.4	0.6	1.2
4	0.7	1	0.7	0.7	2	0.6	0.5	0.6	0.9	0.7	1.3
5	0.7	0.3	0.7	0.6	1.4	0.2	0.5	0.5	0.7	0.5	1.1
6	0.8	0.4	0.7	0.4	1	0.4	0.5	0	0.2	0.4	1
7	0.2	0.7	0.4	0.7	0.3	0.2	0.1	-0.1	0.2	0.1	0.2
8	0.1	0.5	0.4	-0.1	-0.3	-0.4	0	-0.1	-0.1	0.5	0
9	0.5	0.5	0.5	0.2	-0.3	0.3	0.4	0.1	0.3	0.9	0.5
10	0.3	0.9	0.6	0.9	-0.1	0.6	0.6	0.4	0.5	1.1	
11	0.6	1	0.7	0.6	-0.2	-0.2	-0.9	0.8	0.8	0.3	1
12	0.4	0.7	0.7	0.9	-0.3	0.6	0.2	0.8	0.6	0.7	1.1
Rata - rata	0.46	0.62	0.59	0.52	0.51	0.36	0.35	0.40	0.50	0.57	0.85

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$.

PET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	18.2	18.5	18.1	17.7	24	21.3	26.3	16	19.2	
2	18.7	18.6	18.9	20.2	22.4	20.4	20.3	21.8	19.1	17.9
3	18.7	19.8	18.6	20.2	19.6	20.5	20.2		22.9	14.9
4	18.6	20.1	19	24.6	19.8	31.9	22.8		24.6	14.5
5	17.8	18	17.1	18.4	30	34.1	23.6		22.8	15.6
6	15.9	17.5	19	20.5	22.5	20.3	20.4		21.9	12.7
7	15.8	16	17.7	21	15.9	21.3	18		20.7	12.4
8	15.5	16.2	17.6	18.8	16.5	19.2	19.9		22.9	13.4
9	16.7	16.1	18.6	20.2	18.4	20.9	25.4		21	14.3
10	18.3	17.6	19.9	21.3	17.1	21.5	22.1		23.9	15.4
11	19.9	19	15.8	32	16.2	21.4	21	18	31.7	14.8
12	19.6	19.4	20.2	30.1	15.9	18.1	22.8	25	30.7	13.9
Rata - rata	17.81	18.07	18.38	22.08	19.86	22.58	21.90	20.2	23.45	14.53

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	20.6	20.1	20.6	17.5	20.7	23.6	22.3	23.2	24.6	25.7
2	24.6	23.5	21.2	18.8	21.9	24.3	21.2	24.1	23.3	24.7
3	20.8	23.4	21.8	21.2	21.6	20.6	23.5	25.4	26.9	24.4
4	23.1	24.1	21.7	21.1	22.3	22.9	23.5	23.5	24.3	26.3
5	23.1	23.9	22.9	22.8	21.9	20.5	24.6	24.5	24.3	26.1
6	21.6	18.8	20.8	20.5	21.5	18.7	23.8	21	22.7	26.2
7	21.4	17.9	16.2	17.8	17.4	16.7	21.8	22.1	21.4	25.9
8	20.4	19.6	18.4	19.2	20.5	18.6	21.8	21.2	19.7	23.6
9	22.7	21.4	20.9	21.1	21.7	21	21.9	23.6	21.2	22.6
10	23.6	23.2	21.9	22	24.1	22.4	25.6	24.6	23.4	22.4
11	22.8	24.6	21.7	22.6	24.1	24.3	24.2	23.6	25.1	24.1
12	25.8	21.4	11.7	19.9	23.8	22.7	23.2	24.1	25.3	20.3
Rata - rata	22.54	21.83	19.98	20.38	21.79	21.36	23.12	23.41	23.52	24.36

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	23.4	22.9	25.2	23.2	25.1	24.8	24.2	24.2	24.3	24.2	26.1
2	23.2	23.8	22.2	22.8	21.1	23	24.2	24.1	25	21.4	24
3	22.4	22.7	22.7	22.1	28.9	23	25.1	21.9	21.8	23.5	26.8
4	24.7	27.2	24.4	24.6	34	23.7	23	23.3	25.4	24.1	27.9
5	25.6	22	24.6	24.7	29.2	21.3	23.4	23.1	24.3	22.6	26.4
6	25.9	23.2	24.8	23.1	26.8	21.1	22.8	19.9	21.4	22.6	25.8
7	22.3	24.4	22.9	25.3	22.9	19.6	20.1	19.5	21	20.2	21.3
8	21.3	23.7	23.3	20.8	17.9	17.8	20.1	19.5	18.6	22.7	20.1
9	23.1	23.8	23.6	21.9	17.6	21.7	22.3	20.5	21.4	25.2	22.9
10	22.4	25.8	24.6	26.3	18.1	23.4	23.7	22.6	23.1	26.4	
11	24.2	26	24.6	24.1	17.3	19.3	15.3	25	25.1	22.4	25.8
12	23	24.7	24.7	25.5	16.5	23.1	21.2	24.9	23.3	24.2	26.8
Rata - rata	23.46	24.18	23.97	23.70	22.95	21.82	22.12	22.38	22.89	23.29	24.90

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PET = 18 – 23 °C.

SET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	17.1	17.4	17.1	16.7	20.6	19.3	23	13.9	17.6	
2	17.5	17.4	17.6	18.7	19.4	18.7	18.7	19.7	17.6	15.9
3	17.6	18.5	17.4	18.6	17.4	18.8	18.6		20.6	13.7
4	17.5	18.6	17.8	21.8	17.5	26.2	20.4		21.8	13.3
5	16.7	16.8	15.3	17.4	24.8	27.8	21.2		20.5	14.1
6	15.1	16.7	17.8	19	19.4	19.1	19		20	11.7
7	15.2	15.2	16.7	19.5	14.4	19.8	17.3		19.1	11.2
8	14.9	15.4	16.7	17.8	15.1	18.2	18.8		20.7	12.2
9	16	15.4	17.6	18.8	16.6	19.2	22.5		19.4	12.9
10	17.3	16.6	18.4	19.7	15.3	19.8	20.2		21.3	14
11	18.5	17.7	13.8	26.3	14.2	19.7	19.3	16	26.1	13.4
12	18.3	18	18.5	24.9	13.7	17	20.4	21.9	25.3	12.7
Rata - rata	16.81	16.98	17.06	19.93	17.37	20.30	19.95	17.87	20.83	13.19

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	18.8	18.4	18.7	16.6	18.9	21.1	20.2	20.9	21.9	22.7
2	20.8	20.9	19.1	17.6	19.8	21.6	19.3	21.5	20.9	22
3	19	20.9	19.7	19.3	19.6	19	21	22.5	23.7	21.7
4	20.7	21.4	19.6	19.2	20.1	20.7	21.1	21.2	21.8	23.2
5	20.6	21.3	20.5	20.5	19.8	19.3	21.9	22	21.8	22.9
6	19.6	17.8	19.1	18.9	19.6	18.1	21.3	19.3	20.7	23
7	19.4	17.1	15.6	17	16.3	16.2	19.9	20.2	19.9	22.9
8	18.9	18.7	17.6	18.1	19.1	17.8	19.9	19.6	18.7	21.3
9	20.6	19.8	19.2	19.3	19.9	19.6	20.1	21.3	19.8	20.5
10	21.1	20.8	20	20	21.5	20.3	22.6	21.9	21.1	20.4
11	20.6	21.7	19.9	20.3	21.4	21.6	21.6	21.1	22.2	21.6
12	22.5	19.2	10.9	18.4	21.2	20.6	20.9	21.5	22.4	18.8
Rata - rata	20.22	19.83	18.33	18.77	19.77	19.66	20.82	21.08	21.24	21.75

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	21.2	20.7	22.4	20.9	22.2	22	21.5	21.6	21.7	21.6	23.1
2	21	21.3	20.2	20.6	19.1	20.6	21.6	21.5	22.3	19.4	21.3
3	20.4	20.5	20.5	20	25.3	20.6	22.3	19.8	19.8	21.2	23.5
4	22	24	21.8	21.9	29	21.1	20.6	20.9	22.6	21.5	24.4
5	22.6	20.2	21.9	22	25.6	19.8	21	20.7	21.7	20.3	23.3
6	22.9	21.2	22.2	21	23.5	18.8	20.5	18.5	19.6	20.5	22.8
7	20.4	21.7	20.9	22.6	21	17.7	18.6	18.3	19.3	18.8	19.5
8	19.7	21.4	21.1	19.2	17.1	17	18.7	18.4	17.7	20.4	18.9
9	21	21.4	21.3	20.3	16.5	19.7	20.2	19.1	19.6	22.2	20.7
10	20.4	22.8	21.9	23.1	16.7	21	21.1	20.5	20.8	23	
11	21.6	23	21.9	21.5	16	18.7	15	22.1	22.2	20.5	22.8
12	20.7	22.1	22	22.6	15.3	20.7	19.4	22.1	20.9	21.6	23.7
Rata - rata	21.16	21.69	21.51	21.31	20.61	19.81	20.04	20.29	20.68	20.92	22.18

b. Metode RayMan Pada Suhu Maksimum dan Kelembaban Minimum

Tmrt (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	33.5	34.2	34.2	33	28.5	32.5	37.4	22.3	32	
2	34.6	34.9	33.9	36.8	25.5	34.4	35.2	38.5	33.5	23.3
3	36	40.2	36.5	36.8	22.6	35.2	39.7		42.9	23.7
4	36.7	38.3	37.5	38.3	22	40.6	38.5		44.7	24.6
5	31.6	34.1	19.6	37.2	36.3	44.5	45.4		42.1	23.9
6	32.1	39.2	37.5	39.7	28.2	42.7	41		43.4	23.7
7	35.5	33.4	34.2	42.6	30.7	44.6	41.2		43.2	23.5
8	35.4	35.2	38.2	40.2	34.2	41.3	43.5		45.4	24.4
9	40.2	36	38.8	41.6	34.1	39.4	45.4		45.5	24.9
10	39.2	36.6	31.4	48.3	28.7	42.5	43.3		45.5	24.8
11	40.8	36.8	26.4	48.4	26.4	41.5	38.8	28.4	42.4	23.3
12	38.5	34.3	35.8	43.1	25.8	32.8	38.3	43	40.1	23.1
Rata - rata	36.18	36.10	33.67	40.50	28.58	39.33	40.64	33.05	41.73	21.93

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	37.3	35.5	36.2	38.5	40.4	41	39.8	42.7	38.5	46.4
2	31.7	43.2	37.8	38	44	41.9	36.1	40.5	38.5	44
3	37.6	45.2	42.9	41.4	42.4	39	38.5	45.6	47.2	43.1
4	41.4	46.7	39.7	40.2	43.2	45	42.8	45	42.2	45.3
5	42.1	47.6	44.5	45	42.2	45.7	44.2	46.9	46.1	47.5
6	40.4	41.8	44.3	43.8	42.4	46.4	42.6	42.8	44.7	48.3
7	40.9	43.2	42.5	43.7	36.3	42.9	42	43.5	45.4	47.6
8	43.1	48.2	47.5	44	44.9	44.2	43.1	43.4	45.1	45.9
9	49.6	48.4	46.1	43	46.9	48.5	46.3	47.8	48.4	42.5
10	46.3	50.5	47.9	43.3	47.9	48.5	48.2	44.2	47.5	43
11	47.4	47.8	45.2	43.4	45.1	48.9	42.4	41.4	47	43.8
12	48.2	36.7	39.6	39.3	43.6	45	43.1	43.3	46.4	39.4
Rata - rata	42.17	44.57	42.85	41.97	43.28	44.75	42.43	43.93	44.75	44.73

Bulan/tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	42.4	39.7	42.7	39.6	37.5	36.1	37.1	36.2	39.4	37.8	36
2	42.3	39.5	39.9	39.1	29.9	33.9	36.9	36.2	37	32.7	32
3	41.2	37.4	35.2	37	44.8	32.9	37.5	32.8	32.6	35.6	38.2
4	44.5	44.9	39	41.7	53.8	37.4	36.1	35.3	38.2	37.8	39.6
5	47.3	38.6	40.5	44.8	44.3	32.6	38.4	36.1	40	37.5	38.7
6	47.2	42.2	42.8	43.2	43.9	36.6	36.4	35.4	38.2	38.4	39.6
7	42.5	40.5	43.4	44.3	46	35.8	35.1	36	37.6	38.5	40.3
8	42.5	41.9	41.5	44.9	36.3	36.8	37	37.3	38.1	38.5	40.3
9	44	42.3	42.7	45.3	31	38.8	39.4	40.2	38.7	43.1	40.9
10	43.3	43.1	43.6	47.9	27.6	40.5	38.8	42	39.8	42	
11	44.4	39.4	41.5	40.9	23.9	29.6	30.4	42	39.8	40.2	40.1
12	42	40.4	40.3	39.4	22	33.5	30.5	38.1	34.9	34.2	40.2
Rata - rata	43.63	40.83	41.09	42.34	36.75	35.38	36.13	37.30	37.86	38.03	38.72

PMV

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	1.7	1.6	1.8	2	1.6	1.7	2.3	1.1	2.4	
2	1.8	1.8	2	2.4	1.3	2.2	2.5	2.7	2.6	1.6
3	1.8	2.2	2.3	2.4	1.1	2.3	2.6		2.9	1.9
4	2	2.2	2.2	2.5	1	3	2.5		3.3	2.1
5	1.7	2	1	2.5	2.2	3.4	3		3	2
6	1.4	2	2.2	2.5	1.5	2.5	2.3		2.9	1.9
7	1.4	1.9	1.8	2.7	1.5	2.8	2.5		3	1.8
8	1.7	1.8	2.1	2.5	1.8	2.6	2.6		3.1	2.1
9	2.3	2.2	2.2	2.7	2	2.5	2.6		3.5	2.1
10	2.3	2.3	1.8	3.4	1.7	2.7	3		3.2	2.1
11	2.5	2.3	1.3	3.9	1.5	2.7	2.5	1.5	3.5	1.8
12	2.2	2	2.1	3.4	1.4	2	2.4	3.9	3.2	1.7
Rata - rata	1.90	2.03	1.90	2.74	1.55	2.53	2.57	2.3	3.05	1.92

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	2.9	2.4	2.6	2.7	3.1	2.9	2.8	2.9	2.7	3.8
2	2.4	3.2	2.9	2.7	3.4	3	2.6	2.8	2.6	3.6
3	2.7	3.3	3.1	3.1	3.3	2.7	2.8	3.3	3.3	3.5
4	2.9	3.5	2.9	3	3.4	3.2	3.2	3.1	3.1	3.4
5	3	3.5	3.2	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2	3.3	3.5
6	2.8	2.8	3.2	3.1	3.2	3.1	3	3	3.1	3.5
7	2.9	3	3.2	3.1	2.8	2.6	2.8	2.9	3	3.4
8	2.9	3.4	3.6	3.2	3	3.1	2.7	2.9	3.1	3.4
9	3.7	3.6	3.4	3.2	3.3	3.5	3.4	3.4	4.1	3.1
10	3.3	4.1	3.3	3.3	3.6	3.7	3.5	3.2	3.8	3.2
11	3.3	3.7	3	3.3	3.5	4	3.1	2.9	3.9	3.1
12	3.5	2.8	2.6	3.2	3.1	3.3	2.9	3.1	3.6	2.9
Rata - rata	3.03	3.28	3.08	3.10	3.25	3.18	3.00	3.06	3.30	3.37

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	3.1	2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	2	2.3	2.2	2.2
2	3.1	2	1.9	1.9	1.7	2	2.2	2.1	2.1	1.8	1.8
3	3.1	1.8	1.8	2	2.6	1.9	2.1	1.7	1.7	2.1	2.4
4	3.3	2.3	2	2.5	3.3	2.3	2	2	2.2	2.2	2.5
5	3.4	1.7	2.1	2.5	2.6	1.3	2.2	2	2.4	2	2.4
6	3.3	2	2.2	2.3	2.6	1.9	2	1.7	2.1	2.2	2.4
7	2.7	1.9	2.3	2.3	2.3	1.8	1.7	1.7	2.1	2.1	2.4
8	2.8	2.1	2.1	2.2	1.8	1.8	1.7	1.8	2.3	2.2	2.3
9	3.4	1.9	2.2	2.3	1.8	2.2	2.1	2.1	2	2.8	2.4
10	3.1	2.3	2.5	3	1.6	2.5	2.1	2.4	2.1	2.7	
11	3.3	2.2	2.2	2.5	1.4	0.5	0.1	2.4	2.3	2.3	2.4
12	3	2	2	2.6	1.2	1.9	1.3	2.2	2	1.7	2.5
Rata - rata	3.13	2.02	2.13	2.35	2.09	1.85	1.80	2.01	2.13	2.19	2.34

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$.

PET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	28.9	28.5	29.2	29.9	29.6	29	32.5	25.4	31.7	
2	29.6	29.3	30.5	32.4	27.9	31.4	32.8	34.1	32.8	28
3	29.8	32.5	32.2	32.9	26.5	32.3	34		35.3	28.9
4	30.8	32	32	33.7	25.7	37.5	33.5		37.4	30.1
5	28.6	30.9	24.7	33.5	34.2	40	36.9		35.6	29.2
6	26.8	30.9	32	34	29.4	34.2	32.9		35.5	28.9
7	27.5	29.7	29.1	35.8	28.2	35.8	34		35.7	28.5
8	28.8	29.8	31.5	34.3	30.7	34.6	34.7		36.9	29.8
9	31.8	31.8	32.4	35.8	31.9	33.6	35.4		38.7	30.4
10	32.7	32.4	30.4	39.7	29.2	35.2	36.6		37.4	30.3
11	34.1	32.7	27	43.5	27.9	34.7	33.5	28.4	39.6	28.3
12	31.3	30.7	31	39.7	27.1	30.3	33.2	38	37.7	28.1
Rata - rata	30.06	30.93	30.17	35.43	29.03	34.05	34.17	31.47	36.19	29.14

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	34.3	32.2	33.3	33.8	36.3	35.5	34.6	35.4	34	39.9
2	32.3	36.8	34.7	34	38	36.1	32.9	34.6	34	38.6
3	33.4	37.8	36.6	36.2	37.4	33.9	34.4	37.7	38.5	38.1
4	35.1	39	34.9	35.8	37.8	37.2	37	37.2	36.9	38.4
5	35.7	39.2	37.2	37.9	37.5	37.2	37.3	38	38.1	39.5
6	35	34.8	37.5	37.2	36.7	37	36.2	36.1	37.3	39.6
7	35.4	36.2	37.2	36.7	34	34.7	34.8	36.1	36.9	38.8
8	35.6	38.9	40	37.3	35.9	36.8	34.5	35.9	37.5	38.5
9	40.6	39.8	39.1	36.9	38.2	39.6	38.6	39.1	40.3	36.6
10	37.4	42.6	38.8	37.1	39.5	40.4	39.5	37.5	40.6	37.4
11	38.3	40	36.4	37.2	38.8	41.3	36.6	35.7	40.8	36.5
12	39.5	34.2	31.5	36.1	36.8	37.7	35.7	36.6	39.4	35.1
Rata - rata	36.05	37.63	36.43	36.35	37.24	37.28	36.01	36.66	37.86	38.08

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	36.5	31.5	32.9	31.8	32.5	32	32	31.6	33.1	32.4	31.9
2	36.6	31.8	31.2	30.8	28.7	30.8	32.4	32.1	32	29.8	29.7
3	36.1	30.7	30.3	30.9	35.8	30.6	32.3	29.4	29.1	31.4	33.4
4	37.9	34.3	31.9	34.3	40.4	32.8	31.5	31	32.8	32.4	34.3
5	39	30.3	32.6	34.8	35.8	27.3	32.7	31.4	33.6	31.4	33.7
6	38.7	32.5	33.3	33.5	35.3	30.6	31.4	29.2	31.9	32.6	34
7	35.1	31.4	33.7	34.1	33.9	29.7	29.4	29.3	31.6	31.6	33.6
8	35.5	32.8	32.7	33.5	30.4	30.1	29.9	29.9	32.7	32.4	33.2
9	37	31.8	33.2	34	29.1	32.2	32.3	32.1	31.3	36	33.7
10	36.8	33.9	34.6	38.1	27.9	34.2	32.1	33.8	32.2	35.7	
11	37.8	32.7	33.1	34.7	26.7	23.4	20.2	34.2	33.4	33.4	33.7
12	36	32.1	31.9	34.5	25.1	30.3	27.7	32.5	31.2	29.7	34.2
Rata - rata	36.92	32.15	32.62	33.75	31.80	30.33	30.33	31.38	32.08	32.40	33.22

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PET = 18 – 23 °C.

SET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	23.9	23.7	24.1	24.6	24.7	24	26.4	20.3	26.4	
2	24.5	24.3	24.9	26.5	23.5	25.8	26.7	28.2	27.2	23.5
3	24.6	26.6	26.1	26.8	22.4	26.4	27.6		29.1	23.4
4	25.3	26.2	26.1	27.8	21.8	30.6	27.2		30.8	24.3
5	23.8	25.2	21	27	28	32.2	29.5		29.3	23.6
6	22.4	25.2	26.1	27.6	24.5	27.7	26.8		29.2	23.3
7	23	24.2	24	28.9	22.3	28.8	27.5		29.3	23
8	23.8	24.3	25.6	27.6	24.1	27.9	27.9		30.2	23.9
9	26.4	25.5	26.1	28.8	25	27.2	28.4		31.5	24
10	26.3	26	23.8	31.4	23	28.4	29.2		30.5	24
11	27.4	26.4	21.4	34.6	21.8	28	27.1	22.5	32.1	22.9
12	26.2	25.2	25.6	32.1	21.2	24.9	27.1	37.2	30.7	22.7
Rata - rata	24.80	25.23	24.57	28.64	23.53	27.66	27.62	27.05	29.69	21.55

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	28.5	26.7	27.5	27.8	29.6	29.4	28.7	29.3	28.1	32.8
2	27	30.1	28.4	27.9	30.9	29.7	27.4	28.8	28.3	31.9
3	27.8	30.8	29.7	29.7	30.5	28.1	28.6	31.1	31.6	31.5
4	29	31.7	28.7	29.2	30.9	30.4	30.5	30.6	30.4	31.7
5	29.2	31.8	30.2	30.7	30.5	30.3	30.5	31.1	31.1	32
6	28.7	28.5	30.4	30	29.9	30.2	29.8	29.6	30.4	32
7	28.9	29.5	30	29.8	27.9	28.3	28.7	29.6	30.2	31.8
8	28.9	31.4	32	30.3	29.3	30	28.4	29.5	30.6	31.6
9	32.6	32.1	31.3	30	31	31.9	31.5	31.7	36.3	30.1
10	30.6	34	31.1	30.5	32	32.5	32.1	30.8	32.8	30.7
11	31	32.1	29.7	30.4	31.6	33.4	30.2	29.4	33.3	30.2
12	31.9	28.1	26.4	29.6	30.2	30.9	29.5	30.1	32.3	29
Rata - rata	29.51	30.57	29.62	29.66	30.36	30.43	29.66	30.13	31.28	31.28

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	30.3	25.9	27.1	26.3	26.9	26.6	26.4	26.2	27.2	26.7	26.8
2	30.3	26.2	25.6	25.6	24	25.6	26.8	26.5	26.7	24.7	25
3	29.9	25.4	25.2	25.7	29.4	25.5	26.7	24.6	24.5	26.3	27.7
4	31.1	28.3	26.4	28.1	32.6	26.8	26	25.7	27.3	26.8	28.3
5	31.7	25.3	26.9	28.5	29.5	23.4	26.9	26	27.6	25.9	27.9
6	31.5	26.8	27.4	27.6	28.8	25.3	25.9	24.2	26.3	26.8	28
7	29	25.9	27.5	28	27.7	24.4	24.3	24.4	26	25.9	27.5
8	29.3	27	26.9	27.5	24.9	24.8	24.7	24.8	26.4	26.5	27.1
9	31.1	26.3	27.2	27.7	23.9	26.3	26.3	26.4	25.7	28.8	27.6
10	30.2	27.7	28.2	30.5	23	27.8	26.3	27.4	26.4	28.9	
11	31.1	27.2	27.3	28.2	22.1	20.9	18.3	27.8	27.4	27.5	27.7
12	29.6	26.6	26.5	28.4	21.1	25.2	23.4	26.9	25.9	25	28.3
Rata - rata	30.43	26.55	26.85	27.68	26.16	25.22	25.17	25.91	26.45	26.65	27.45

c. Metode RayMan Pada Suhu Rata – rata dan Kelembaban Rata – rata

Tmrt (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	30.2	31.5	30.7	28.2	24.6	29.8	31	18.4	26.8	
2	31.4	32	29.5	32.8	21.4	29	29.4	32.7	27.7	16.2
3	32.9	36.8	32.1	31.4	17.7	29.9	35.1	35.4	39	16.3
4	33.3	34.9	33.3	34.6	17.9	36.4	34.4	38.6	39.8	16.8
5	28.1	29.8	14.2	31.7	33.1	40.4	41	40.1	37.4	17.5
6	29.1	35.4	33.3	34.8	23.7	38.4	37.5	26.7	39.1	16.4
7	32.6	28.9	29.2	37.2	26.8	39.7	36.1	35	38.3	15.6
8	31.8	31	34	34.1	29.6	35.9	38.5	38	40.8	16.1
9	32.2	31	34.5	35.8	29.4	34.4	41.3	43.1	39.5	16.5
10	35.3	32	27.5	31.6	24.3	37.6	37.3	41.2	40.5	17
11	37.1	32.2	32.9	38.9	22	36.9	33.9	42.7	36.9	16.7
12	35.4	30.4	32	34.7	21.5	27.9	34.6	43.3	35.6	16
Rata - rata	32.45	32.16	30.27	33.82	24.33	34.69	35.84	36.27	36.78	16.46

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	31.3	30.9	30.6	32.1	33.9	36	34.4	37.7	33.1	39.2
2	26.4	37.9	31.5	31.7	38	37.3	30.7	35.4	33.3	37
3	32.8	40.3	37	35.5	35.6	32.6	33.2	40.3	42.2	35.8
4	36.4	40.8	34.1	34.1	36.9	39.7	37.2	39.5	36.5	39.4
5	37.4	41.7	39.2	39	36	39.8	39.6	41.7	40.4	41.5
6	35.6	36.2	38.2	37.8	36.7	40.4	38	36.6	38.9	42.5
7	35	36.7	35.3	37.5	29.5	36.7	36.7	37.8	39.3	41.5
8	38	42	40.6	37.7	40.1	37.4	38.1	37.4	39.2	42.3
9	43.1	42.3	39.2	37.2	41.2	42.1	39.7	41.8	40.6	42.7
10	41.2	43.3	41.5	37.2	42.4	42.7	39	38.5	40.3	44.7
11	42.7	42.1	40.1	37.5	39.4	42.3	36.9	35.9	39.7	36.8
12	43.3	30.6	33.2	32.6	38.9	39.4	38.1	38	57	36.3
Rata - rata	36.93	38.73	36.71	35.83	37.38	38.87	36.80	38.38	40.04	39.98

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	36.2	37.1	40.5	37	35	32.5	34.3	33	35.9	34.1	32.8
2	35.9	37.1	37.4	36.7	26.8	30	33.5	32.5	33.8	28.7	29
3	35	35.1	32.6	34	42.3	29.1	34.7	29.9	29.3	31.6	34.9
4	38.4	42.8	36.8	38.2	51.6	33.7	32.9	32.3	34.7	34	36.5
5	41.6	36.2	37.9	41.5	41.6	32.9	35	32.8	36.2	34	35.3
6	42.5	39.7	40.6	40.2	40.4	32.9	33.4	32.3	34.2	34.3	36.1
7	37.6	37.9	40.4	41.5	42.8	31.9	32.2	32.7	33.5	34.1	36
8	36.8	39.4	39.3	42.3	31.8	32.7	34.1	34.6	32.4	34.5	36
9	38.3	40.5	40	43.1	26.1	35	36.2	36.4	34.7	38	37.4
10	37.7	40.8	40.5	44.7	23.4	36.5	35.8	38.3	36.2	37.7	
11	38.2	41.7	38.7	36.8	19.1	27.7	29.4	38.6	36	37.4	36.9
12	36.6	38.2	37.5	36.3	17.7	30.6	28.9	34.6	30.7	31.4	36.7
Rata - rata	37.90	38.88	38.52	39.36	33.22	32.13	33.37	34.00	33.97	34.15	35.24

PMV

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	1	0.5	-0.1	0.9	
2	0.9	0.9	0.8	1.2	0.5	0.7	0.9	0.9	0.9	0.6
3	0.9	1.2	1	0.9	0.2	0.9	1.2	1.1	1.5	0.3
4	1	1.1	1	1.4	0.2	2.1	1.3	1.4	1.6	0.5
5	0.8	0.9	0.2	0.9	1.4	2.4	1.5	1.5	1.3	0.6
6	0.5	0.8	1	1.1	0.5	1.1	1.2	0.3	1.3	0.3
7	0.5	0.6	0.6	1.2	0	1.2	0.9	1	1.2	0.1
8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.2	1	1	1.1	1.4	0.2
9	0.6	0.8	1	1.1	0.4	1	1.3	1.4	1.5	0.3
10	1.1	1	0.5	0.5	0.2	1.2	1.2	1.3	1.4	0.4
11	1.4	1.1	0.8	2.4	0.1	1.2	1	1.6	2.2	0.4
12	0.9	1	1	2	-0.1	0.7	1.3	1.8	2.1	0.2
Rata - rata	0.83	0.91	0.79	1.18	0.36	1.21	1.11	1.11	1.44	0.35

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	1	0.9	0.9	0.7	1.1	1.3	1.1	1.2	1	1.5
2	1.2	1.4	0.9	0.8	1.4	1.5	0.9	1.1	1.1	1.4
3	1.1	1.6	1.1	1.2	1.1	0.7	1.2	1.5	1.6	1.3
4	1.2	1.5	1	1.1	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5
5	1.3	1.5	1.3	1.3	1.3	1.1	1.6	1.4	1.4	1.5
6	1.3	0.9	1.2	1.2	1.3	1	1.5	1	1.2	1.6
7	1	0.9	0.9	1	0.8	0.6	1	1.1	1	1.4
8	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	0.9	1	0.9	1.3	1.3
9	1.4	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4	1.4	1.4
10	1.3	1.6	1.1	1.2	1.6	1.7	1.1	1.4	1.4	2
11	1.6	1.6	1.2	1.3	1.6	1.7	1.4	1.2	1.6	1.4
12	1.8	1	0.1	1.1	1.5	1.4	1.2	1.3	2.6	1.7
Rata - rata	1.28	1.29	1.02	1.10	1.28	1.21	1.22	1.23	1.42	1.50

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	1.2	1.2	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4
2	1.2	1.3	1.1	1.1	0.9	1	1.3	1.2	1.3	0.8	1.1
3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.8	1	1.4	1	0.9	1.1	1.5
4	1.4	1.6	1.4	1.5	2.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.7
5	1.5	1	1.4	1.4	1.8	1.3	1.3	1.1	1.3	1.1	1.6
6	1.7	1.2	1.5	1.3	1.5	0.8	1.2	0.7	1	1.1	1.5
7	1.1	1.1	1.3	1.4	1.1	0.6	0.8	0.7	0.9	0.8	1.1
8	1	1.3	1.4	1.3	0.6	0.6	0.9	0.9	0.7	1.1	1.1
9	1.4	1.3	1.4	1.4	0.5	1	1.1	0.9	0.8	1.3	1.4
10	1.3	1.6	1.5	2	0.6	1.3	1.2	1.2	1	1.6	
11	1.3	2.8	1.4	1.4	0.4	-0.1	-0.5	1.4	1.3	1.5	1.5
12	1.2	1.4	1.2	1.7	0.3	1.1	0.9	1.3	1	1	1.6
Rata - rata	1.29	1.42	1.34	1.40	1.12	0.93	1.01	1.07	1.07	1.15	1.41

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PMV = $-1 \leq 0 \leq 1$.

PET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	23.3	23.6	22.9	21.4	25.1	24.6	22	18.7	23.6	
2	24.3	24	23.5	25.4	23.3	23.1	23.9	24.8	23.9	21.9
3	24.2	26.3	24.7	24.1	21.3	24	26.1	25.9	28	19.5
4	24.7	26	24.9	27.9	21.2	32.9	26.5	27.7	28.6	20.2
5	23.1	24.2	20.1	24.6	30.1	35.3	28.6	28.5	27.2	20.9
6	21.5	23.7	24.9	26.1	24.1	26	26.1	21.1	27.1	19.4
7	21.6	22.1	21.8	27	19.8	26.5	24.8	25.1	26.4	18
8	22.1	22.5	24	24.3	21	24.9	25.1	26.1	28.2	18.6
9	22.4	23.3	24.6	26.7	22.6	24.8	27.5	28	28.1	18.9
10	25.4	24.5	22.3	26.3	20.7	26.4	26.2	27.2	27.9	19.4
11	27.3	25.2	23.6	34.9	19.5	26.3	24.9	29.1	33.2	19.6
12	25.1	24.5	24.5	32.1	18.7	22.4	26.8	30.3	32.4	18.6
Rata - rata	23.75	24.16	23.48	26.73	22.28	26.43	25.71	26.04	27.88	19.55

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	24.9	24.1	24.2	23.1	25.5	27.4	25.8	26.8	25.4	28.9
2	26.9	27.7	24.2	23.7	27.5	28.5	24.5	26.5	25.9	28.1
3	25.3	28.8	26.2	26.4	26	23.6	26.5	28.8	30.1	27.3
4	26.4	28.4	25.1	25.6	27.3	27.8	28.2	28	28.3	29.1
5	27.3	28.6	27.7	27.3	27.2	27	29.4	28.9	28.6	29.5
6	26.8	24.9	26.8	26.7	26.9	26.1	28.5	25.5	27.7	29.7
7	25.1	24.6	24.7	25.7	23.2	23.6	25.8	26.5	26.6	28.7
8	26.1	26.7	27.7	26.1	26.3	25.3	25.4	25.6	27.8	28
9	28	28.5	27.2	26.6	27.6	28.3	27.3	28.6	28.1	28.4
10	27.2	29.6	27	26.3	29.3	29.7	27.4	28.3	28.7	32.1
11	29.1	29.5	26.7	26.7	29.1	29.8	27.9	26.9	29.3	28.2
12	30.3	24.7	17.7	25.6	28.8	28.2	27	27.7	37	29.9
Rata - rata	26.95	27.18	25.43	25.82	27.06	27.11	26.98	27.34	28.63	28.99

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	27	26.6	28.5	27	28.4	27	27.4	26.8	27.5	26.7	27.4
2	26.9	27.4	26.2	26.1	24.4	25.3	27.3	26.7	27.2	24	25.5
3	26.7	26.6	26.1	25.8	31.3	25.4	27.9	25	24.3	25.7	28.4
4	28.2	30.1	28	28.3	35.7	27	26.5	26.4	27.4	26.6	29.5
5	29.4	25.9	28.1	28.7	31.2	27.1	27.4	26.2	27.5	25.7	28.7
6	30.5	27.6	29	27.9	29.4	24.7	26.6	23.7	25.2	26.2	28.7
7	26.8	26.5	28	28.7	27.4	23	24.3	23.6	24.9	24.2	26.4
8	26.2	28	28.4	28	22.8	23.1	24.6	25	23.2	25.9	25.9
9	28	27.9	28.2	28.6	21.8	25.7	26.4	25.2	24.1	27.4	27.7
10	27.7	29.6	29	32.1	21.9	27.6	26.8	27	25.9	28.9	
11	27.9	35.1	28.1	28.2	20.6	19.8	17.4	28.1	27.3	28.6	28.6
12	27.2	28.1	26.9	29.9	19.9	26	24.7	27.1	25.1	25.4	29
Rata - rata	27.71	28.28	27.88	28.28	26.23	25.14	25.61	25.90	25.80	26.28	27.80

Ket : Kondisi nyaman jika nilai PET = 18 – 23 °C.

SET (°C)

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	20.5	20.8	20.3	19.3	21.3	21.2	19.6	15.8	20.5	
2	21.2	21.1	20.6	21.9	20.1	20.3	20.8	21.5	20.8	18.8
3	21.2	22.7	21.4	21	18.6	21	22.5	22.3	23.9	17.3
4	21.5	22.4	21.6	23.9	18.6	27	22.7	23.7	24.3	17.8
5	20.2	20.9	17.5	21.2	24.9	28.8	24.2	24.2	23.3	18.2
6	19.2	20.9	21.6	22.4	20.6	22.5	22.4	18.1	23.3	17.1
7	19.5	19.5	19.5	23.1	17.2	22.8	21.5	21.7	22.8	16.2
8	19.7	19.9	21	21.2	18.1	21.6	21.9	22.4	24.1	16.7
9	19.6	20.4	21.4	22.8	19.2	21.6	23.6	23.9	23.9	16.9
10	21.9	21.3	18.8	22	17.7	22.7	22.5	23.4	23.8	17.5
11	23.2	21.7	20.8	28.5	16.6	22.7	21.6	24.6	27.3	17.5
12	21.6	21.3	21.4	26.5	15.8	19.8	22.9	25.5	26.7	16.7
Rata - rata	20.78	21.08	20.49	22.82	19.06	22.67	22.18	22.26	23.73	17.34

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	21.6	20.9	21	20.4	21.9	23.5	22.4	23.1	22	24.7
2	22.6	23.6	21	20.7	23.5	24.3	21.4	23	22.5	24.2
3	21.9	24.4	22.4	22.6	22.4	20.8	22.9	24.6	25.7	23.6
4	22.8	24.2	21.8	22	23.3	23.8	24.1	24.1	24.3	25
5	23.2	24.3	23.6	23.3	23.1	23.3	25	24.8	24.4	25.1
6	22.9	21.6	22.9	22.8	23	22.7	24.4	22.1	23.8	25.2
7	21.7	21.4	21.3	22.1	20.3	20.8	22.3	22.9	23.1	24.6
8	22.4	23	23.5	22.5	22.7	22	22	22.3	23.8	24
9	23.9	24.3	23.2	22.7	23.6	24.1	23.4	24.4	24.3	24.2
10	23.4	24.9	23.1	22.6	24.8	25	24.1	24.3	24.4	26.8
11	24.6	24.8	22.9	22.9	24.7	25.1	23.9	23.1	24.9	24.1
12	25.5	21.3	16.9	22	24.5	24.1	23.3	23.8	30.8	25.4
Rata - rata	23.04	23.23	21.97	22.22	23.15	23.29	23.27	23.54	24.50	24.74

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	23.4	23	24.5	23.3	24.3	23.3	23.5	23.1	23.6	23	23.8
2	23.3	23.6	22.6	22.6	21.2	22	23.5	23	23.6	21	22.1
3	23.2	23	22.6	22.3	26.6	22	24	21.7	21.3	22.5	24.5
4	24.2	25.8	24	24.2	29.8	23.1	22.8	22.7	23.8	23	25.3
5	25	22.5	24.1	24.6	26.6	23.4	23.5	22.7	23.6	22.2	24.7
6	25.8	23.9	24.7	24	25	21.6	22.8	20.8	21.9	22.7	24.6
7	23.2	22.9	24	24.6	23.7	20.3	21.1	20.8	21.7	21.2	22.8
8	22.7	24	24.3	24	20.2	20.4	21.4	21.7	20.5	22.3	22.5
9	24.2	23.9	24.4	24.4	19.2	22.2	22.7	21.9	21.1	23.4	23.8
10	23.8	25.2	24.7	26.8	19.1	23.5	23	23.2	22.4	24.6	
11	23.9	29.3	24.1	24.1	18.2	18.8	16.4	24	23.5	24.4	24.5
12	23.4	24.2	23.3	25.4	17.7	22.4	21.6	23.3	21.9	22.3	25
Rata - rata	23.84	24.28	23.94	24.19	22.63	21.92	22.19	22.41	22.41	22.72	23.96

Lampiran 6. Data Curah Hujan (mm) Kota Malang Tahun 1987 – 2009.

Bulan/Tahun	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	306.9		406.1	294.5	551.8	365.8	399.9	672.7	452.6	368.9	263.5	179.8
2	246.5	153	307.4	208.8	203	268.8	176.9	292.9	388.6	282.8	411.8	565.5
3	189.1	86	207.7	248	210.8	359.6	158.1	468.1	440.2	601.4	124	251.1
4	111	78	159	147	273	168	192	81	252	207	132	186
5	86.8	3	127.1	117.8	0	195.3	71.3	8.06	55.8	0	3.72	133.3
6	30	14	387	9	0	36	0	0	72	69	0	204
7	24.8	7	120.9	18.6	0	0	0	0	0	65.1	0	124
8	31	21	0	62	0	96.1	0	0	0	34.1	0	34.1
9	0	104	12	16.8	12	60.9	0	0	0	0	0	0
10	0	209	49.6	12.4	0	155	0	0	136.4	232.5	0	127.1
11	267	177	180	45	120	183	333	93	342	288	168	138
12	297.6		251.1	381.3	217	480.5	328.6	192.2	127.1	164.3	0	483.6
Jumlah	1590.7	852.0	2207.9	1561.2	1587.6	2369.0	1659.8	1808.0	2266.7	2313.1	1103.0	2426.5
Rata - rata	132.6	85.2	184.0	130.1	132.3	197.4	138.3	150.7	188.9	192.8	91.9	202.2

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	430.9	277	409	417	278	230	103	335	87	75	135
2	232	285	190	421	109	226	131	405	274	78	189
3	334.8	285	321	266	305	230	233	220	359	56	45
4	210	212	78	217	108	9	105	173	397	29	40
5	0	205	95	41	56	60	14	182	53	16	98
6	0	54	169	0	3	0	75	15	55	6	5
7	0	3	26	40	1	0	9	0	55	0	1
8	0	3	0	0	0	0	58	4	0	9	3
9	0	84	10	0	101	26	11	0	18	3	6
10	186	221	201	100	18	33	64	0	78	22	0
11	477	332	195	118	159	97	178	86	242	155	30
12	263.5	171	220	369	262	147	332	379	270	235	94
Jumlah	2134	2132	1914	1989	1400	1058	1313	1799	1888	684	646
Rata - rata	177.9	177.7	159.5	165.8	116.7	88.2	109.4	149.9	157.3	57.0	53.8

Lampiran 7. Data Suhu Maksimum Stasiun BMKG Karangploso Tahun 1990 – 2010.

Suhu Maksimum (°C)

Bulan/Tahun	1990	1991	1993	1997	2002	2007	2010
1		27.8	27.9	27.4	28.2	28.5	28.4
2		27.7	28.1	27.3	28	28.6	29
3		28.4	28.4	28.5	28.7	28	29.2
4		27.8	28.2	28.2	28.4	28.6	29.2
5		27.9	28.6	28.3	28.8	29.1	28.7
6	27.1	27.8	28.1	28.1	27.9	27.9	28.3
7	27.2	27.1	27	27.3	27.8	27.5	27.9
8	27.9	27.4	28.2	28	27.4	26.8	28.2
9	28.6	28.8	28.5	29.9	28.6	28.5	28.3
10	30.7	30.9	29.1	30.3	31.5	30	28.6
11	29.8	27.9	29.9	30.3	30.2	29	28.9
12	27.8	28.1	28.2	28.9	29.1	28.3	28
Rata - rata	28.44	28.13	28.35	28.54	28.72	28.40	28.56

Lampiran 8. Data Radiasi Matahari (call/m²/hari) Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	273.3	298.7	280	234.6	338.2	242.3	313.4	250.4	181	306.8
2	292.3	305.8	251.9	299.8	287	251.3	244	320.5	203.4	375.4
3	325.5	399.5	294.5	292.3	228.8	256.1	354	368.2	430.6	
4	325.9	352.7	325.4	326.1	237.2	343.3	327.5	423.4	441.8	
5	225	249.9		290	481.3	418.1	472.1	454	399.6	
6	268.8	395.6	325.4	355.5	339	443.3	415.1	403.9	442.5	
7	353.1	251.4	284.3	407.7	424.1	468.9	398	289.7	432.1	
8	324	298	355.3	362.4	477.3	390.1	455.8	410.6	477.8	
9	328.8	284.6	357.8	373.6	453.3	355.2	499.9	168.4	440.6	
10	363	290.6	408.1	408.1	354.3	415.6	409.4	334.9	470.8	
11	384.3	293.5	330.4	366.9	316.5	395.8	336	360.3	353.7	
12	377.7	262.1	299.7	301.6	312.4	223.8	329.8	360.2	329.1	
Rata - rata	320.1	306.9	319.3	334.9	354.1	350.3	379.6	345.4	383.6	341.1

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	279.1	270	268.3	327.2	330.8	371.2	351.9	424.9	326.7	435
2	181.7	405.7	286.9	308.1	408.8	385.6	278	375.2	329.9	391.8
3	308.8	452.1	402.1	364.2	372.5	343	317.9	466.8	504.7	372.7
4	387.7	474.1	343.3	337.4	386.3	458	389.3	458.7	377.4	441.3
5	396.1	497.4	438.2	443.1	360.6	480	432.8	503	473.9	485.7
6	358.4	404.1	426.6	417.2	385	506.3	404.6	409.8	447.5	510.6
7	366.3	419.6	377.4	424.4	254.5	441.5	416	435.3	478.1	508.1
8	428.7	528.1	477.6	423.4	482.1	439.7	455	435.5	453.5	456.4
9	537.9	510.9	449.3	399.3	495.9	517.9	470	507.6	486.3	392.8
10	496.1	521.8	516.6	405.9	502.5	501.8	509.4	426.4	462.6	390.7
11	510.6	486.3	478.3	407.8	425	493.4	388.6	378.3	437	435.1
12	511.5	263.8	388.7	299.7	419.8	447.3	432	420	449.3	330.1
Rata - rata	396.9	436.2	404.4	379.8	402.0	448.8	403.8	436.8	435.6	429.2

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	391.6	409	475.7	403.6	331.1	298	324	310	369.1	339.1	304
2	385.5	400.3	416.6	407.3	189.7	257	311	297	329.7	241.7	232.6
3	363.8	359.8	307.3	339.6	487.2	236	335	255	256.4	298.6	334.4
4	426.9	518.4	384.7	412.6	684.5	314	302	293	349.3	336.4	358.1
5	492.1	406	415.3	500.9	475	305	348	311	377.9	342.8	340.8
6	496.3	471.7	470.3	478.1	461.5	335	315	325	356	348.2	359.6
7	426.4	435.2	478.1	500.5	556	323	315	343	341.9	366.4	385.2
8	416.9	455.3	444.1	528.8	326.8	345	356	365.4	331.3	351.9	393.6
9	424.1	484	468.6	538.3	198.3	363	382	407.7	378.4	416.5	400.3
10	412.1	463	464.6	527.1	132	374	367	429.1	400.9	389.5	380.1
11	423	385.8	435.5	380.3	59.84	331	367	422.3	374.4	390.4	379.6
12	390.5	423.1	422.3	344	44.4	260	241	345.9	280.4	298.6	376.3
Rata - rata	420.8	434.3	431.9	446.8	328.9	311.8	330.3	342.0	345.5	343.3	353.7

Lampiran 9. Data Kecepatan Angin (km/jam) Kota Malang Tahun 1979 – 2009.

Bulan/Tahun	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	5.5	6.5	8.5	10.7		5.1	6.1	7.5	5.5	
2	4.9	6	5.6	7.1		4.7	5.3	4.2	4.7	
3	6.6	5.4	6.4	5.3		5.1	5.6	5.4	5.4	5.5
4	6.4	5	6.1	2.5			5.8	5.8	5.8	5.1
5	4.9	5.1		5.4			6.6	5.4	5.5	5.7
6	7.1	7.4	6.1	3.8		6.3	7.1	6.7	7	5.9
7	7.6	7.3	7.2	3.7	8	7.2	6.7	6.6	6.6	7.4
8	7.8	7.8	7.3	4.7	7.6	6.9	8.3	7.8	5.4	7.4
9	9.2	7.5	7.4	3.6	5.6	6.5	6.3	7.1	6.2	8.4
10	8.3	7.6	6.5		6	6.4	6.4	7.1	6.5	9
11	6.3	5.5	7.5		8.7	6.7	7.2	5.9		6.7
12	6.1	4.6	5.5		12.8	6.7	5.2	5.6		6.9
Rata - rata	6.7	6.3	6.7	5.2	8.1	6.2	6.4	6.3	5.9	6.8

Bulan/Tahun	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1	4.7	7.1	5.5	5.4	5.6	3.1	3.7	4	3.4	2.7
2		4.9	6.6	5.2	5.7	3.4	3.7	2.8	2.4	2.4
3	5.4	5.6	6.04	4.64	5	3.8	2.6	3.2	2.5	2.4
4	5.1	5.4	5.9	5.2	5	4.3	3.3	3.2	2.1	2.4
5	6	5	5.4	5.2	5.2	4.1	3.1	3.2	3.2	3.3
6	5.2	6	5.9	5.4	5.5	4.8	3.2	4.8	3.3	3.5
7	5.8	6.6	6.7	6.1	5.6	5.8	3.8	3.6	3.4	3.4
8	6.9	8.1	5.9	6.2	7.3	4.3	5.1	4.1	3.3	3.4
9	7.9	6.4	5.2	6.3	6.2	4.8	4.4	4.1	3.8	2.8
10	8.2	6.3	5.8	6.3	5.9	5.6	4	2.8	3.6	3
11	6.7	6.4	6.8	6.1	4.2	4.9	2.9	3.1	3.3	3.3
12	5.4	4.7	5.82	4.5	3.8	3.8	4	3.3	3.4	3.3
Rata - rata	6.1	6.0	6.0	5.5	5.4	4.4	3.7	3.5	3.1	3.0

Bulan/Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	2.4	3.8	3.6	3.5	2.2	1.9	2.9	2	3	2.5	1.5
2	2.4	3.2	5.3	4.4	2	2.3	2.2	2.1	1.9	2.7	1.8
3	2.4	3.1	2.5	4	2	1.9	2.2	2.6	2.5	1.8	1.8
4	2.7	3	3	3.5	2.5	3	2.8	2.5	1.9	2.6	1.9
5	3.1	3.1	3	3.6	1.9	1.9	2.6	2.5	2.8	4.1	1.8
6	3.3	3.2	3.1	3.7	2.8	3.2	3	4.8	3.9	3	2.2
7	3.2	4.1	4.1	3.4	4.2	5.5	4.3	4.1	3.9	4.7	3.7
8	3.2	3.4	3.4	4.2	4.5	4.9	4.8	4.8	5.7	4	3.8
9	3.5	3.8	3.5	5	4.5	4.5	4.7	5	5.7	4.7	4.1
10	3.3	3.6	3.6	4.1	4.4	3.9	4.4	5.1	3.7	3.1	
11	3.4	2.2	3.2	3	3	1.5	5.2	4	2.9	2.8	2.5
12	3.3	2.8	3.3	1.7	2.6	2	2	2.5	2	1.8	1.9
Rata - rata	3.0	3.3	3.5	3.7	3.1	3.0	3.4	3.5	3.3	3.2	2.5

Lampiran 10

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

Daftar Pertanyaan

Penelitian tentang “Analisis Perubahan Tingkat Kenyamanan Kota Malang”.

Melalui daftar pertanyaan ini kami mohon kesediaan bapak/ibu (responden) untuk mengisi daftar pertanyaan dengan sebenar – benarnya, dengan cara memilih salah satu jawaban dari masing – masing pertanyaan dan memberi tanda silang (X) untuk jawaban yang sesuai menurut pendapat anda.

Sebelumnya saya mengucapkan terima kasih atas kesediaan bapak/ibu (responden) yang telah mengisi daftar pertanyaan ini.

Identitas Responden :

Nama :

Usia :

Jenis Kelamin :

Pekerjaan :

Alamat :

Lama Tinggal di Kota Malang:



PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

Kondisi Kota Malang 30 Tahun Yang Lalu	Kondisi Kota Malang Saat Ini
1. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas	1. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas
2. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas	2. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas
3. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas	3. Bagaimana menurut anda suhu udara di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Dingin b. Sejuk c. Hangat d. Panas
4. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering	4. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering
5. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering	5. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering
6. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering	6. Bagaimana menurut anda kelembaban udara di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Sangat lembab b. Lembab c. Kering
7. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang	7. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 05.00 – 06.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang
8. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang	8. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 09.00 – 10.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang
9. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang	9. Bagaimana menurut anda kondisi angin di Kota Malang pada pukul 13.00 – 14.00 ? a. Tidak ada angin b. Semilir c. Kencang
10. Bagaimana menurut anda jumlah pohon di Kota Malang : a. Banyak b. Cukup c. Kurang	10. Bagaimana menurut anda jumlah pohon di Kota Malang : a. Banyak b. Cukup c. Kurang
11. Bagaimana menurut anda fungsi pohon di Kota Malang : a. Estetika (Keindahan) c. Penghijauan b. Peneduh d. Pengarah jalan	11. Bagaimana menurut anda fungsi pohon di Kota Malang : a. Estetika (Keindahan) c. Penghijauan b. Peneduh d. Pengarah jalan
12. Menurut anda apakah Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Malang mengalami alih fungsi lahan : a. Ya b. Tidak	12. Menurut anda apakah Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Malang mengalami alih fungsi lahan : a. Ya b. Tidak



Lampiran 10. Tabel Data Responden

Jenis Kelamin				Usia						Pekerjaan							
Laki - laki		Perempuan		40 - 49 th		50 - 59 th		60 - 69 th		Ibu Rumah Tangga		Wiraswasta		Pegawai		Pensiunan	
Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%
13	43,3	17	56,7	10	33,3	18	60	2	6,7	6	20	10	33,3	13	43,3	1	3,3

Lama Tinggal Di Kota Malang					
40 - 49 th		50 - 59 th		60 - 69 th	
Jmlh	%	Jmlh	%	Jmlh	%
14	46,7	14	46,7	2	6,7

Lampiran 12. Data Quisioner

NO. PERTANYAAN	JAWABAN	Kota Malang			
		30 Tahun Yang Lalu		Saat Ini	
		JUMLAH	%	JUMLAH	%
1	a. Dingin	28	93,3	19	63,3
	b. Sejuk	2	6,7	11	36,7
	c. Hangat	0	0	0	0
	d. Panas	0	0	0	0
2	a. Dingin	6	20	0	0
	b. Sejuk	20	66,7	1	3,3
	c. Hangat	4	13,3	8	26,7
	d. Panas	0	0	21	70
3	a. Dingin	0	0	0	0
	b. Sejuk	0	0	0	0
	c. Hangat	5	16,7	0	0
	d. Panas	25	83,3	30	100
4	a. Sangat Lembab	26	86,7	3	10
	b. Lembab	4	13,3	27	90
	c. Kering	0	0	0	0
5	a. Sangat Lembab	0	0	0	0
	b. Lembab	28	93,3	1	3,3
	c. Kering	2	6,7	29	96,7
6	a. Sangat Lembab	0	0	0	0
	b. Lembab	3	10	0	0
	c. Kering	27	90	30	100
7	a. Tidak ada angin	24	80	27	90
	b. Semilir	6	20	3	10
	c. Kencang	0	0	0	0
8	a. Tidak ada angin	0	0	5	16,7
	b. Semilir	29	96,7	23	76,7
	c. Kencang	1	3,3	2	6,7

NO. PERTANYAAN	JAWABAN	Kota Malang			
		30 Tahun Yang Lalu		Saat Ini	
		JUMLAH	%	JUMLAH	%
9	a. Tidak ada angin	0	0	17	56,7
	b. Semilir	25	83,3	9	30
	c. Kencang	5	16,7	4	13,3
10	a. Banyak	20	66,7	0	0
	b. Cukup	10	33,3	3	10
	c. Kurang	0	0	27	90
11	a. Estetika (Keindahan)	1	3,3	21	70
	b. Peneduh	22	73,3	2	6,7
	c. Penghijauan	5	16,7	6	20
	d. Pengarah jalan	2	6,7	1	3,3
12	a. Ya	0	0	30	100
	b. Tidak	30	100	0	0