

PENGARUH TIPE TUTUPAN LAHAN TERHADAP IKLIM MIKRO DI KOTA BITUNG

**Yorri Yotam Junam Sanger
Johannes E. X. Rogi
Johan Rombang**

ABSTRACT

The purpose of this research is to have more understanding regarding (1) the influence of land cover type on micro climate (air temperature, air humidity and solar radiation) and (2) micro climate influence (air temperature, air humidity) to comfort by using THI (Temperature Humidity Index) . This research was conducted in Bitung City Region from June to August 2016. The data used in this research are primary and secondary data. Primary data is data that is measured directly in field while secondary data sourced from literature. Parameters measured on each land cover include microclimate elements, namely: air temperature, air humidity, solar radiation. After micro climate data in the form of air temperature, air humidity and solar radiation obtained, then the data tabulated and made graphs. Existing data are also analyzed statistically with F Test technique so that it can be known the difference of air temperature, air humidity and solar radiation at each treatment (industry, residential, CBD, and city park). The study showed that (1) land cover type influenced microclimate in four land cover types of Bitung City. The type of land cover that has the lowest air temperature and the highest air humidity is the city park. (2) The micro climate has an effect on the comfort in Bitung City. Micro climate which provides the highest comfort in Bitung City is the city park. The existence of an adequate urban park in each urban area affects the comfort of a region. Increasing number of city parks will enhance urban comfort in terms of microclimate.

Keywords: land cover, micro climate, comfort level, Bitung City, North Sulawesi Province

ABSTRAK

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah mengetahui (1) pengaruh tipe tutupan lahan terhadap iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari) dan (2) pengaruh iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara) terhadap kenyamanan dengan menggunakan THI (*Temperature Humidity Index*). Penelitian ini dilakukan di Wilayah Kota Bitung Penelitian ini pada bulan Juni hingga Agustus 2016. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diukur langsung di lapangan sedangkan data sekunder bersumber dari literature. Parameter yang diukur pada setiap tutupan lahan meliputi unsur-unsur iklim mikro yaitu: suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari. Setelah data iklim mikro berupa suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari didapat, kemudian data ditabulasi dan dibuat grafik. Data yang sudah ada juga dianalisis secara statistik dengan teknik Uji F sehingga dapat diketahui perbedaan suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari pada setiap perlakuan (industri, pemukiman, CBD dan taman kota). Penelitian ini menunjukkan bahwa (1) tipe tutupan lahan berpengaruh terhadap iklim mikro di Kota Bitung. Tipe tutupan lahan yang mempunyai suhu udara yang paling rendah dan kelembaban udara yang paling tinggi adalah taman kota. (2) Iklim mikro berpengaruh terhadap kenyamanan di Kota Bitung. Iklim mikro yang memberikan kenyamanan paling tinggi di Kota Bitung adalah taman kota. Keberadaan taman kota yang memadai pada setiap perkotaan mempengaruhi kenyamanan suatu kawasan. Semakin banyak taman kota akan meningkatkan kenyamanan pekotaan dari segi iklim mikro.

Kata kunci: tutupan lahan, iklim mikro, tingkat kenyamanan, Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Iklim perkotaan merupakan hasil dari interaksi banyak faktor alami dan antropogenik. Polusi udara, material permukaan perkotaan, emisi panas antropogenik, bersama-sama dengan faktor alam menyebabkan perbedaan iklim antara kota dan area non perkotaan. Iklim suatu kota dikendalikan oleh banyak faktor alam, baik pada skala makro (garis lintang) maupun pada skala meso (topografi, badan air). Pada kota yang tumbuh dan berkembang, faktor-faktor baru dapat mengubah iklim lokal kota. Penggunaan lahan, jumlah penduduk, aktivitas industri dan transportasi, serta ukuran dan struktur kota adalah faktor-faktor yang terus berkembang dan mempengaruhi iklim perkotaan. Salah satu penyebab yang paling penting dari perubahan iklim mikro adalah perubahan peruntukan lahan. Para ahli percaya bahwa perubahan peruntukan lahan akan menyebabkan dampak perubahan iklim yang lebih kuat dibandingkan dengan polusi yang menyebabkan pemanasan global (Tursilowati 2007). Dimasa yang akan datang Kota Bitung akan mengalami perubahan peruntukan lahan, hal ini disebabkan karena lahan perkebunan dan pertanian yang ada di Kota Bitung peruntukannya akan berubah menjadi kawasan industri, pemukiman penduduk dan *Central Bussiness District* (CBD) sebab lahan tersebut akan dibangun mega proyek yaitu Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), Internasional *Hub Port* dan Jalan Tol Manado-Bitung.

Selain perubahan peruntukan lahan bertambahnya jumlah penduduk juga berpengaruh terhadap perubahan iklim mikro. Jumlah penduduk di Kota Bitung pada tahun 2015 mencapai 246.767 jiwa (data catatan sipil), dengan adanya Kawasan Ekonomi Khusus, Internasional *Hub Port* dan Jalan Tol Manado-Bitung diperkirakan jumlah penduduk Kota Bitung kedepannya akan mengalami penambahan luar biasa melalui arus urbanisasi. Hal inilah yang menyebabkan jumlah ruang terbangun di kawasan perkotaan selalu meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia (Aprianto, 2011). Meningkatnya kawasan terbangun di perkotaan akhirnya menyebabkan penurunan luas ruang terbuka hijau (RTH) di kawasan perkotaan serta akan terbentuk pulau panas perkotaan (*urban heat island*). Salah satu solusi untuk meminimalisir penurunan kualitas lingkungan adalah dengan meningkatkan ketersediaan dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada kawasan kota. Perencanaan kota sudah seharusnya merencanakan ruang terbuka hijau (RTH) yang ideal bagi warga kota agar dapat memberikan kenyamanan dalam beraktivitas. Hal ini sudah diinstruksikan dalam bentuk UU RI No. 26 Tahun 2007 bahwa perbandingan luas RTH dengan ruang terbangun adalah 30% : 70%. Taman kota merupakan bagian dari bentuk RTH yang membantu meningkatkan kualitas ekologis dan lingkungan di sekitar taman itu berada. Sebagai bagian dari elemen pembentuk kota, taman kota memiliki

banyak fungsi dalam kaitannya dengan kebutuhan jasmani dan rohani warga kota. Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebagai penyeimbang ekosistem kota baik itu sistem hidrologi, klimatologi, keanekaragaman hayati, maupun sistem ekologi lainnya, bertujuan meningkatkan kualitas lingkungan hidup, estetika kota, kesehatan, dan kesejahteraan masyarakat (Joga dan Iswan, 2011).

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tipe tutupan lahan terhadap iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari)?
2. Bagaimana pengaruh iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara) terhadap kenyamanan?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah

1. Menganalisis pengaruh tipe tutupan lahan terhadap iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari).
2. Menganalisis pengaruh iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara) terhadap kenyamanan dengan menggunakan THI (*Temperature Humidity Index*).

Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan mengenai pentingnya memperbaiki kualitas iklim mikro, sehingga dapat meminimalisir penurunan kualitas lingkungan dan meningkatkan kenyamanan warga di Kota Bitung dari segi iklim mikro.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Wilayah Kota Bitung yang terletak di antara 1°23'23" - 1°35'39" LU dan 125°1'43" - 125°18'13" BT, dan berdasarkan data pada BPS Kota Bitung luas Kota Bitung mencapai 33.279,10 Ha.



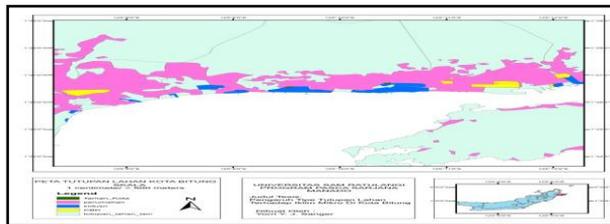
Gambar 1. Peta Administrasi Kota Bitung

Kota Bitung dipilih sebagai lokasi penelitian karena Kota Bitung merencanakan mega proyek seperti Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), Pelabuhan Hub Internasional dan Jalan Tol Manado – Bitung. Waktu pelaksanaan penelitian ini pada bulan Juni hingga Agustus 2016.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan yang ditampilkan pada Tabel 1. Alat terpenting yang digunakan selama penelitian ini yaitu *Termo Hidro Meter* dan *Solar Power Meter*, yang merupakan alat pengukur iklim mikro.

Alat /Bahan	Kegunaan
<i>Termo Hidro Meter</i>	Mengukur Suhu dan Kelembaban
<i>Solar Power Meter</i>	Mengukur Radiasi Matahari
Software ArcGIS 10.1	Mengolah data citra
Software Google Earth	Merekam tampak atas tutupan lahan
Software SPSS Statistic	Mengolah data hasil penelitian
GPS	Penitikan Sampel
Kamera Digital	Pengambilan Gambar Sampel
Peta Kota Bitung (RTRW)	Referensi
Bitung Dalam Angka	Referensi



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kota Bitung

Tempat Pengambilan Data

Tempat pengambilan data dilakukan pada 4 (empat) tutupan lahan kawasan kota (*urban*) yaitu perumahan, industri, *Central Bussines District* (CBD) dan taman kota (dapat di lihat pada gambar 2), untuk dapat mengetahui perbedaan iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari) dari 8 (delapan) kecamatan di Kota Bitung hanya 5 kecamatan yang merupakan pulau panas perkotaan (*urban heat island*). Pemilihan lokasi pengambilan data sebagai berikut :

1. Tutupan lahan Perumahan

Dari hasil digitasi dari google earth, kawasan perumahan terbesar dari keseluruhan Kota Bitung terdapat pada 5 (lima) kecamatan yaitu kecamatan Girian, Madidir, Maesa, Matuari dan Aertembaga. Bitung dalam angka mencatat Kecamatan Girian merupakan kecamatan dengan penduduk terpadat di Kota Bitung diikuti oleh Kecamatan Maesa. sehingga 2 (dua) kecamatan ini cocok dijadikan sebagai lokasi pengambilan data iklim mikro di tutupan lahan perumahan. Lokasi tersebut sebagian besar ($\pm 80\%$) memiliki struktur bangunan berupa perumahan dan jalan, sedangkan 20 % terdapat semak dan pohon di depan rumah atau pinggir jalan. Pohon yang dipilih berkarakteristik sama yaitu memiliki tinggi sedang (6-15 meter), memiliki tajuk berbentuk bulat, dome atau *irreguler* dan berfungsi sebagai penauang sedangkan untuk semak dipilih berdasarkan karakteristik daun lebar serta mempunyai tinggi sedang (1-2 meter).

- Lokasi pengambilan data iklim mikro perumahan di Kelurahan Girian Weru Kecamatan Girian Kota Bitung dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 36,00''$ LU dan $125^{\circ} 07' 05,10''$ BT
- Lokasi pengambilan data iklim mikro perumahan di Kelurahan Bitung Barat Dua Kecamatan Maesa Kota Bitung dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 55,48''$ LU dan $125^{\circ} 11' 18,31''$ BT.

2. Tutupan lahan Industri

Dari hasil digitasi dari google earth didapatkan tutupan lahan industri sebagian besar terdapat di Kecamatan Madidir dan beberapa lokasi pabrik di Kecamatan Girian, sehingga Kecamatan Madidir dijadikan sebagai lokasi pengambilan data iklim mikro di tutupan lahan industri. Lokasi tersebut sebagian besar ($\pm 90\%$) memiliki struktur bangunan berupa pabrik dan jalan, sedangkan 10 % terdapat semak dan pohon di luar lokasi pabrik. Pohon yang dipilih berkarakteristik sama yaitu memiliki tinggi sedang (6-15 meter), memiliki tajuk berbentuk bulat, dome atau *irreguler* dan berfungsi sebagai penauang sedangkan untuk semak dipilih berdasarkan karakteristik daun lebar serta mempunyai tinggi sedang (1-2 meter).

- Lokasi pengambilan data iklim mikro industri di PT Internasional Alliance Food Indonesia dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 25,30''$ LU dan $125^{\circ} 09' 54,40''$ BT.
- Lokasi pengambilan data iklim mikro industri di Kawasan Industri Sari Cakalang dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 26,31''$ LU dan $125^{\circ} 10' 25,93''$ BT

3. Tutupan lahan *Central Business Distric* (CBD)

Dari hasil digitasi dari google earth didapatkan kecamatan Girian, Maesa dan Aertebaga sebagai kawasan CBD terbesar di Kota Bitung. Kecamatan Girian dan Aertembaga dijadikan sebagai lokasi pengambilan data iklim mikro di tutupan lahan CBD. Lokasi tersebut sebagian besar ($\pm 85\%$) memiliki struktur bangunan berupa pasar, pertokoan dan jalan, sedangkan 15 % terdapat semak dan pohon di depan pertokoan atau dipinggir jalan. Pohon yang dipilih berkarakteristik sama yaitu memiliki tinggi sedang (6-15 meter), memiliki tajuk berbentuk bulat, dome atau *irreguler* dan berfungsi sebagai penauang sedangkan untuk semak dipilih berdasarkan karakteristik daun lebar serta mempunyai tinggi sedang (1-2 meter).

- Lokasi pengambilan data iklim mikro CBD di Pasar Girian dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 23,97''$ LU dan $125^{\circ} 07' 37,22''$ BT
- Lokasi pengambilan data iklim mikro CBD di Pasar Winenet dengan titik koordinat $1^{\circ} 27' 02,28''$ LU dan $125^{\circ} 10' 03,36''$ BT

4. Tutupan lahan Taman Kota

Dari hasil digitasi dari google earth didapatkan tutupan lahan taman kota terdapat di Kecamatan Madidir dan Maesa. Kecamatan Madidir dan Maesa sebagai lokasi pengambilan data iklim mikro di tutupan lahan taman kota. Kota Bitung hanya sedikit taman kota, sebaian besar taman kota terdiri dari pohon (70 %) seperti pohon beringin, mahoni, angšana. Sedangkan 30 % terdiri dari rumput, semak, bangunan dan tempat bermain anak-anak. Pohon yang dipilih berkarakteristik sama yaitu memiliki tinggi sedang (6-15 meter), memiliki tajuk berbentuk bulat, dome atau *irreguler* dan berfungsi sebagai penauang sedangkan untuk semak dipilih berdasarkan karakteristik daun lebar serta mempunyai tinggi sedang (1-2 meter).

- Lokasi pengambilan data iklim mikro taman kota di Taman Kota Madidir dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 33,15''$ LU dan $125^{\circ} 09' 28,84''$ BT.
- Lokasi pengambilan data iklim mikro taman kota di Taman Kota Tugu Adipura dengan titik koordinat $1^{\circ} 26' 43,08''$ LU dan $125^{\circ} 10' 28,14''$ BT

Pemilihan Titik Pengambilan Data

Pengukuran iklim mikro (suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari) dilakukan pada 2 (dua) titik, yaitu di bawah naungan pohon dan lahan terbuka. Penentuan titik pengambilan data dipilih pada saat turun lapangan dengan menggunakan teknik *purposive* dimana titik yang diambil merupakan tempat yang terdapat pohon dan lahan terbuka. Pemilihan pohon pada setiap tutupan lahan berdasarkan kesamaan secara umum karena pada setiap kawasan tidak memiliki jenis pohon yang sama. Pohon yang dipilih pada setiap kawasan berkarakteristik sama yaitu memiliki tajuk dan berfungsi sebagai penauang sedangkan untuk lahan terbuka dipilih lahan berupa rumput, lantai beton dan aspal yang sinar matahari tidak terhalangi oleh pohon dan gedung.

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diukur langsung di lapangan sedangkan data sekunder bersumber dari literatur

Parameter yang Diukur

Parameter yang diukur pada setiap tutupan lahan meliputi unsur-unsur iklim mikro yaitu: suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari.

Metode Pengukuran

Pengukuran iklim mikro berupa suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari dengan 4 (empat) perlakuan yaitu industri, pemukiman, CBD dan taman kota dengan 2 (dua) tempat pengambilan data di bawah naungan pohon dan lahan terbuka selama 6 hari dengan rincian sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan data iklim mikro di perumahan:
 - a. Kelurahan Girian Weru Kecamatan Girian Kota Bitung dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
 - b. Kelurahan Bitung Barat Dua Kecamatan Maesa Kota Bitung dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
2. Lokasi pengambilan data iklim mikro di industri
 - a. Kawasan Industri Sari Cakalang dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
 - b. PT Internasional Alliance Food Indonesia dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
3. Lokasi pengambilan data iklim mikro di CBD
 - a. Pasar Girian dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
 - b. Pasar Winenet dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
4. Lokasi pengambilan data iklim mikro di taman kota
 - a. Taman kota tugu adipura dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)
 - b. Taman kota madidir dengan 3 (tiga) kali ulangan (tiga hari)

Untuk mengukur iklim mikro yang akurat, alat diletakkan $\pm 1,5$ meter di atas permukaan tanah dikarenakan menurut Frick H dan Suskiyanto FXB (2007) iklim mikro merupakan iklim di lapisan udara dekat permukaan bumi dengan tinggi ± 2 meter. Data diambil selama 30 menit secara bersamaan di setiap perlakuan pada pagi hari pukul 07.30, siang hari pukul 13.30 dan sore hari pukul 17.30 WITA, dilakukan hanya pada saat cuaca cerah.

Pengolahan dan Analisis Data

Setelah data iklim mikro berupa suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari didapat, kemudian data ditabulasi dan dibuat grafik. Data yang sudah ada juga dianalisis secara statistik dengan teknik Uji F sehingga dapat diketahui perbedaan suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari pada setiap perlakuan (industri, pemukiman, CBD dan taman kota). Sehingga dihasilkan hipotesis sebagai berikut:

H0: tidak ada perbedaan nilai rata-rata (suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari) pada industri, pemukiman, CBD dan taman kota

H1: ada perbedaan nilai rata-rata (suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari) pada industri, pemukiman, CBD dan taman kota.

Kriteria keputusan, jika :

F hitung < F tabel pada level 5 % , maka H0 diterima

F hitung > F tabel pada level 5 % , maka H0 ditolak Uji-F ini dilakukan menggunakan *software* SPSS dengan *One-Way ANOVA*, kegunaan utama teknik ini ialah untuk menguji hipotesis yang membuktikan rata-rata sama atau tidak. Jika terdapat perbedaan akan dilanjutka dengan uji BNT. Analisis selanjutnya yang dilakukan adalah analisis kenyamanan iklim mikro. Fandeli dan Muhammad (2009) menyatakan, untuk memperoleh tingkat kenyamanan secara kuantitatif biasanya digunakan angka *Temperature Humidity Index* (THI). Menurut Dahlan (2004) satu diantara rumus yang dipakai untuk mengetahui tingkat kenyamanan yang dipakai oleh Nieuwolt sebagai berikut :

$$THI = 0,8 T + \frac{RH \times T}{500}$$

Keterangan :

THI : *Temperature Humidity Index*

T : Suhu Udara (C)

RH : Kelembaban Nisbi Udara (%)

Indeks kenyamanan di suatu lokasi dikategorikan sebagai berikut (Laurie, 1986) : THI = 21-27 (nyaman) , THI > 27 dan < 21 (tidak nyaman) dan Daerah tropis seperti Indonesia, nilai THI di atas 27 orang sudah merasakan tidak nyaman (Fandeli dan Muhammad 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Iklim Mikro di Bawah Naungan Pohon pada Berbagai Tutupan Lahan

Pohon sangat erat kaitannya dengan iklim mikro suatu daerah, mekanisme hubungan pohon dan iklim mikro adalah ketika radiasi matahari diperkotaan mengakibatkan tanah dan benda lainya menjadi panas. Tumbuhan yang tinggi dan luasan yang cukup akan mengurangi efek pemanasan tersebut. Suhu udara pada daerah pepohonan lebih nyaman daripada daerah yang tidak ditumbuhi pohon. Hal ini disebabkan, daun-daun pada pohon dapat mengintersepsi, refleksi, mengabsorbsi dan mentransmisikan sinar matahari. Efektivitasnya tergantung kepada spesiesnya, misalnya rindang, berdaun, bercabang dan beranting banyak. Setiap spesies mempunyai bentuk, karakteristik, warna, tekstur dan ukuran berbeda-beda. Pohon secara ekologis dapat membantu meningkatkan kualitas udara dengan menurunkan iklim mikro, menyerap air dan polutan udara. Pohon juga dapat menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen.

Keberadaan pohon sangat diperlukan dalam ruang terbuka hijau pada setiap tutupan lahan di perkotaan. Namun kebutuhan setiap tutupan lahan berbeda-beda sehingga jenis pohon yang dibutuhkanpun akan berbeda-beda. Pada taman kota dan perumahan dibutuhkan pohon dengan fungsi pelindung dan pohon yang memiliki naungan yang cukup, karena pada kedua kawasan ini adalah area yang biasa digunakan untuk kegiatan bersosialisasi sehingga diperlukan kondisi sejuk dan nyaman. Untuk kawasan industri, dibutuhkan pohon yang dapat mengakumulasi berbagai jenis polutan dan dapat meredam kebisingan karena pada kawasan industri tingkat pencemaran udara cukup tinggi dihasilkan dari gas buang dan debu sebagai pencemar utama sedangkan untuk kawasan CBD, dibutuhkan pohon yang dapat berfungsi sebagai peneduh, peredam kebisingan dan perlu diperhatikan bentuk dan karakteristiknya karena kawasan CBD sebagian besar berada dipinggir jalan. Berikut grafik suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari di bawah naungan pohon pada empat tutupan lahan berbeda di Kota Bitung.

1. Iklim Mikro pada Pagi Hari. Suhu udara pagi hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik Suhu Udara di Bawah Naungan Pohon pada Pagi Hari

Gambar 3 menunjukkan nilai rata-rata pada (4) empat tutupan lahan. Dari rata-rata suhu udara pagi hari di bawah naungan pohon pada tutupan lahan CBD memiliki suhu udara paling tinggi diikuti industri, perumahan dan taman kota. Rata-rata suhu udara taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah 30,55 °C; 30,80 °C; 31,80 °C dan 31,25 °C (lampiran 1). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu 29,0 °C. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara di bawah naungan pohon pagi hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 19). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 20). Kelembaban udara pagi hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik Kelembaban Udara di Bawah Naungan Pohon pada Pagi Hari

Gambar 4 menunjukkan grafik kelembaban udara di bawah naungan pohon pada empat tutupan lahan yang berbeda. Berdasarkan grafik diatas taman kota yang memiliki kelembaban udara di bawah naungan pohon paling tinggi

dibandingkan dengan tutupan lahan CBD, perumahan dan industri. Rata-rata kelembaban udara sebesar 67,25 persen untuk taman kota; 66,85 persen untuk perumahan; 66,25 persen untuk CBD dan 66,60 persen untuk industri (lampiran 2). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara di bawah naungan pohon pagi hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 21). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap kelembaban udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana taman kota, perumahan dan industri tidak ada perbedaan sedangkan CBD dan industri tidak ada perbedaan (lampiran 22). Radiasi matahari di bawah naungan pohon pada pagi hari dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Grafik Radiasi Matahari di Bawah Naungan Pohon pada Pagi Hari

Gambar 5 menunjukkan radiasi matahari di bawah naungan pohon setiap menitnya memiliki nilai hampir sama disetiap tutupan lahan. Rata-rata radiasi matahari di bawah naungan pohon di taman kota, perumahan, CBD, industri secara berturut-turut sebesar 0,05 MJm⁻²; 0,075 MJm⁻²; 0,065 MJm⁻²; 0,08 MJm⁻² (lampiran 3). Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap radiasi matahari di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan nyata radiasi matahari di bawah naungan pohon pada semua tutupan lahan (Lampiran 23).

2. Iklim Mikro pada Siang Hari. Suhu udara siang hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik Suhu Udara di Bawah Naungan Pohon pada Siang Hari

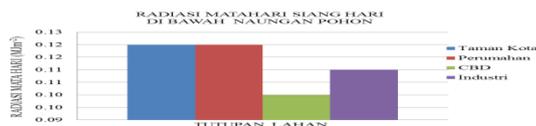
Gambar 6 menunjukkan tutupan lahan industri memiliki rata-rata suhu udara paling tinggi, diikuti tutupan lahan CBD dan perumahan sedangkan pohon yang memiliki suhu paling rendah adalah tutupan lahan taman kota. Rata-rata suhu udara dibawah naungan pohon pada kawasan taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah 31,70 °C; 32,05 °C; 33,25 °C dan 33,75 °C (lampiran 4). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu 29,0 °C. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara di

bawah naungan pohon siang hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 24). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 25). Kelembaban udara siang hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Grafik Kelembaban Udara Siang Hari di Bawah Naungan Pohon pada Siang Hari

Gambar 7 menunjukkan kelembaban udara di bawah naungan pohon yang memiliki kelembaban udara paling tinggi adalah taman kota, dan kelembaban udara terendah di bawah naungan pohon di tutupan lahan industri. Rata-rata kelembaban udara di bawah naungan pohon sebesar 63,15 persen untuk taman kota; 61,45 persen untuk perumahan; 60,45 persen untuk kawasan CBD dan 59,50 persen untuk kawasan industri (lampiran 5). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara di bawah naungan pohon siang hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 26). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap kelembaban udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 27). Radiasi matahari siang hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik Radiasi Matahari di Bawah Naungan Pohon pada Siang hari

Gambar 8 menunjukkan radiasi matahari di bawah naungan pohon memiliki radiasi matahari tertinggi di tutupan lahan perumahan. Rata-rata radiasi matahari di bawah naungan pohon sebesar 0,12 MJm⁻² untuk taman kota; 0,12 MJm⁻² untuk perumahan; 0,10 MJm⁻² untuk CBD dan 0,11 MJm⁻² untuk industri (lampiran 6). Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap radiasi matahari di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata radiasi matahari siang hari di bawah naungan pohon pada semua tutupan lahan (Lampiran 28).

3. Iklim mikro pada sore hari. Suhu udara sore hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 9.



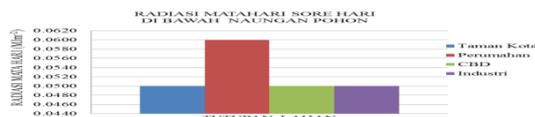
Gambar 9 Grafik Suhu Udara di Bawah Naungan Pohon pada Sore Hari

Gambar 8 menunjukkan tutupan lahan industri dan CBD memiliki suhu udara paling tinggi diikuti perumahan, dimana tutupan lahan CBD dan industri memiliki suhu udara yang hampir sama, sedangkan taman kota yang memiliki suhu paling rendah. Rata-rata suhu udara di bawah naungan pohon pada kawasan taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah 30,0 °C; 30,55 °C; 31,05 °C dan 31,10 °C (lampiran 7). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu 29,0 °C. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara di bawah naungan pohon sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 29). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 30). Kelembaban udara sore hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Grafik Kelembaban Udara di Bawah Naungan Pohon pada Sore Hari

Gambar 10 menunjukkan rata-rata kelembaban udara di bawah naungan pohon paling tinggi adalah pada taman kota, dan kelembaban udara terendah di bawah naungan pohon di tutupan lahan industri. Rata-rata kelembaban udara pohon sebesar 69,30 persen untuk taman kota; 68,65 persen untuk perumahan; 68,40 persen untuk kawasan CBD dan 68,50 persen untuk kawasan industri (lampiran 8). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara di bawah naungan pohon sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 31). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 32). Radiasi matahari sore hari di bawah naungan pohon dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Grafik Radiasi Matahari di Bawah Naungan Pohon pada Sore Hari

Gambar 11 menunjukkan radiasi matahari di bawah naungan pohon hampir sama disetiap tutupan lahan dari setiap menit. Rata-rata radiasi matahari di bawah naungan pohon sebesar 0,05 MJm⁻² untuk taman kota; 0,06 MJm⁻² untuk perumahan; 0,05 MJm⁻² untuk CBD dan 0,05 MJm⁻² untuk industri (lampiran 9). Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap radiasi matahari di bawah naungan pohon pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan nyata radiasi matahari di bawah naungan pohon sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 33). Dari gambar-gambar di atas menunjukkan radiasi matahari pada pagi hari di bawah naungan pohon di (4) empat tutupan lahan belum maksimal dan dari uji statistik tidak memberikan pengaruh nyata tetapi memberikan pengaruh terhadap suhu udara dan kelembaban udara, pengaruh tersebut masih dalam kadar kecil sehingga suhu udara masih rendah dan kelembaban udara masih tinggi, tutupan lahan CBD memiliki suhu yang paling tinggi dan kelembaban yang rendah, hal ini disebabkan pada pagi hari lahan CBD banyak menghasilkan panas dari berbagai aktifitas kendaraan. Pada siang hari radiasi matahari sudah maksimal dan suhu udara mengalami peningkatan serta kelembaban udara menurun, tutupan lahan industri memiliki suhu tertinggi dan kelembaban terendah, hal ini disebabkan aktivitas industri banyak menghasilkan panas dari berbagai kegiatan produksi dan asap pabrik yang menimbulkan panas serta sebagian besar industri berada di dataran rendah tepi pantai dan minimnya pohon, sedangkan tutupan lahan CBD memiliki suhu yang relatif tinggi disebabkan karena minimnya pohon seperti tutupan lahan industri, suhu di perumahan lebih rendah dari industri dan CBD karena sebagian besar perumahan berada di bawah gunung duasudara yang mempengaruhi iklim mikro di tutupan lahan perumahan. Berbeda halnya dengan tutupan lahan taman kota yang memiliki suhu rendah dan kelembaban udara di bawah naungan pohon tertinggi, taman kota didominasi oleh pepohonan dengan tingkat kerapatan yang cukup rapat. Pepohonan cenderung memiliki kelembaban udara yang tinggi karena aktivitas evapotranspirasi tanaman pada gerombolan pohon dapat meningkatkan kelembaban udara dan menurunkan suhu udara disekitarnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kerapatan pohon maka akan dapat mengurangi energi radiasi matahari sehingga dapat mereduksi suhu udara di sekitarnya dan kelembaban udara pada suatu daerah akan berbeda karena dipengaruhi oleh tutupan lahan (vegetasi) dan pengaruh angin.

Pada sore hari matahari mulai tenggelam diikuti dengan menurunnya suhu dan meningkatkan kelembaban, dimana tutupan lahan industri, CBD memiliki suhu udara tertinggi dan kelembaban udara terendah, hal ini disebabkan karena pada sore hari industri sudah menghentikan aktivitas tetapi pengaruh dari aktivitas sepanjang dari pagi sampai sore belum hilang, berbeda halnya dengan CBD aktivitas meningkat pada sore hari. Tutupan lahan perumahan masih dipengaruhi oleh

angin yang datang dari gunung duasudara sedangkan taman kota memiliki suhu udara yang kecil dan kelembaban besar karena taman kota banyak memiliki pohon. Pohon dapat menyesuaikan lingkungan secara aktif dengan evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi) dan secara pasif dengan melindungi permukaan dengan menaungi area di bawahnya yang dapat mengurangi gelombang pendek dari radiasi matahari (Kleerekoper dkk 2011). Apabila kelembaban udara dihubungkan dengan suhu udara, menurut Handoko (1994) dalam Fandheli dan Muhammad (2009) kelembaban udara akan lebih kecil bila suhu udara meningkat dan sebaliknya jika suhu udara lebih rendah maka kelembaban udaranya akan tinggi. Hasil interpretasi grafik juga menyatakan bahwa pohon lebih efektif mereduksi suhu dan meningkatkan kelembaban udara. Kelembaban udara menunjukkan kandungan uap air di atmosfer pada suatu saat dan waktu tertentu. Uap air di atmosfer bertindak sebagai pengatur panas (suhu udara) karena sifatnya yang dapat menyerap energi radiasi matahari gelombang pendek maupun gelombang panjang. Evaporasi dipengaruhi oleh suhu dan merupakan pertukaran antara panas laten dan panas yang terasa (sensibel). Tanaman yang tinggi, laju evapotranspirasinya lebih besar, kehilangan panas karena terjadinya evaporasi akan menyebabkan suhu di sekitar tanaman menjadi lebih sejuk (Irwan 2005). Teori ini sesuai dengan hasil analisis sehingga membuktikan bahwa pohon lebih efektif mereduksi suhu dan meningkatkan kelembaban dibandingkan dengan struktur lainnya. Penanaman sekelompok pepohonan yang berkerapatan tinggi merupakan perlindungan dalam mengurangi temperatur yang tinggi pada siang hari, sedangkan menurut Lakitan (1997) dalam Muhammad dan Chafid 2009, pada malam hari tanaman berperan sebagai penahan panas, sehingga pada malam hari suhu udara di bawah tajuk lebih hangat dibandingkan suhu udara di atas permukaan tanah terbuka (tanpa vegetasi).

Iklm Mikro Lahan Terbuka pada Berbagai Tutupan Lahan

Pengukuran iklim mikro pada empat tutupan lahan berbeda yaitu Taman Kota, CBD, Perumahan dan Industri. Pengukuran dilakukan di atas rumput/ lantai beton/aspal. Berikut grafik suhu udara, kelembaban udara dan radiasi matahari di lahan terbuka pada empat tutupan lahan berbeda di Kota Bitung.

1. Iklim mikro pada pagi hari

Pada grafik di bawah terlihat, pada tutupan lahan CBD dan industri memiliki suhu udara paling tinggi diikuti pada tutupan lahan perumahan sedangkan pohon yang memiliki suhu paling rendah adalah pohon yang berada pada tutupan lahan taman kota. Rata-rata suhu udara di lahan terbuka pada kawasan taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah 31,75 °C; 32,30 °C; 32,70 °C dan 32,65 °C (lampiran 10). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu 29.0 °C. Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara lahan terbuka pagi hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 34). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan terdapat

perbedaan (lampiran 35). Suhu udara pagi hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 Grafik Suhu Udara di Lahan Terbuka pada Pagi Hari

Gambar 12 menunjukkan grafik kelembaban udara di lahan terbuka paling tinggi adalah pada taman kota, dan kelembaban udara terendah pada tutupan lahan CBD dan Industri. Rata-rata kelembaban udara pada lahan terbuka sebesar 62,30 persen untuk taman kota; 61,65 persen untuk perumahan; 61,05 persen untuk CBD dan 61,45 persen untuk kawasan industri (lampiran 11). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara lahan terbuka pagi hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 36). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap kelembaban udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan, dimana perumahan dan industri tidak terdapat perbedaan (lampiran 37). Kelembaban udara pagi hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Grafik Kelembaban Udara di Lahan Terbuka pada Pagi Hari

Gambar 13 menunjukkan grafik radiasi matahari lahan terbuka pada empat tutupan lahan yang berbeda. Berdasarkan grafik diatas, lahan terbuka memiliki radiasi matahari hampir sama disetiap tutupan lahan. Rata-rata radiasi matahari pohon sebesar $0,48 \text{ MJm}^{-2}$ untuk taman kota; $0,475 \text{ MJm}^{-2}$ untuk perumahan; $0,475 \text{ MJm}^{-2}$ untuk CBD dan $0,465 \text{ MJm}^{-2}$ untuk industri (lampiran 12). Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap radiasi matahari lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan nyata radiasi matahari lahan terbuka pagi hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 38). Radiasi matahari pagi hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik Radiasi Matahari di Lahan Terbuka pada pagi hari

2. Iklim mikro pada siang hari

Suhu udara siang hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15 Grafik Suhu Udara di Lahan Terbuka pada Siang Hari

Gambar 15 menunjukkan tutupan lahan industri memiliki suhu udara paling tinggi dari pada tutupan lahan CBD dan perumahan sedangkan lahan terbuka yang memiliki suhu paling rendah adalah tutupan lahan taman kota. Rata-rata suhu udara di lahan terbuka pada kawasan taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah $36,20 \text{ }^\circ\text{C}$; $36,45 \text{ }^\circ\text{C}$; $37,15 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $37,40 \text{ }^\circ\text{C}$ (lampiran 13). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu $29,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara lahan terbuka siang hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 39). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 40). Kelembaban udara siang hari lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16 Grafik Kelembaban Udara di Lahan terbuka pada Siang Hari

Gambar 16 menunjukkan grafik kelembaban udara di lahan terbuka pada empat tutupan lahan yang berbeda. Berdasarkan grafik diatas yang memiliki kelembaban udara paling tinggi adalah taman kota dan perumahan, sedangkan kelembaban udara terendah di tutupan lahan industri. Rata-rata kelembaban udara sebesar 51,0 persen untuk taman kota; 51,05 persen untuk perumahan; 42,80 persen untuk kawasan CBD dan 36,65 persen untuk kawasan industri (lampiran 14). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji *F One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara lahan terbuka siang hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 41). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap kelembaban udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 42). Radiasi matahari siang hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17 Grafik Radiasi Matahari di Lahan Terbuka pada Siang Hari

Gambar 17 menunjukkan grafik radiasi matahari di lahan terbuka pada empat tutupan lahan yang berbeda. Berdasarkan grafik diatas, di bawah naungan pohon memiliki radiasi matahari hampir sama disetiap tutupan lahan. Rata-rata radiasi matahari pohon sebesar 1,41 MJm⁻² untuk taman kota; 1,405 MJm⁻² untuk perumahan; 1,42 MJm⁻² untuk CBD dan 1,41 MJm⁻² untuk industri (lampiran 15). Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan nyata radiasi matahari lahan terbuka siang hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 43).

3. Iklim mikro pada sore hari

Suhu udara sore hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18 Grafik Suhu Udara di Lahan Terbuka Pohon pada Sore hari

Gambar 18 menunjukkan tutupan lahan industri memiliki suhu udara paling tinggi dari pada tutupan lahan CBD dan perumahan sedangkan lahan terbuka yang memiliki suhu paling rendah adalah tutupan lahan taman kota. Rata-rata suhu udara lahan terbuka pada kawasan taman kota, perumahan, CBD dan industri berturut-turut adalah 30,05 °C; 30,75 °C; 31,0 °C dan 31,25 °C (lampiran 16). Rata-rata suhu udara di 4 tutupan lahan tersebut masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata suhu udara Kota Bitung dari data BMKG yaitu 29,0 °C. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara lahan terbuka sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 44). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan terdapat perbedaan (lampiran 45). Kelembaban udara siang hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19 Grafik Kelembaban Udara di Lahan Terbuka pada Sore hari

Gambar 19 menunjukkan kelembaban udara paling tinggi taman kota, dan kelembaban udara terendah di tutupan lahan CBD. Rata-rata kelembaban udara sebesar 68,05 persen untuk taman kota; 67,25 persen untuk perumahan; 66,90 persen untuk kawasan CBD dan 67,0 persen untuk kawasan industri (lampiran 17). Dari rata-rata kelembaban udara pada 4 tutupan lahan tersebut masih lebih rendah dibandingkan kelembaban udara rata-rata Kota Bitung dari data BMKG yaitu 73 persen. Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembaban udara lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H0 ditolak sehingga terdapat perbedaan nyata kelembaban udara lahan terbuka sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 46). Dari hasil uji BNT dengan taraf 0,05 terhadap suhu udara di lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan, dimana taman kota dan perumahan tidak ada perbedaan sedangkan CBD dan industri tidak ada perbedaan (lampiran 47). Radiasi matahari sore hari di lahan terbuka dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20 Grafik Radiasi Matahari di Lahan Terbuka pada Sore Hari

Gambar 20 menunjukkan grafik radiasi matahari lahan terbuka memiliki radiasi matahari hampir sama disetiap tutupan lahan. Rata-rata radiasi matahari pohon sebesar 0,22 MJm⁻² untuk taman kota; 0,21 MJm⁻² untuk perumahan; 0,22 MJm⁻² untuk CBD dan 0,215 MJm⁻² untuk industri (lampiran 18). Dari hasil uji statistik melalui uji F *One way* anova dengan taraf nyata 0,05 terhadap radiasi matahari lahan terbuka pada masing-masing tutupan lahan dimana nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan nyata radiasi matahari lahan terbuka sore hari pada semua tutupan lahan (Lampiran 46). Gambar-gambar di atas menunjukkan bahwa tutupan lahan industri, CBD dan perumahan memiliki suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara rendah bila dibandingkan dengan taman kota, hal ini disebabkan pada taman kota di lahan terbuka tanahnya ditutupi rumput, permukaan rumput yang tidak teratur dapat menghamburkan pantulan sinar matahari sehingga tidak terpantul sempurna dibandingkan dengan permukaan lantai beton atau aspal yang memantulkan sinar matahari secara sempurna dan membuat suhu udara di sekitarnya lebih panas. Selain itu, rumput memiliki kemampuan untuk menerima dan melepaskan panas lebih cepat dibandingkan penutup tanah berupa material keras seperti lantai beton dan jalan beraspal. Menurut Sangkertadi dan Syafriny (2013) Permukaan perkerasan apapun, baik aspal (berwarna gelap) maupun beton (berwarna terang), keduanya tetap beresiko menyebabkan tingginya angka suhu udara. Hal ini membuktikan bahwa suhu dan kelembaban udara pada lahan terbuka dipengaruhi oleh perbedaan keadaan

lingkungan tutupan lahan salah satunya adalah bahan yang menutupi tanah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan tutupan lahan dapat menghasilkan suhu dan kelembaban udara yang berbeda-beda.

Iklim Mikro pada Berbagai Tutupan Lahan

Hasil pengukuran yang diperoleh (gambar-gambar di atas) menunjukkan bahwa pada pagi hari suhu udara lebih rendah sedangkan kelembaban udara tinggi kemudian suhu udara akan meningkat hingga siang hari dan akan mencapai maksimum atau setelah radiasi matahari maksimum terjadi, dimana pada saat bersamaan kelembaban udara akan turun. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan oleh Handoko (1993) yang menyatakan bahwa pada variasi diurnal suhu maksimum tercapai sekitar pukul 14.00 waktu setempat yaitu setelah radiasi matahari maksimum terjadi karena adanya pemanasan udara yang masih berlangsung terus meskipun radiasi surya maksimum telah terjadi sekitar pukul 12.00 waktu setempat. Tjasyono (2008) juga menjelaskan bahwa peningkatan suhu udara pada variasi diurnal berkaitan dengan posisi/tingginya matahari yang kemudian akan mempengaruhi penyebaran radiasi matahari yang dapat memanaskan suhu udara dan menurunkan kelembaban udara. Semakin menuju siang hari maka posisi matahari akan semakin tinggi. Jika matahari tinggi maka radiasi yang jatuh hampir tegak lurus pada permukaan bumi sehingga radiasi akan disebarkan di dalam area yang lebih sempit. Suhu udara pada sore hari dari hasil pengamatan yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu udara di seluruh wilayah kajian akan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan siang hari, sedangkan kelembaban udara akan meningkat lagi pada sore hari. Kondisi tersebut dikarenakan perubahan posisi matahari yang semakin rendah pada sore hari dibandingkan pada siang hari. Jika matahari rendah maka sinar matahari akan melalui atmosfer yang lebih tebal dimana terjadi banyak hamburan dan penyerapan serta penyebaran radiasinya terjadi dalam area yang lebih luas (Tjasyono, 2008). Selain itu Handoko (1993) menjelaskan bahwa ketika suhu udara telah mencapai maksimum di siang hari maka suhu udara akan turun kembali hingga mencapai suhu minimum di pagi hari (sekitar pukul 04.00 waktu setempat). Hal ini disebabkan karena setelah suhu maksimum tercapai maka radiasi yang keluar akan lebih besar dari radiasi yang datang sehingga radiasi yang datang yang digunakan untuk memanaskan suhu udara di sore hari akan menjadi semakin sedikit dibandingkan pada siang hari. Penurunan suhu udara sore di Kota Bitung yang begitu cepat disebabkan oleh keberadaan hutan lindung gunung klabat di sebelah barat Kota Bitung, dimana radiasi yang datang pada sore hari terhalang oleh Hutan Lindung Gunung Klabat yang mempengaruhi cepat turun suhu udara dan meningkatnya kelembaban udara sore hari di Kota Bitung.

Suhu udara pada pagi, siang dan sore hari di bawah naungan pohon lebih rendah bila dibandingkan dengan suhu pada lahan terbuka (rumput dan lantai beton), hal ini sejalan dengan hasil penelitian iklim mikro (suhu udara) pada taman kota di Jakarta oleh Destriana (2013) menunjukan bahwa suhu udara di bawah naungan pohon pada siang hari lebih rendah bila dibandingkan dengan di atas rumput, serta hasil penelitian Sangkertadi dan Syafriny (2013) bahwa suhu udara yang diukur pada ketinggian 1,5 meter di atas permukaan beton pada pagi hari manusia merasa tidak nyaman serta pada siang hari merasa sakit. Daerah yang tertutup tegakan pohon

akan mempunyai kelembaban yang relatif tinggi, sedangkan keadaan tanah yang kering (pasir, kerikil, dan sejenisnya) cenderung menimbulkan suhu tinggi dan kelembaban yang rendah (Pudjiharta 1980 dan Laurie 1990 dalam Muhammad dan Chafid 2009). Rumput, lantai beton dan aspal memiliki suhu udara tinggi karena secara langsung menerima sinar matahari tanpa adanya naungan dan adanya pantulan sinar matahari dari rumput, lantai beton dan aspal sedangkan pohon akan memberikan pengaruh terciptanya *cooling effect* di sekitar dengan menurunkan suhu udara dan meningkatkan nilai kelembaban relatif (Oliveira *et al.* 2012; Cohen *et al.* 2010; Shahidan *et al.* 2010). Dari gambar-gambar di atas terlihat bahwa suhu udara dari hasil penelitian diatas lebih tinggi dari suhu rata-rata Kota Bitung yaitu 29 °C (data BMKG), begitu juga dengan kelembaban udara masih di bawah dari kelembaban rata-rata 73 % (data BMKG), hal ini menunjukkan bahwa vegetasi di 4 tutupan lahan belum efektif mereduksi suhu dan meningkatkan kelembaban udara. Dari 4 tutupan lahan tersebut, taman kota memiliki suhu yang terendah dan kelembaban tertinggi baik pagi, siang maupun sore, dari hasil pengamatan vegetasi di taman kota masih kurang rapat dan perlu di tambah vegetasi.

Kenyamanan dari segi Iklim Mikro

Hasil penelitian ini selain mengetahui perbedaan iklim mikro pada empat tutupan lahan berbeda, di analisis pula tingkat kenyamanan yang ditentukan dari hasil pengukuran iklim mikro pada keempat tutupan lahan tersebut. Suhu udara dan kelembaban udara sangat berpengaruh terhadap aktivitas pengguna kawasan. Lingkungan yang nyaman dapat dirasakan pengguna untuk memenuhi kebutuhan fisik pengguna. Untuk menyatakan rasa nyaman tersebut secara kuantitatif maka diperlukan pengukuran THI (*Temperature Humidity Indeks*). Nilai hasil pengukuran iklim mikro berupa suhu udara, kelembaban udara dilakukan pada setiap tutupan lahan (industri, pemukiman, CBD dan taman kota) dengan 2 (dua) tempat pengambilan data di bawah naungan pohon dan lahan terbuka, menghasilkan nilai THI yang bervariasi. Kategori kenyamanan pada delapan lokasi pengamatan dilihat pada tiga waktu yang berbeda yaitu pagi hari, siang hari, sore hari.

1. Kenyamanan dari segi Iklim Mikro pada Pagi Hari

Dari hasil pengukuran suhu udara dan kelembaban udara pada pagi hari di setiap tutupan lahan (industri, pemukiman, CB, taman kota) dengan 2 (dua) tempat pengambilan data di bawah naungan pohon dan lahan terbuka dan hasil pengukuran THI dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengukuran THI Pada Pagi Hari

No	Kawasan	Struktur Vegetasi	Faktor THI		THI	Kategori
			Suhu Udara (°C)	RH (%)		
1	Taman Kota	Pohon	30,5	67,2	28,5	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	31,7	62,3	29,4	Tidak Nyaman
2	Perumahan	Pohon	30,8	66,9	28,8	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	32,3	61,7	29,8	Tidak Nyaman
3	CBD	Pohon	31,8	66,3	29,6	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	32,7	61,1	30,1	Tidak Nyaman
4	Industri	Pohon	31,3	66,6	29,2	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	32,6	61,5	30,1	Tidak Nyaman

Tabel 1 menunjukkan nilai THI pada setiap struktur vegetasi di semua tutupan lahan. Dapat dilihat bahwa di semua tutupan lahan tidak ada yang termasuk dalam kategori nyaman, hal ini disebabkan oleh keadaan suhu udara rata – rata pada semua tutupan lahan berkisar antara 30,5 - 32,7°C. Sedangkan untuk kisaran kelembaban udara di semua tutupan lahan adalah 61,5 - 67,2 %. Semua tutupan lahan pada lahan terbuka memiliki THI yaitu 29,4 – 30,1, sedangkan THI di bawah naungan pohon di tutupan lahan taman kota memiliki THI yang paling rendah yaitu 28,5 dan yang tertinggi 29,6 di CBD.

2. Kenyamanan dari segi Iklim Mikro pada Siang Hari

Dari hasil pengukuran suhu udara dan kelembaban udara pada siang hari di setiap tutupan lahan (industri, pemukiman, CB, taman kota) dengan 2 (dua) tempat pengambilan data di bawah naungan pohon dan lahan terbuka dan hasil pengukuran THI dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengukuran THI Pada Siang Hari

No	Kawasan	Struktur Vegetasi	Faktor THI		THI	Kategori
			Suhu Udara (°C)	RH (%)		
1	Taman Kota	Pohon	31,7	63,2	29,4	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	36,2	51,0	32,7	Tidak Nyaman
2	Perumahan	Pohon	32,1	61,4	29,6	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	36,5	47,5	32,7	Tidak Nyaman
3	CBD	Pohon	33,2	60,5	30,6	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	37,1	42,8	32,9	Tidak Nyaman
4	Industri	Pohon	33,8	59,5	31,0	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	37,4	36,7	32,6	Tidak Nyaman

Tabel 2 menunjukkan nilai THI pada setiap struktur vegetasi di semua tutupan lahan. Dapat dilihat bahwa di semua tutupan lahan tidak ada yang termasuk dalam kategori nyaman, hal ini disebabkan oleh keadaan suhu udara rata – rata pada semua tutupan lahan berkisar antara 31,7 - 37,4°C. Sedangkan untuk kisaran kelembaban udara di semua tutupan lahan adalah 36,7 - 65,8 %. Tutupan lahan taman kota pada lahan terbuka memiliki THI yang paling rendah yaitu 29,4, sedangkan THI di bawah naungan pohon di Tutupan Lahan Taman Kota memiliki THI yang paling rendah yaitu 29,4

3. Kenyamanan dari segi Iklim Mikro pada Sore Hari

Dari hasil pengukuran suhu udara dan kelembaban udara pada siang hari di setiap tutupan lahan (industri, pemukiman, CB, taman kota) dengan 2 (dua) tempat pengambilan data di bawah naungan pohon dan lahan terbuka dan hasil pengukuran THI dapat dilihat pada tabel .

Tabel 3 Hasil Pengukuran THI Pada Sore Hari

No	Kawasan	Struktur Vegetasi	Faktor THI		THI	Kategori
			Suhu Udara (°C)	RH (%)		
1	Taman Kota	Pohon	30,0	69,3	28,2	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	30,1	68,1	28,1	Tidak Nyaman
2	Perumahan	Pohon	30,6	68,7	28,7	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	30,7	67,3	28,7	Tidak Nyaman
3	CBD	Pohon	31,0	68,4	29,1	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	31,1	66,9	29,0	Tidak Nyaman
4	Industri	Pohon	31,1	68,5	29,1	Tidak Nyaman
		Lahan terbuka	31,2	67,8	29,2	Tidak Nyaman

Tabel 3 menunjukkan nilai THI pada setiap struktur vegetasi di semua tutupan lahan. Dapat dilihat bahwa di semua tutupan lahan tidak ada yang termasuk dalam kategori nyaman, hal ini disebabkan oleh keadaan suhu udara rata – rata pada semua tutupan lahan berkisar antara 30,0 - 31,2°C. Sedangkan untuk kisaran kelembaban udara di semua tutupan lahan adalah 66,9 - 69,3 %. Semua tutupan lahan pada lahan terbuka memiliki THI yaitu 28,1 – 29,2 sedangkan HTI di bawah naungan pohon di tutupan lahan taman kota memiliki THI yang paling rendah yaitu 28,2. Suatu tempat dikategorikan nyaman bila memiliki nilai THI 21 - 27, jika > 27 maka dikategorikan tidak nyaman. Pada tabel, struktur vegetasi yang memiliki nilai THI paling rendah pada kawasan taman kota, hal ini dikarenakan pada kawasan taman kota masih di dominasi oleh vegetasi sehingga menyebabkan pepohonan pada kawasan ini mampu mereduksi suhu dan merendahkan nilai THI.. Tingkat kenyamanan paling baik secara keseluruhan di setiap kawasan rata-rata berada pada struktur vegetasi pohon. Pohon dapat meningkatkan aktivitas evapotranspirasi sehingga dapat menurunkan suhu udara dan menaikkan kelembaban udara disekitarnya. Selain itu, pohon memiliki tajuk yang berfungsi menyebarkan sinar matahari yang masuk sehingga suhu udara di bawah naungan pohon lebih rendah bila dibandingkan dengan vegetasi yang lain.

Kawasan taman kota memiliki nilai THI paling rendah. Hal ini karena pada taman kota masih didominasi oleh vegetasi sehingga memiliki nilai THI yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kawasan lainnya. Nilai THI tertinggi terdapat pada kawasan industri. Hal ini dikarenakan pada kawasan industri aktivitas produksi cenderung menimbulkan panas dan polusi sehingga menyebabkan rasa tidak nyaman pengguna bila berada terlalu lama pada kawasan ini. Selain itu, bangunan dan pabrik yang mendominasi lingkungan industri menyebabkan semakin panasnya kawasan industri artinya kawasan industri paling tidak nyaman dibandingkan dengan tiga kawasan lain yaitu taman kota, CBD dan perumahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingginya nilai THI selain dari faktor lingkungan seperti arah pergerakan udara dan lokasi pengambilan data. Berdasarkan hasil yang didapat maka Kota Bitung dapat dikatakan memiliki kategori sebagai tidak nyaman. Penambahan pohon di Kota Bitung perlu dilakukan untuk memperbaiki kondisi kenyamanannya. Hal tersebut karena dari hasil yang didapat pada penelitian ini menunjukkan bahwa pohon memiliki pengaruh positif terhadap kenyamanan manusia. Naungan yang diberikan oleh pohon akan memberikan nilai THI yang lebih kecil (lebih nyaman) dibandingkan dengan kawasan lahan terbuka. Oleh karena itu keberadaan pohon di perkotaan sangat penting untuk mengendalikan iklim mikro di perkotaan sehingga mendukung kondisi yang lebih nyaman di sebuah kota khususnya Kota Bitung.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain : Berdasarkan hasil pengukuran iklim mikro yang dilakukan pada empat tutupan lahan yang berbeda yaitu pada taman kota, CBD, perumahan dan industri, hasil penelitian ini membuktikan bahwa ada perbedaan nilai rata-rata suhu udara dan kelembaban udara. Hal ini membuktikan perbedaan

lingkungan disetiap tipe tutupan lahan berpengaruh terhadap iklim mikro di Kota Bitung. Tipe tutupan lahan yang mempunyai suhu udara yang paling rendah dan kelembaban udara yang paling tinggi adalah taman kota. Taman kota di Kota Bitung sangat minim, hal ini akan menyebabkan suhu udara akan semakin meningkat disaat akan datang serta akan terbentuk pulau panas perkotaan (*urban heat island*). Berdasarkan nilai THI (*Temperature Humidity Indeks*) yang dipakai oleh Nieuwolt, semua tutupan lahan baik taman kota, CBD, perumahan dan industri dikategorikan tidak nyaman. Tipe tutupan lahan yang memberikan kenyamanan paling tinggi di Kota Bitung adalah taman kota. Keberadaan taman kota yang memadai pada setiap perkotaan mempengaruhi kenyamanan suatu kawasan karena semakin banyak taman kota akan meningkatkan kenyamanan pekotaan dari segi iklim mikro.

Saran

Disarankan kepada pihak terkait sebaiknya taman kota yang ada di Kota Bitung harus dipertahankan serta ada penambahan jumlah taman kota dengan luas yang representatif. Taman kota agar dimanfaatkan sebaik-baiknya dengan cara merencanakan dan mendesain taman kota dengan struktur vegetasi yang sesuai sehingga keberadaan kota memberikan kenyamanan bagi warga kota. Peneliti juga berharap metode penelitian pada penelitian selanjutnya sebaiknya diukur juga kecepatan angin dan menggunakan persamaan kenyamanan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianto, M. C. 2011. *Penghijauan sebagai Salah Satu Cara Mengatasi Permasalahan Kota*. [terhubung berkala]. <http://chusnan.web.ugm.ac.id/>. [12 Desember 2016].
- Asteriani, F. 2005. *Analisis Peringkat Faktor-Faktor Pemilihan Lokasi Ruko Dari Sudut Pandang Pengguna dan Pengembang Ruko Di Kota Pekanbaru*. Tesis S-2 MPKD, UGM. Yogyakarta
- Barus, S. 1997. *Hutan Rakyat, Hutan Untuk Masa Depan*. Yayasan Lestari Budaya. Jakarta.
- Dahlan E.N. 2004. *Membangun Kota Kebun (Garden City) Bernuansa Hutan Kota*. Bogor: IPN Press.
- Darmawan, A. 2002. *Perubahan Penutupan Lahan di Cagar Alam Rawa Danau*. Tesis S-2. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Destriana N, 2013 Pengaruh Struktur Vegetasi Terhadap Iklim Mikro Di Berbagai *Land Use* Di Kota Jakarta. <http://repository.ipb.ac.id>. Diakses tanggal 2 Januari 2017.
- Dirjen Penataan Ruang. 2007. *Ruang Terbuka Hijau Sebagai Unsur Utama Tata Ruang Kota*. Dirjen Penataan Ruang.
- Dwiyono, B. 2009. *Pembangunan Pariwisata Berbasis Masyarakat*. UNS Press. Surakarta.
- Hakim, R dan H. Utomo. 2003. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap Prinsip-Unsur dan Aplikasi Disain*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Haryono. 2011. *Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Hidayati, R. 2001. *Masalah Perubahan Iklim di Indonesia Beberapa*. Program Pasca Sarjana / S-3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Joga, N dan I. Iswan. 2011. *RTH 30%! Resolusi (Kota) Hijau*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Laurie, M. 1986. *Pengantar Kepada Arsitektur Pertamanan (terjemahan)*. Intermata. Bandung.
- Lillesand, T. dan R. Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons. New York.
- Murdiyarto, D. 2003. *Pemodelan Sistem Iklim*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Oliveira S, Andrade H, Vaz T. 2011. The Cooling Effect of Green Spaces as a Contribution to the Mitigation of Urban Heat: A Case Study in Lisbon. *J Building and Environment* 46:2186-2194.
- Rafi'I, S. 1995. *Meteorologi dan Klimatologi*. Angkasa. Bandung.
- Sangkertadi dan R. Syafriny, 2012. Perbandingan Pengaruh Suhu Lingkungan Pada Kenyamanan Termis di Ruang Luar dan Ruang Dalam Diiklim Tropis Lembab bagi Manusia Beraktivitas Moderat. <http://ejournal.unsrat.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2017.
- Sangkertadi dan R. Syafriny, 2013. Panas Dan Kenyamanan Iklim Mikro Akibat Sifat Bahan Perkerasan Pelapis Permukaan Ruang Luar Di Daerah Beriklim Tropis Lembab. <http://ejournal.unsrat.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2017.
- Simonds, J. O. 1983. *Landscape Architecture*. Mc Graw-Hill. New York.
- Suheri. 2002. *Hutan dan Kebun Sebagai Sumber Pangan Nasional*. Kanisius. Yogyakarta.
- Trenberth, K.; J. T. Houghton and Filho. 1995. *The Climate System : an Overview*. In: *Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working group I to the Second Assesment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Trewartha, G.T ; L. HHorn. 1995. *Pengantar Iklim*. UGM Press. Yogyakarta.
- Tursilowati, L. 2007. *Use of Remote Sensing and GIS to Compute Temperature Humidity Index as Human Comfort Indicator Relate With Tipe Tutupan Lahan-Land Cover Change (LULC) in Surabaya*. Jurnal Ilmiah.
- Wijaya. 2004. *Kebijakan Pembangunan Daerah Dalam era Otonomi*. P2E-LIPI. Jakarta
- Winarso, P. A. 2003. *Pengelolaan Bencana Cuaca dan Iklim untuk masa mendatang*. KLH. Jakarta.