

ANALISIS KENYAMANAN TERMAL RUANG LUAR DI KAWASAN KAMPUS UNSRAT

Jefri Muhaling¹⁾, Veronika A. Kumurur²⁾, Chyntia Wuisang³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Arsitektur Pascasarjana Unsrat

²⁾(Staf Pengajar Program Studi Arsitektur Pascasarjana Unsrat)

³⁾(Staf Pengajar Program Studi Arsitektur Pascasarjana Unsrat)

ABSTRAK

Kenyamanan termal merupakan suatu kebutuhan bagi pelaku aktifitas pada ruang luar. Sebagai suatu wadah aktifitas, ruang luar pada kawasan kampus unsrat tentunya harus mampu menciptakan situasi nyaman secara termal bagi pelaku aktifitas. Untuk itu perlu adanya identifikasi serta kajian tentang kawasan luar ruang yang nyaman maupun tidak nyaman secara termal. Salah satu cara mengidentifikasi kenyamanan termal pada suatu kawasan/lahan melalui pemetaan adalah dengan metode *Geographic Information System* (GIS). Berdasarkan pengukuran di 108 titik yang dipetakan dengan menggunakan Metode GIS, kenyamanan termal ruang luar pada kawasan Kampus Unsrat Manado, berada pada tingkat kenyamanan kategori agak panas (70,192%), panas (28,152%) dan sangat panas (1,656%). Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa nilai persentase perbandingan luas tutupan lahan berupa pohon dan bangunan mempengaruhi nilai kenyamanan termal. Semakin tinggi angka persentase tutupan pohon akan semakin besar tingkat kenyamanan termal ruang luar. Sebaliknya semakin tinggi tutupan bangunan pada lahan akan semakin rendah tingkat kenyamanan termal. Faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang luar yaitu tinggi bangunan dan material dinding serta jendela pada bangunan.

Kata Kunci: Kenyamanan Termal, Ruang Luar, Kampus Unsrat, Geografi Information System

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ruang Luar yang merupakan wadah aktifitas manusia tentunya harus mampu menciptakan situasi nyaman bagi pelaku aktifitas di dalamnya. Untuk itu, sebelum menata suatu kawasan ruang luar yang nyaman perlu diidentifikasi bagian-bagian mana dari kawasan tersebut yang secara alamiah nyaman untuk beraktifitas. Salah satu identifikasi lahan ruang luar adalah melalui pemetaan. Hasil identifikasi lahan lahan ruang luar dapat dijadikan dasar bagi pemilik lahan, perencana maupun pihak pemerintah dalam menentukan perlakuan terhadap lahan tersebut. Melalui pemetaan, kita dapat mengidentifikasi dan menganalisa area mana saja dari lahan ruang luar tersebut nyaman maupun tidak nyaman secara termal untuk beraktifitas.

Salah satu cara mengidentifikasi lahan ruang luar adalah melalui pemetaan dengan metode *Geographic Information System* (GIS) atau Sistem Informasi Geografis. GIS merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengelola data spasial atau data yang bereferensi geografis. Data spasial bereferensi geografis adalah setiap data yang merujuk lokasi di permukaan bumi misalnya data kepadatan penduduk suatu daerah, data jaringan jalan, jaringan listrik, drainase kotadan sebagainya. Karena pemetaan dengan menggunakan sistem GIS dilakukan secara digital/komputerisasi, maka proses pengolahan hingga akses semua data yang diinput menjadi lebih mudah dan terintegrasi.

Kawasan Kampus Unsrat Manado merupakan salah satu kawasan yang terdapat aktifitas pada ruang luarnya. Baik aktifitas mahasiswa, dosen, dan pegawai maupun masyarakat yang datang berkunjung. Aktifitas yang dilakukan berupa berjalan dari bangunan satu ke bangunan yang lain, duduk santai, berolah raga, dll. Berbagai aktifitas yang dilakukan pada ruang luar tersebut tentunya membutuhkan keadaan yang nyaman, termasuk kenyamanan secara termal. Karenanya, perlu adanya identifikasi dimana saja kawasan ruang luar yang nyaman maupun tidak nyaman secara termal untuk beraktifitas.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, yaitu : Perlu adanya identifikasi dan kajian terhadap kawasan ruang luar Kampus Unsrat Manado, serta mengkaji/menganalisis area-ruang luar yang perlu ditata agar nyaman secara termal untuk beraktifitas. Berdasarkan rumusan masalah ini maka pertanyaan penelitian yaitu sebagai berikut:

- 1) Pada area mana ruang luar Kampus Unsrat Manado yang termasuk karegori nyaman maupun belum nyaman secara termal sesuai skala persepsi kenyamanan termal dan bagaimana hasil pemetaan terhadap tingkat kenyamanan Termal pada ruang luar tersebut.
- 2) Bagaimana penataan kawasan ruang luar yang kategori belum nyaman agar menjadi lebih nyaman secara termal.

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- 1) Mengetahui dan mengidentifikasi ruang luar di kawasan Kampus Unsrat Manado yang nyaman secara termal melalui pengukuran dan pemetaan dengan metode GIS..
- 2) Menganalisis keadaan ruang luar di kawasan Kampus Unsrat Manado agar didapat solusi penyelesaian masalah kenyamanan termal ruang luar.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu :

- 1) Dapat mengetahui kawasan ruang luar di kawasan Kampus Unsrat Manado yang nyaman secara termal untuk beraktifitas.
- 2) Untuk memberi masukan kepada Pemerintah maupun instansi terkait, tentang lokasi/area yang nyaman maupun belum nyaman secara termal dalam rangka membangun dan menata kawasan ruang luar di kampus Unsrat Manado.
- 3) Dapat memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan, di bidang Arsitektur.

KAJIAN PUSTAKA

A. Kenyamanan Termal

1. Pengertian Kenyamanan Termal

Kenyamanan Termal menurut Fangger (1970) Sebagaimana juga ASHRAE (American Standard Of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers-ASHRAE Standard 55) dalam Sangkertadi, (2013: 75). adalah suatu kondisi rasa puas dari seseorang menghadapi lingkungan termisnya atau dengan kata lain adalah situasi dengan absennya rasa tidak nyaman. Standar ISO 7730 (2003) juga mendefinisikan kenyamanan termal sebagai "suatu kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan dengan lingkungan termal".

Dalam teori kenyamanan termal, sensasi termal (*thermal sensation*) dalam wujud rasa dingin atau rasa panas yang dirasakan oleh tubuh manusia sesungguhnya merupakan wujud respon dari sensor perasa yang terdapat pada kulit terhadap stimulasi temperatur yang ada pada lingkungan sekitar (C. Amin, 2004). Ketika melaksanakan aktifitas, manusia tentunya menginginkan kondisi yang nyaman secara termal. Kondisi panas yang berlebihan di sekeliling tempat beraktifitas dapat mengakibatkan rasa letih, mengantuk, ataupun mengurangi konsentrasi kerja.

2. Faktor Penentu Kenyamanan Termal pada Ruang Luar

Kenyamanan termal seseorang secara umum dipengaruhi oleh dua faktor yaitu Faktor lingkungan (kecepatan angin, temperatur udara, suhu radiasi dan kelembaban udara) serta Faktor Individu (aktifitas dan pakaian yang digunakan)

a. Kondisi Iklim

1) Kecepatan Angin

Angin adalah perpindahan udara dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Kecepatan angin adalah laju pergerakan udara pada suatu titik, tanpa memperhatikan arah. Kecepatan angin diukur dengan Anemometer.

2) Suhu udara

Suhu udara adalah suhu rata-rata udara sekitarnya penghuni. Terdiri dari suhu konvektif dan radiatif. Gabungan suhu konvektif dan suhu radiatif disebut suhu resultan (*T_{res}*) atau suhu operatif. Untuk menghitung suhu resultan persamaannya sebagai berikut: x_{y^2}

$$T_{res} = \frac{h_c T_a + h_r T_r}{h_c + h_r} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dimana ;

T_{res} = suhu resultan

T_a = suhu udara

T_r = suhu radiasi

H_c = koefisien kalor konvektif

Hr = koefisien kalor radiatif

3) Suhu radiasi bola hitam dan Suhu radiasi rata-rata

Suhu radiasi bola hitam diukur dengan *Globe Thermometer*. Melalui thermometer yang ada pada *Globe Thermometer*, suhu radiasi (T_g) yang diterima oleh bola tembaga hitam diukur. Melalui pengukuran suhu radiasi (T_g) dan kecepatan angin, angka suhu radiasi rata-rata dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_{rm} = T_g + 2.8 (T_g - T_a) \sqrt{v} \dots\dots\dots (2-2)$$

4) Kelembaban udara

Kelembaban udara adalah rasio dari jumlah uap air di udara. Salah satu penyebab tingginya kelembaban udara adalah tingginya curah hujan. Kelembaban udara dapat diukur dengan pendekatan kelembaban udara mutlak (kg atau g), yakni berat uap air/berat udara kering dan kelembaban relatif (%) yakni jumlah uap air dalam udara yang bersuhu dan tekanan tertentu. Untuk menghitung kelembaban relatif digunakan formulasi kelembaban relatif:

$$RH = \frac{AH}{SH} \times 100$$

Dimana

- RH = kelembaban relatif (%)
- AH = kelembaban absolut (kg/kg)
- SH = kelembaban saturasi

Atau

$$RH = \frac{PV}{PVS} \times 100$$

Dimana

- RH = kelembaban relatif (%)
- PV = tekanan uap pada suhu tertentu (Pa)
- SH = tekanan uap jenuh pada suhu tertentu (Pa)

b. Faktor Individu

Selain faktor iklim, faktor individu seseorang turut mempengaruhi tingkat kenyamanan termal. Faktor individu yang dimaksud berupa jenis pakaian yang digunakan serta aktifitas yang dilakukan.

3. Formulasi dan Perhitungan Kenyamanan Termal pada ruang luar

Ada berbagai formula yang dapat digunakan sebagai referensi untuk menghitung kenyamanan termis manusia di suatu lingkungan iklim mikro. Diantaranya adalah Fanger (1970), ASHRAE Fundamental, ISO 7730 (2003), dll. Sangkertadi (2011) mereferensikan bahwa terdapat perbedaan skala kenyamanan termis antara manusia berada di dalam ruang dan luar ruang, meskipun keduanya mendapatkan penetrasi iklim yang sama. Menurutnya, ada pengaruh signifikan kecepatan angin pada rasa nyaman termis manusia, misalnya hasil studi oleh Arens dan Ballanti (1997).

Sangkertadi (2013) merumuskan Persamaan untuk menghitung persepsi kenyamanan termal di ruang luar beriklim lembab untuk aktifitas manusia yang berjalan normal dan berpakaian tipe tropis adalah :

$$YJS = -3.4 - 0.36v + 0.04Ta + 0.08Tg - 0.01HR + 0.96 Adu \dots\dots\dots (2-12)$$

Sedangkan untuk aktifitas manusia yang duduk santai berpakaian tropis adalah:

$$YD = -7.91 - 0.52 v + 0.047 Ta + 0.167Tg - 0.0007HR + 1.43 Adu$$

Dimana :

- YJS = Persepsi Kenyamanan termis (jalan santai)
- YD = Persepsi Kenyamanan termis (Duduk)
- V = Kecepatan Angin menyentuh tubuh (m/s)
- Ta = Suhu Udara ($^{\circ}C$)
- Tg = Suhu Radiasi Bola Hitam ($^{\circ}C$)
- HR = Kelembaban Relatif (%)
- Adu = Luas Kulit Tubuh (m^2)

Penerapan formulasi ini memerlukan data iklim lokal serta data diri pelaku kegiatan. Data iklim lokal meliputi kecepatan angin yang menyentuh tubuh, suhu udara serta suhu bola hitam (T_g /Globe Temperature). Sedangkan data diri pelaku aktifitas berupa luas kulit tubuh.

Untuk mendapatkan nilai Suhu Bola Hitam Tg, berlaku persamaan yang terdiri dari beberapa tahapan.

$$Tg = \frac{B+CTa+7680000}{C+256000}$$

Dimana : Ta = suhu udara (°C)

Dengan

$$B = S \left(\frac{fdb}{4\sigma \cos(z)} + \frac{1.2}{\sigma} f dif \right) + \epsilon a Ta^4$$

Dimana :

S	=	Radiasi matahari (W/m ²)
fdb	=	fraksi (persentase) sinar matahari langsung
fdif	=	fraksi (persentase) sinar matahari difus
σ	=	bilangan Boltzman: 5.67 x 10 ⁻⁸
Z	=	sudut zenit matahari (derajat)

$$C = \frac{hv^{0.58}}{d5.3865 \times 10^{-8}}$$

$$\epsilon a = 0.575ea \left(\frac{1}{7} \right)$$

Dimana:

h	=	koefisien transfer kalor konvektif (W/m ² °C)
v	=	kecepatan angin (m/s)

$$ea = \left(\frac{17.67(Td-Ta)}{Td+243.5} \right) \times (1.0007 + 0.00000346P) \times 6.122 \exp \left(\frac{17.502Ta}{240.97+Ta} \right)$$

Dimana:

Td	=	suhu udara pada titik jenuh (dewpoint temperature) °C
P	=	tekanan barometrik udara 101352 pascal

$$h = 12.1\sqrt{v}$$

B. Ruang Terbuka

Dalam bukunya Tata Ruang Luar 1, Prabawasari dan Suparman menyatakan ruang luar adalah: Ruang yang terjadi dengan membatasi alam hanya pada bidang alas dan dindingnya, sedangkan atapnya dapat dikatakan tidak terbatas; Sebagai lingkungan luar buatan manusia, yang mempunyai arti dan maksud tertentu dan sebagai bagian dari alam; Arsitektur tanpa atap, tetapi dibatasi oleh dua bidang: lantai dan dinding atau ruang yang terjadi dengan menggunakan dua elemen pembatas. Hal ini menyebabkan bahwa lantai dan dinding menjadi elemen penting di dalam merencanakan ruang luar.

1. Elemen Ruang Luar

Untuk menata suatu ruang luar, maka umumnya seorang arsitek haruslah mengingat atau memperhatikan elemen-elemen desain di dalamnya. Hal ini bertujuan memberikan suatu kesan komposisi yang paling ideal di dalam suatu perancangan yang diinginkan (Hakim, 1987).

Elemen-elemen perancangan secara visual yang menonjol untuk mendukung perancangan ruang luar atau desain lansekap dapat dikategorikan menjadi 4 bagian, yaitu : skala, tekstur, bentuk, dan warna. Sedangkan elemen-elemen lingkungan yang harus dipertimbangkan dalam perancangan ruang luar atau desain lansekap, diantaranya adalah pembatas ruang, sirkulasi, tata hijau (Hakim, 1987).

2. Ruang Terbuka

Yoshinobu Ashihara (1974) dalam Ruang luar merupakan definisi umum, termasuk di dalamnya ruang terbuka. Ruang terbuka merupakan bagian ruang luar yang mempunyai batas-batas tertentu juga terdapat fungsi, maksud dan kehendak manusia. Batas-batas itu ditandai oleh *frame* yang disebut di atas. Yoshinobu Ashihara (1974) juga menyebutkan bahwa pandangan kita ke dalam *frame* menjadi ruang positif. Dan ruang di luar *frame* tersebut bersifat meluas dan tak terhingga, disebut sebagai ruang negatif.

Rustam Hakim (1987) dalam buku Unsur Perancangan dalam Arsitektur Lansekap menyatakan ruang terbuka pada dasarnya merupakan suatu wadah yang dapat menampung kegiatan aktivitas tertentu dari warga lingkungan tersebut baik secara individu atau secara berkelompok.

METODE PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode penelitian kuantitatif dengan teknik Survei dengan observasi langsung ke lokasi penelitian, dan melakukan pemetaan kawasan dengan menggunakan *Geografi Information Sistem (GIS)*.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kawasan Kampus Unsrat Manado, dengan studi kasus kawasan dengan aktivitas manusia berjalan santai.

3. Metode Pengumpulan Data

Populasi penelitian yaitu lokasi Ruang Luar Kampus Unsrat Manado, sedangkan Sampel penelitian diambil dengan metode purposive sampling, dimana sampel data dipilih berdasarkan jenis area yang dapat menggambarkan ruang luar luar Kampus Unsrat Manado, dibatasi dengan sampel ruang dengan aktivitas orang berjalan santai sesuai dengan rumus perhitungan kenyamanan termal yang akan digunakan.

4. Instrumen dan Analisis yang digunakan

Instrumen / Alat yang digunakan digunakan berupa:

- a) Jam untuk mengetahui waktu pengukuran
- b) Kamera untuk mendokumentasikan pelaksanaan pengukuran
- c) Global Positioning System (GPS) untuk mengetahui posisi koordinat titik pengukuran
- d) Anemometer untuk mengukur Kecepatan Angin menyentuh tubuh (m/s)
- e) Themometer untuk mengukur Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$)
- f) Globe Thermometer untuk mengukur Suhu Radiasi Bola Hitam ($^{\circ}\text{C}$)
- g) Hygrometer untuk mengukur Kelembaban Relatif (%)
- h) Laptop(beserta *Software ArcGIS 10.3*) untuk mengolah hasil pengukuran menjadi peta

HASIL PENELITIAN

A. Pemetaan Area Penelitian

1. Peta Area Penelitian

Peta area penelitian merupakan peta dasar untuk penelitian dan pengolaha data. Peta area penelitian (kawasan kampus unsrat Manado) awalnya diambil dari *Google Earth*, sebagai dasar pengolahan/digitasi pada ArcGIS 10.3.. Peta ini diambil dan disimpan dalam format JPG.



Gambar 1. Peta Kawasan Kampus Unsrat Manado
Sumber : *Google Earth*

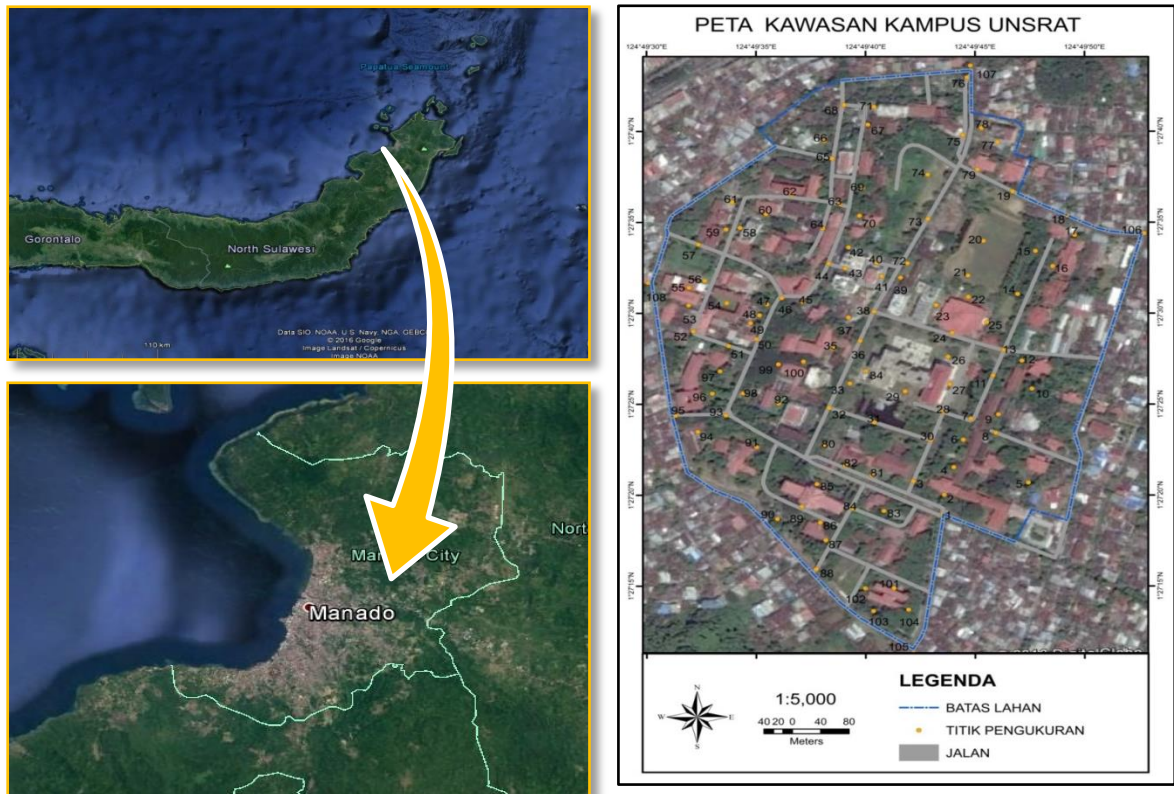


Gambar 2. Peta Kawasan Kampus Unsrat Manado Hasil Digitasi ArcGIS 10.3

Melalu program ArcCatalog 10.3 (bagian dari ArcGIS 10.3.), foto tersebut diolah dan diubah dari format JPG menjadi Shp. Selanjutnya dilakukan digitasi peta menggunakan program ArcMap10.3 (bagian dari ArcGIS 10.3.) Setelah Melalui proses digitasi peta maka dihasilkan Peta yang berisikan data grafis dan data atribut/data tabular.

2. Lokasi titik-titik pengukuran.

Penentuan titik-titik dilakukan dengan mempertimbangkan jenis tutupan lahan dan konsisi lingkungan di sekitarnya serta adanya aktifitas jalan santai. Semakin bervariasi jenis tutupan lahan dan konsisi lingkungan di sekitarnya, maka semakin banyak dan berdekatan titik-titik tersebut ditempatkan. Banyaknya titik-titik pengukuran juga mempengaruhi tingkat akurasi desain kontur kenyamanan termal yang akan dibuat nanti. Semakin banyak titik pengukuran semakin detail peta yang dihasilkan.



Gambar 3. Lokasi/letak Titik Pengukuran

3. Pengukuran Iklim Mikro pada Area Penelitian.

Pengukuran iklim mikro dilakukan pada setiap titik pengukuran dilakukan mulai pukul 10.04 Wita pukul s/d 15.18nWita. Variabel pengukuran terdiri dari Koordinat titik pengukuran kecepatan angin, Suhu Udara, Radiasi Bola Hitam dan Kelembaban Relatif pada setiap titik pengukuran.

a. Mengukur Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur menggunakan Anemometer. Dengan memperhatikan arah datangnya hembusan angin, maka Anemometer ditempatkan menghadap arah datangnya hembusan angin. Hasil pengukuran kecepatan angin pada lokasi penelitian berkisar antara 0,2 s/d 3,8 m/detik

b. Suhu Udara

Suhu Udara pada setiap titik pengukuran diukur menggunakan Thermometer dari hasil pengukuran didapat data Suhu Udara pada lokasi penelitian berkisar antara 30,20 °C s/d 45,40°C

c. Suhu Radiasi Bola Hitam

Untuk mengukur Tingkat Radiasi Bola Hitam, maka digunakan Globe thermometer. Suhu Radiasi Bola Hitam pada lokasi penelitian berkisar antara 26,4°C s/d 46,3°C.

d. Kelembaban Relatif (HR)

Kelembaban relatif didapat melalui pengukuran menggunakan Hygrometer. Kelembaban relatif pada lokasi penelitian berkisar antara 27% s/d 53,3%.

Semua proses pengukuran pada setiap titik dilakukan pada saat yang bersamaan.

4. Penghitungan Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran pada masing masing titik pengukuran selanjutnya dihitung sesuai dengan formulasi perhitungan kenyamanan termal, untuk mendapatkan skala kenyamanan pada masing-

masing titik pengukuran. Formulasi perhitungan menggunakan persamaan regresi hasil analisis Sangkertadi (2013) yakni:

Untuk aktifitas jalan santai berpakaian tropis adalah:

$$YJS = -3.4 - 0.36v + 0.04Ta + 0.08Tg - 0.01HR + 0.96 Adu$$

Sedangkan untuk aktifitas duduk santai berpakaian tropis adalah:

$$YD = -7.91 - 0.52 v + 0.047 Ta + 0.167Tg - 0.0007HR + 1.43 Adu$$

Dimana :

YJS	=	Persepsi Kenyamanan termis (jalan santai)
YD	=	Persepsi Kenyamanan termis (Duduk)
V	=	Kecepatan Angin menyentuh tubuh (m/s)
Ta	=	Suhu Udara (°C)
Tg	=	Suhu Bola Hitam (°C)
HR	=	Kelembaban Relatif (%)
Adu	=	Luas Kulit Tubuh (m ²)

Dari dua persamaan di atas (YJS dan YD), hanya persamaan YJS yang digunakan, dengan pertimbangan bahwa aktifitas yang dominan yang terjadi pada ruang luar di area penelitian adalah berjalan (jalan santai) bukan duduk santai.

Untuk data manusia sebagai pelaku aktifitas, diambil rata-rata manusia dewasa dengan data-data sebagai berikut :

- Tinggi Badan 165 cm
- Berat Badan 70 kg
- Pakaian yang digunakan adalah pakaian tropis untuk bekerja (celana panjang bahan ringan, baju lengan pendek, kaos kaki, sepatu)

Sedangkan Adu (Luar kulit tubuh manusia) diambil rata-rata 1,8 m². Hal ini berdasarkan formula Du Bois yang dikemukakan oleh Sangkertadi (2013) bahwa luas permukaan kulit adalah:

$$Adu = 0.203p^{0.425}h^{0.75}$$

Dimana : Adu = luas permukaan kulit (m²)

p = berat badan (kg)

h = tinggi badan

sehingga jika diambil rata-rata manusia Indonesia tinggi badannya 165 cm dan berat badannya 70 kg maka:

$$\begin{aligned} Adu &= (0.203) \times (70^{0.425}) \times (165^{0.75}) \\ &= (0.203) \times (6,08) \times (1,44) \\ &= (0.203) \times (6,08) \times (1,44) \\ &= 1,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan skala kenyamanan termal salah satu titik:

Diambil titik dengan nomor titik pengukuran 01. Dengan data hasil pengukuran sbb:

Kecepatan Angin menyentuh tubuh, V = 0,2 (m/s)

Suhu Udara, Ta = 31,4 (°C)

Suhu Bola Hitam, Tg = 34,5 (°C)

Kelembaban Relatif, HR = 53,3 (%)

Luas kulit tubuh, Adu = 1,8 m²

Maka ;

$$YJS = -3.4 - 0.36v + 0.04Ta + 0.08Tg - 0.01HR + 0.96 Adu$$

$$YJS = -3.4 - 0.36(0.2) + 0.04(31.4) + 0.08(34.5) - 0.01(53.3) + 0.96(1.8)$$

$$YJS = 1.745$$

Jadi nilai persepsi kenyamanan termal untuk manusia dewasa dengan tinggi badan 165 cm, berat badan 70 kg, dan luas kulit rata-rata 1.8 m² pada titik pengukuran 01 adalah 1.745

Hasil perhitungan persepsi kenyamanan termal pada masing masing titik pengukuran bervariasi antara 0.638 s/d 2,764.

Selanjutnya, nilai persepsi kenyamanan termal pada titik pengukuran diklasifikasikan sesuai skala kenyamanan termis. Skala kenyamanan termis yang digunakan adalah skala kenyamanan termis hasil penelitian dan pengukuran Sangkertadi (2013) seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Kenyamanan Termal

Nilai Y	Persepsi
-1	Agak Dingin
0	Nyaman
1	Agak Panas
2	Panas
3	Sangat Panas
4	Sangat Panas dan Rasa Sakit

Sumber : Sangkertadi, 2013

5. Pemetaan Hasil Pengukuran dan Penghitungan

Setelah proses pengukuran dan penghitungan selesai, tahapan selanjutnya adalah melakukan pemetaan kenyamanan termal pada kawasan Kampus Unsrat Manado sesuai dengan skala kenyamanan yang ada dengan menggunakan *software* ke ArcGIS 10.3.

Tahapan ini dapat dibagi atas:

a. Input data hasil pengukuran ke ArcGIS 10.3

Untuk memasukkan data hasil pengukuran ke ArcGIS 10.3 maka data tersebut dibuat dulu dalam bentuk tabel dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Kemudian data tersebut diolah menggunakan program ArcGIS 10.3. hingga didapat peta Peta Kenyamanan Termal sesuai Nilai YJS.

b. Membuat Peta Kenyamanan Termal sesuai Skala Kenyamanan

Proses pembuatan peta kenyamanan termal sesuai Skala Kenyamanan pada dasarnya sama dengan proses pembuatan peta kenyamanan termal sesuai nilai YJS. Yang membedakannya adalah data *Z value field* yang harus diganti dengan nama kolom data yang akan dipetakan.

c. Membuat Peta Digital

Karena peta yang dihasilkan dari proses *Interpolation* bukan merupakan peta digital, maka selanjutnya adalah melakukan digitasi untuk membuat peta digital. Peta digital ini selain berisi data grafis juga berisi data atribut atau tabular. Data grafis berupa tampilan visual peta itu sendiri sedangkan data atribut atau tabular berisi tabel luasan atau panjang dari data grafis.

6. Iklim Mikro pada Area Kampus Unsrat Manado

Berdasarkan data hasil pengukuran iklim mikro dilakukan pada setiap titik pengukuran dilakukan mulai pukul 10.04 Wita pukul s/d 15.18 Wita yang di lakukan pada 108 titik pengukuran, masing-masing Koordinat titik pengukuran menunjukkan angka relatif iklim mikro pada area ruang terbuka Universitas Sam Ratulangi Manado.

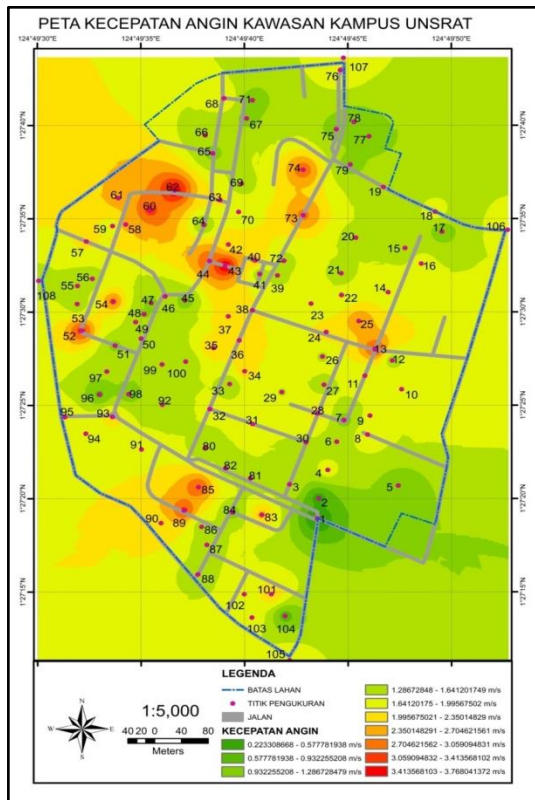
a. Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur menggunakan Anemometer. Dengan memperhatikan arah datangnya hembusan angin, maka Anemometer ditempatkan menghadap arah datangnya hembusan angin. Setelah pada Anemometer angka kecepatan angin tertera, maka dilakukan pencatatan. Hasil pengukuran kecepatan angin berkisar antara 0,2 s/d 3,8 m/detik (gambar IV.16). Terdapat 2 titik pengukuran yang memiliki kecepatan angin terbesar berada di area Fakultas Fisip yakni titik 62 sebesar 3.62 m/s. Titik ini diukur pada pukul 12.49 Wita. Titik pengukuran lainnya adalah titik 43 sebesar 3.78 m/s yang berada di depan gedung Pascasarjana. Titik ini diukur pada pukul 11.58 Wita. Sedangkan kecepatan angin terendah terdapat pada titik 1 yakni 0.22 m/s yang berlokasi pada gerbang Timur Kampus Unsrat. Titik ini diukur pada pukul 10.04 Wita. Hasil pengukuran kecepatan angin dapat berubah-ubah tergantung pada keadaan cuaca setempat.

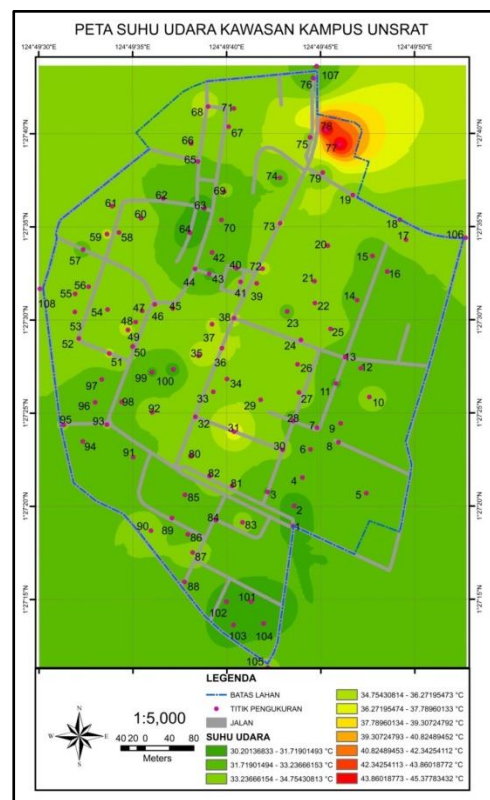
b. Suhu Udara

Suhu Udara pada setiap titik pengukuran diukur menggunakan Thermometer. Dari hasil pengukuran didapat data Suhu Udara pada lokasi penelitian berkisar antara 30,20°C s/d 45,40°C. Suhu udara pada area ruang luar tertinggi di berada pada titik pengukuran 77 dan 78 yang merupakan area Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat. Lokasi pengukuran ini merupakan area terbuka dengan gedung yang baru saja dibangun, Area yang kelihatan gersang karena kurangnya vegetasi mempengaruhi suhu udara, sehingga memiliki angka yang besar dibanding dengan area ruang luar lainnya. Titik 77 yang diukur pada pukul 13.33 Wita suhu udaranya mencapai 45.30°C. sedangkan titik 78 yang diukur pada pukul 13.36 Wita suhu udaranya mencapai 45.40°C. Suhu

udara terendah berada pada titik pengukuran 63. Titik ini berada di area Fakultas Ekonomi. Hasil pengukuran yang dilakukan pada pukul 12.51 Wita ini menunjukkan bahwa Suhu Udara pada area ini sebesar 30.20°C. Berbeda dengan area Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat yang tampak gersang, pada area ini tutupan lahannya didominasi oleh pohon yang rindang. Peta Suhu Udara kawasan Kampus Unsrat dapat dilihat pada Gambar 6.



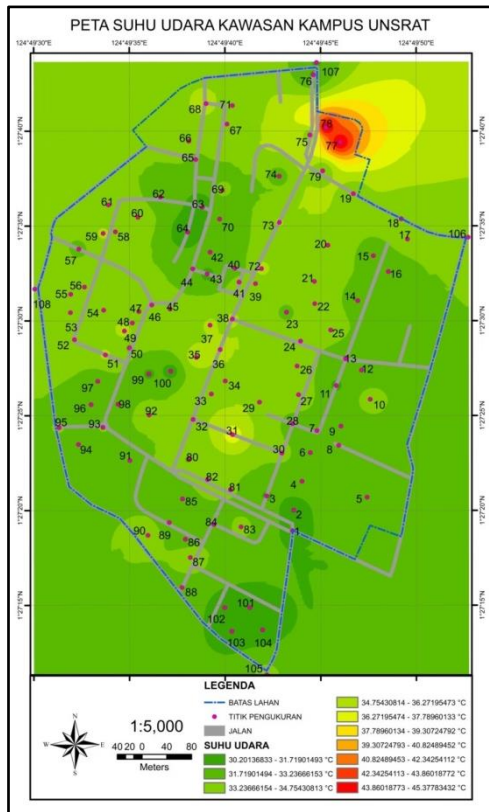
Gambar 4. Peta kecepatan angin Kawasan Kampus Unsrat



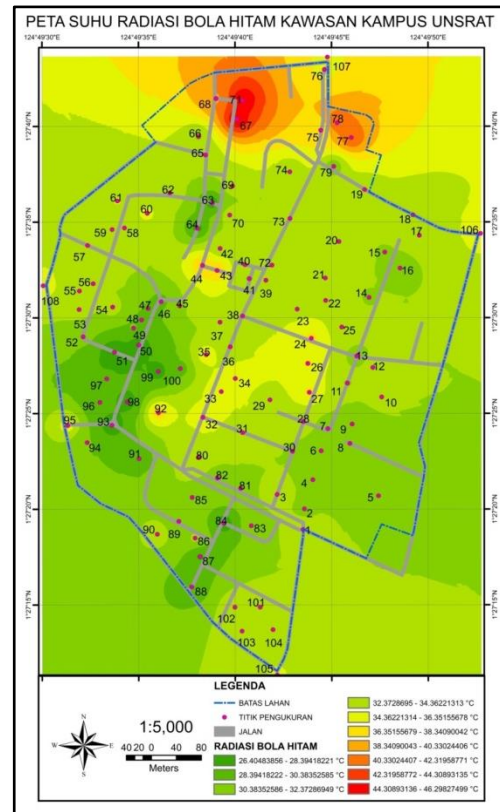
Gambar 5. Peta Suhu Udara Kawasan Kampus Unsrat

c. Suhu Radiasi Bola Hitam

Untuk mengukur Tingkat Radiasi Bola Hitam, maka digunakan Globe thermometer. Berbeda dengan pengukuran kecepatan angin maupun suhu udara, untuk mengukur suhu radiasi bola hitam diperlukan waktu lebih lama untuk setiap titik pengukuran, agar suhu bisa ditangkap secara/maksimal oleh bola hitam pada Globe Thermometer Suhu Radiasi Bola Hitam pada lokasi penelitian berkisar antara 26,4°C s/d 46,3°C. Nilai suhu radiasi bola hitam pada area ruang luar yang tinggi tunjukan oleh titik pengukuran 77 dan 78 yang pada area fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat dan pada titik pengukuran 67 yang diukur pada pukul 13.03 Wita dan titik 71 yang diukur pada pukul 13.15 Wita. Lokasinya berada di area parkir Fakultas Sasta. Selain disebabkan oleh kurangnya vegetasi, material bangunan yang berada di lokasi pengukuran ini memiliki pengaruh yang sangat besar dengan warna terang serta menggunakan banyak jendela yang menyebabkan pantulan panas di area sekitarnya.



Gambar 6. Peta Suhu Udara Kawasan Kampus Unsrat



Gambar 7. Peta Suhu Radiasi Bola Hitam Kawasan Kampus Unsrat

d. Kelembaban Relatif (HR)

Kelembaban relatif didapat melalui pengukuran menggunakan Hygrometer. Kelembaban relatif pada lokasi penelitian berkisar antara 27% s/d 53,3%. Pada titik pengukuran 38, 33 dan 32 memiliki nilai kelembaban relatif yang paling rendah untuk area ruang luar kampus Unsrat. Titik Pengukuran 38 diukur pukul 11.44 Wita, Titik Pengukuran 33 diukur pukul 11.31 Wita Titik Pengukuran 32 diukur pukul 11.28 Wita. Titik pengukuran ini berada pada area Patung Sam Ratulangi, depan Bank BNI, memanjang menuju kawasan rumah sakit. Sedangkan nilai kelembaban paling tinggi berada di titik pengukuran 1 (53.3%), 7(53.3%),74(52.10%) dan. 3(52.60%). Titik pengukuran 1 yang berda di kawasan pintu gerbang timur, diukur pada pukul 10.04 Wita. Titik pengukuran 7 diukur pada pukul 10.25 Wita, titik pengukuran 74 diukur pada pukul 13.25 Wita dan titik pengukuran 3 diukur pada pukul 10.09 Wita. Titik pengukuran 7 dan 3 berada pada area Fakultas Pertanian, sedangkan titik pengukuran 74 berada pada area samping barat pintu gerbang utara.

7. Kenyamanan Termal Ruang Luar di Kawasan Kampus Unsrat Manado

Dari hasil pengukuran dan penghitungan iklim mikro yang ada, didapat tiga kategori skala kenyamanan termal, yakni Agak Panas, Panas dan Sangat Panas. serta Kenyamanan termal ruang luar pada kawasan kampus Unsrat dengan tingkat kenyamanan kategori agak panas memiliki total luas jalan 29.749 m² pohon 87.471 m² tutupan rumput dan lainnya 99.573 m², dengan gedung total luas lahan gedung 81.116m². angka persentase pada area ini yaitu ruang luar berupa jalan 10%, tutupan pohon 29.3%, area dengan tutupan rumput dan lain-lain sebanyak 33.4% sedangkan angka persentase bangunan sebanyak 27.3%. angka persentase area tutupan pohon melebihi nilai persentase area bangunan.

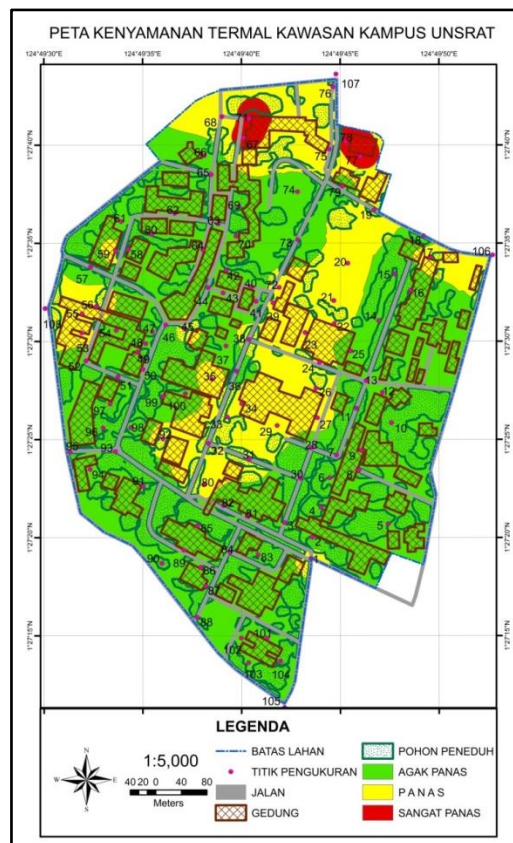
Hal yang menarik terjadi pada titik pengukuran 77 dan 78 (area Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat) memiliki kemiripan dengan titik pengukuran 43. Dengan area tutupan lahan berupa paving, namun pada area pengukuran 43 memiliki dua bangunan gedung yang saling berdekatan dengan posisi terbuka menghadap arah angin laut, sehingga nilai kenyamanan termal pada 2 tempat ini memiliki perbedaan yang sangat besar.

Pada area dengan kenyamanan termal kategori panas total luas jalan 10.544 m², pohon 19.454 m², Rumput dll 59.533 m² sedang area tutupan gedung 29.950 m². Angka persentase pada area ini

yaitu ruang luar berupa jalan 8.82%, tutupan pohon 16.28%, area dengan tutupan rumput dan lain-lain sebanyak 49.82% sedangkan angka persentase bangunan sebanyak 25.06%. angka persentase area tutupan pohon berada cukup jauh dari nilai persentase area bangunan.

Pada area dengan kenyamanan termal kategori sangat panas memiliki total luas jalan 426 m², pohon 1.069 m², Rumput dll 3.079 m² gedung 2.454 m². angka persentase ruang luar terhadap bangunan yaitu jalan 6.06%, tutupan pohon 15.21%, area dengan tutupan rumput dan lain-lain sebanyak 43.81% sedangkan angka persentase bangunan sebanyak 36.21%. angka persentase area tutupan pohon berada tidak sampai setengah dari nilai persentase area bangunan.

Nilai persentase perbandingan luas lahan tutupan lahan dengan pohon dan bangunan mempengaruhi nilai kenyamanan termal. Selain itu faktor yang sangat mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang luar yaitu tinggi bangunan dan material dinding serta jendela pada bangunan. Di area Fakultas Sastra dan Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat memiliki bangunan dengan material dinding dengan warna yang cukup terang dan material jendela menggunakan kaca yang memantulkan suhu radiasi ke area sekitar bangunan sehingga mempengaruhi radiasi matahari pada area sekitarnya. Selain itu, faktor kelembaban dan kecepatan angin dengan nilai yang kecil menjadi penyebab mengapa pada kedua kawasan ini mempunyai tingkat kenyamanan “termal sangat panas”. hal ini terlihat jelas dari hasil pemetaan Menggunakan GIS berdasarkan hasil pengukuran pada titik-titik pengukuran di kawasan kampus Unsrat.



Gambar 9. Peta Kenyamanan Termal Ruang Luar di Kawasan Kampus Unsrat

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengukuran penghitungan dan pengolahan data dengan metode GIS terhadap 108 titik pengukuran, pada Kawasan Kampus Unsrat Manado terdapat tiga tingkat kenyamanan yakni Agak Panas, Panas dan Sangat Panas. Prosentase Agak Panas 70%, Panas 28% dan Sangat Panas 2%.
2. Iklim mikro pada kawasan Kampus Unsrat Manado yaitu Suhu Udara berkisar antara 30,20 °C s/d 45,40°C, Suhu Radiasi Bola Hitam antara 26,4°C s/d 46,3°C, dan Kelembaban relatif berkisar antara 27% s/d 53,3%.

3. Pada area dengan kenyamanan termal kategori panas persentase pada ruang luar berupa jalan 8.82%, tutupan pohon 16.28%, area dengan tutupan rumput dan lain-lain sebanyak 49.82% sedangkan angka persentase bangunan sebanyak 25.06%. nilai persentase area kawasan kampus Unsrat yaitu 28.15% dari total luas lahan.
4. Pada area dengan kenyamanan termal kategori sangat panas angka persentase ruang luar terhadap bangunan yaitu jalan 6.06%, tutupan pohon 15.21%, area dengan tutupan rumput dan lain-lain sebanyak 43.81% sedangkan angka persentase bangunan sebanyak 36.21%. angka persentase untuk kategori ini cukup kecil dari total luas kawasan, yaitu 1.65%.
 Nilai persentase perbandingan luas lahan tutupan lahan dengan pohon dan bangunan mempengaruhi nilai kenyamanan termal. Semakin banyak tinggi angka persentase pohon dibanding dengan bangunan akan semakin besar tingkat kenyamanan termal ruang luar di kawasan kampus Unsrat. Tinggi bangunan, material dinding dan jendela juga mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang luar.

B. Saran

1. Kawasan dengan dengan nilai kenyamanan termal ruang luar kategori panas dan sangat panas, perlu di tambahkan vegetasi pohon peneduh untuk meningkatkan kenyamanan termal sekitar kawasan/area tersebut.
2. Untuk pembangunan fasilitas kampus dalam bentuk gedung, perlu diperhatikan material dinding dan jendela serta penataan ruang luar dengan pohon peneduh, atau material penutup tanah. dalam waktu yang bersamaan dengan pembangunan gedung. Material penutup tanah yang dapat disarankan yaitu penggunaan paving yang dapat ditumbuhi rumput dan juga dapat dengan mudah menyerap air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K. S., 2003: *Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments*. Energy. Build. 35(1):103-110
- Ali Sayigh, A. and H. Marafia. 1988, *Architecture: Comfort and Energy*, Budiayanto, 2010, *Sistem Informasi Geografis dengan ArcGIS 10.3. GIS*, Andi. Yogyakarta
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford Science Publications, UK
- C. Amin, et al. 2004. *Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal pada bangunan publik di daerah tropis*. Medan 1974.
- Charles, K.E. 2003. *Fanger Thermal Kenyamanan dan Draught Model*, Institute for Research in Construction National Research Council of Canada.
- Comfort in Outdoor Urban Spaces : Analysis Across Different Countries*. Building and Environment
- Deasy, C. M dan T.E, Lasswell. 1985. *Designing Places For People*. Whitney Library of Design. New York
- Fanger, P.O.(1970). *Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering*. USA. McGraw-Hill Book Co.
- Hakim, Rustan. 1987. *Unsur Perancangan dalam Arsitektur Lansekap*. Jakarta
- Nikolopoulou, M. dan Lykoudis, S. 2006. *Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces : Analysis Across Different Countries*. Building and Environment
- Ochoa, J.M.I. and Marincic, I. (2005). *Thermal comfort in urban spaces: The case of very warm and dry climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 785 for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece
- Putri, H.E. 2011. *Pengukuran Performansi Termal Tenda Darurat Untuk Daerah Tropis*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri. Universitas Andalas
- Raharjo Beni dan Ikhsan Muhamad. 2015, *Belajar ArcGIS Desktop 10: ArcGIS 10.2/10.3*, Geosiana Press. Banjar Baru
- Sangkertadi. 2013. *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Wahana Komputer. 2014. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ArcGIS 10.3*. Elex Media Komputindo. Jakarta.