

TA/TL/2020/1208

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN IKLIM DAN  
TERMAL BERDASARKAN *TEMPERATURE HUMIDITY  
INDEX (THI)* DI CANDI BOROBUDUR**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**FAUZIAH NURCHAULIA EDELWEIS  
16513035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN IKLIM DAN TERMAL**  
**BERDASARKAN *TEMPERATURE HUMIDITY INDEX* (THI)**  
**DI CANDI BOROBUDUR**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh  
Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



**FAUZIAH NURCHAULIA EDELWEIS**  
**16513035**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

**NIK : 025100406**

Tanggal: 15 Juni 2020

  
Dr. Nur Ain Iswati H. S.T., M.Si

**NIK : 185130403**

Tanggal: 9 Juni 2020

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



  
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

**NIK : 025100406**

Tanggal: 15 Juni 2020

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN TERMAL DAN IKLIM  
BERDASARKAN *TEMPERATURE HUMIDITY INDEX* (THI)  
DI CANDI BOROBUDUR**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin  
Tanggal : 15 Juni 2020

Disusun Oleh:

**FAUZIAH NURCHAULIA EDELWEIS  
16513035**

Tim Penguji :

Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si

Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H

()

()

()

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 9 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



**Fauziah Nurchaulia Edelweis**

**NIM: 16513035**

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian ini ialah **Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Temperature Humidity Index* (THI) di Candi Borobudur.**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kekuatan dan energi sehingga dapat menjalani dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini,
2. Pembimbing I dan II tugas akhir, Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D, Ibu Qorry Nugrahayu, S.T., M.T dan Ibu Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan proposal sampai laporan tugas akhir ini,
3. Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H selaku penguji yang sudah banyak memberikan masukan dan arahan kepada kami,
4. Kedua orangtua ( papi dan mami ) dan keluarga yang selalu memberi doa dan dukungan setiap waktunya,
5. Devi dan Dhila selaku partner TA yang selalu baik, selalu bantu dan tidak pernah bosan-bosannya untuk selalu kerjasama,
6. Saraswati Yola Nur Aisyah selaku temen main, teman tubes, teman segala teman selama masa perkuliahan yang udah mau temanin dan tolongin pas susah dan selalu ada..
7. Yomaiiselta, saudara yang selalu memberi harapan dan semangat,
8. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2016
9. Pihak Balai Konservasi Borobudur yang telah memberi ilmu dan bimbingan kepada kami sehingga sangat membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini
10. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal sampai tugas akhir ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian saran.

Yogyakarta, 1 Maret 2020

*Fauziah Nurhaulia Edelweis*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## ABSTRAK

FAUZIAH NURCHAULIA EDELWEIS. Analisis Tingkat Kenyamanan Termal dan Iklim Berdasarkan Indeks *Temperature Humidity Index* (THI) di Candi Borobudur. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. dan Dr. NUR AINI ISWATI HASANAH, S.T., M.Si.

Faktor kenyamanan merupakan suatu kebutuhan penting bagi para wisatawan terutama pada tempat wisata yang memiliki latar ruang luar. Untuk itu perlu adanya evaluasi indeks kenyamanan iklim dan termal untuk kawasan wisata Candi Borobudur. Salah satu cara untuk mengidentifikasinya adalah dengan menggunakan data primer untuk termal dengan mengukur langsung suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara selanjutnya untuk menentukan indeks kenyamanan iklim menggunakan metode *Temperature Humidity Index* (THI). THI merupakan suatu metode yang sudah banyak digunakan di negara tropis dengan menggunakan data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan parameter suhu udara dan kelembaban relatif selama 10 tahun terakhir. Kesimpulan dari hasil penelitian untuk kenyamanan termal didapatkan nyaman saat berada di bawah naungan dan untuk kenyamanan iklim menunjukkan bahwa bulan yang dinyatakan nyaman adalah pada bulan Juni hingga Agustus karena memiliki rentang 21-24. Rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan tingkat kenyamanan pada manusia adalah dengan memberi vegetasi pepohonan yang diketahui mampu menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban relatif.

Kata kunci: Candi Borobudur, Kenyamanan Iklim, THI

## ABSTRACT

FAUZIAH NURCHAULIA EDELWEIS. *Analysis of Thermal and Climate Comfort Levels Based on Temperature Humidity Index (THI) at Borobudur Temple. Supervised by EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. and Dr. NUR AINI ISWATI HASANAH, S.T., M.Si.*

*The comfort factor is an important requirement for tourism, especially in tourist areas that have an outdoor setting. For this reason, it is necessary to evaluate the climate and thermal comfort index for the tourist area of Borobudur Temple. One way to identify it is to use primary data for thermals by directly measuring air temperature, wind speed, and humidity next to determine the climate comfort index using the Temperature Humidity Index (THI) method. THI is a method that has been widely used in tropical countries by using secondary data from the Climatology and Geophysics Meteorological Agency with parameters of air temperature and relative humidity for the last 10 years. The conclusions from the results of the study for thermal comfort were found to be comfortable when under the auspices while for climate comfort, it was indicated that the comfortable months were June, July and August as these months had a range of 21-24.*

*Environmental engineering that can be done to increase the level of comfort in humans is to provide vegetation trees that are known to be able to reduce temperatures and increase relative humidity.*

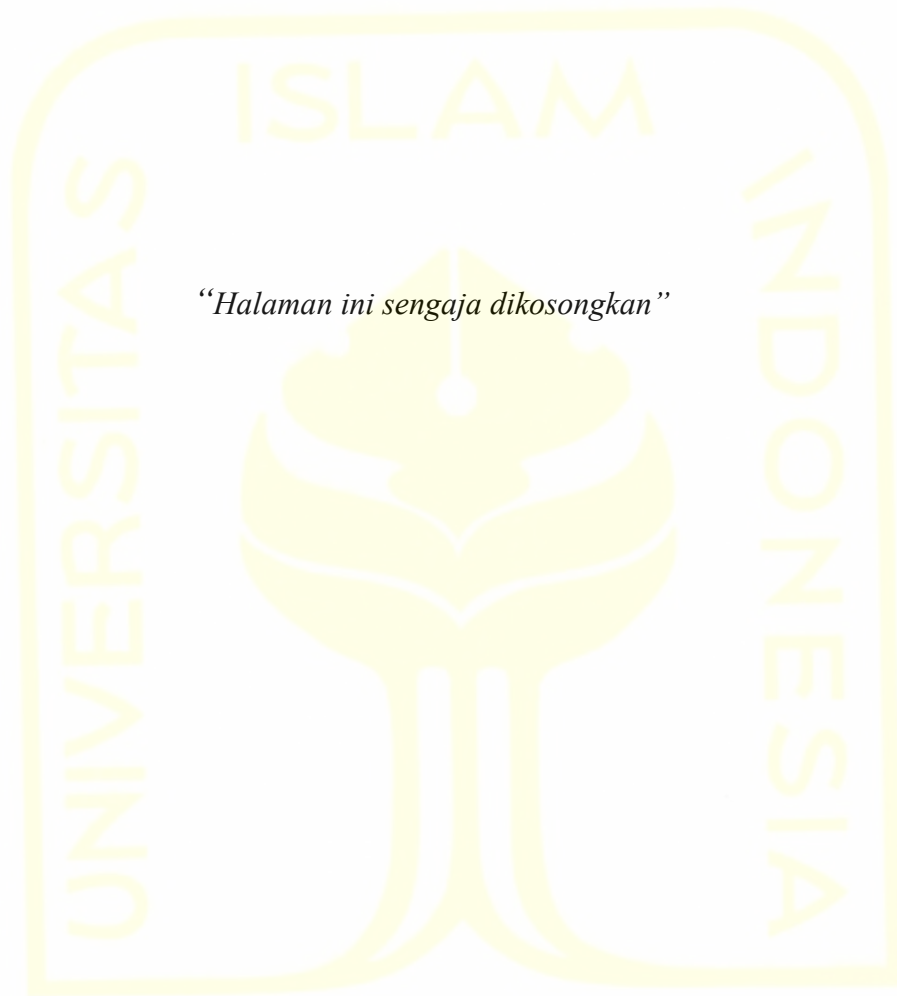
Keywords: Borobudur Temple, Climate Comfort, THI





## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kenyamanan Iklim	5
2.2 Kenyamanan Termal	5
2.3 Faktor Penentu Kenyamanan Termal pada Ruang Luar	5
2.4 <i>Temperature Humidity Index</i> (THI)	6
2.5 Rekayasa Lingkungan	6
2.6 Penelitian Terdahulu	6
BAB III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
3.2.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Data	11
3.2.2 Pengukuran Parameter	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Gambaran Umum Candi Borobudur	15
4.2 Analisis Kenyamanan Iklim	16
4.3 Analisis Kenyamanan Termal	19
4.4 Rekayasa Lingkungan di Candi Borobudur	23
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	51

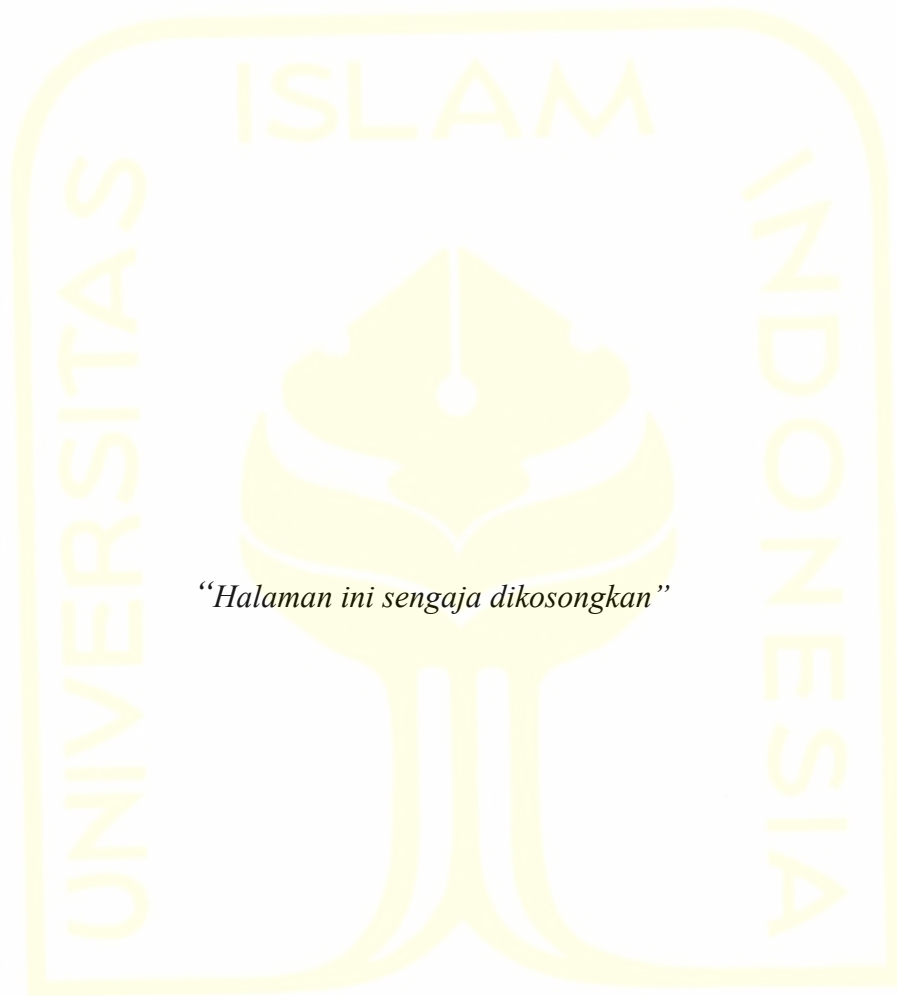


*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## DAFTAR TABEL

1. Penelitian Terdahulu	7
2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Diteliti oleh Penulis	8
3. Kategori kenyamanan berdasarkan nilai THI	12
4. Skala Kenyamanan Termal	14
5. Karakter Fisik dan Dimensi Pohon	14
6. Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal	20
7. Potensi Kenyamanan Termal Di Bawah Naungan	21
8. Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan	22
9. Rekomendasi Jenis Vegetasi Untuk Rekayasa Lingkungan	23
10. Hasil Pengukuran kenyamanan Termal Tanpa Naungan Sebelum Diberi Rekayasa Lingkungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk)	24
11. Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Setelah Diberi Rekayasa Lingkungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk)	25
12. Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan di Pintu Masuk Sebelum Diberi Rekayasa Lingkungan	25
13. Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan di Pintu Masuk Setelah Diberi Rekayasa Lingkungan	26

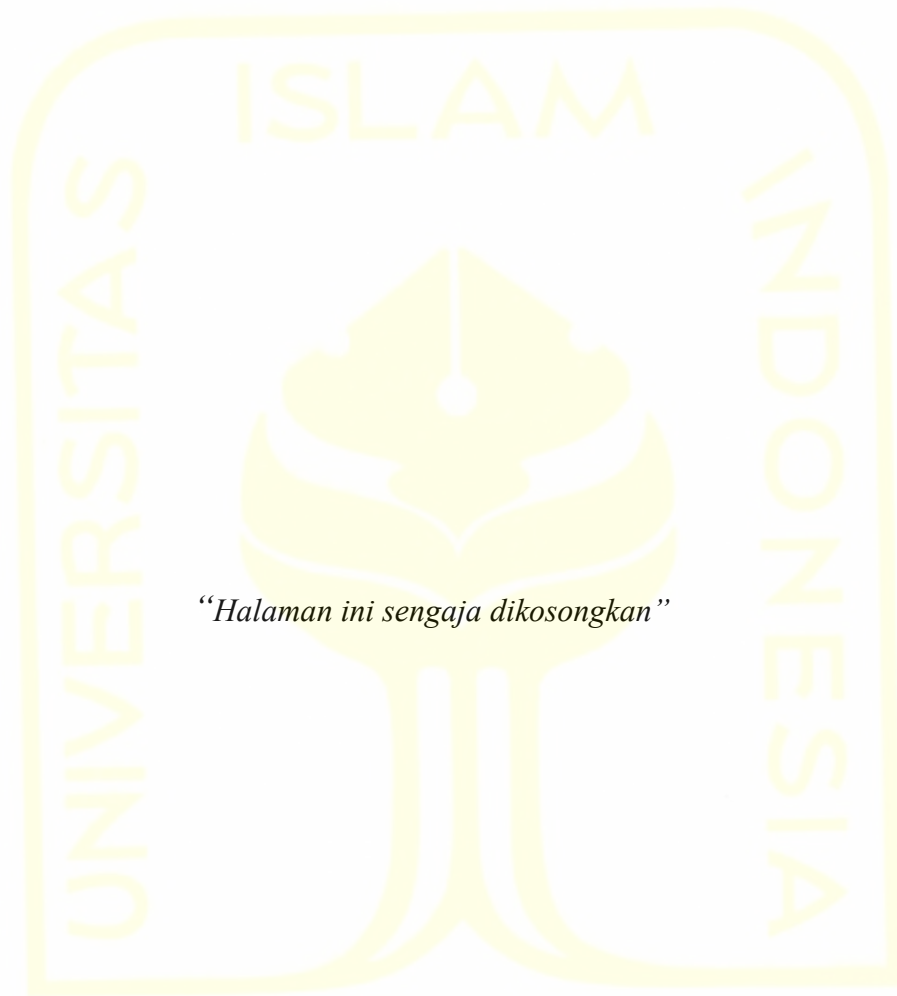


*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

1. Lokasi Titik Pengambilan Data	11
2. <i>Wet Bulb Globe Temperature</i> (WBGT)	13
3. Peta Zona Kawasan Candi Borobudur	16
4. Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim THI 2010-2019 di Candi Borobudur	17
5. Hubungan Jumlah Pengunjung dengan Nilai Indeks THI	18
6. Hasil Regresi antara Suhu Udara dan Kelembaban Relatif dengan Nilai THI	19
7. Rekomendasi Area Penanaman Vegetasi	24

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
الجامعة الإسلامية في إندونيسيا



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Klasifikasi Iklim Tahun 2010-2019 Berdasarkan Mohr (1933)	33
2. Hasil perhitungan kenyamanan iklim di Candi Borobudur	34
3. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada pagi hari	35
4. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada siang hari	40
5. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada sore hari	45
6. Peta Vegetasi Pada Zona 1 Kawasan Candi Borobudur	50







# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Arifin (2011) menyatakan bahwa negara yang mengandalkan sektor pariwisata harus memperhatikan beberapa faktor untuk menarik minat para wisatawan yang salah satunya adalah kenyamanan. Kenyamanan di sektor pariwisata utamanya dipengaruhi oleh iklim. Keragaman bentuk iklim di Indonesia mempengaruhi karakteristik dan pola kunjungan wisatawan nusantara maupun mancanegara. Menurut Karyono (2010), kenyamanan termal sangat mempengaruhi aktivitas manusia karena respon yang dihasilkan oleh manusia adanya rasa panas atau dingin. Kenyamanan termal juga dapat diartikan sebagai persepsi manusia terhadap kondisi termal yang dirasakan.

Selain kondisi kenyamanan termal, kondisi kenyamanan iklim juga berpengaruh pada aktivitas wisata. Kenyamanan iklim memanfaatkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan parameter suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban relatif (%) untuk mengetahui kenyamanan dan adaptasi terhadap termal serta dapat menggunakan metode *Temperature Humidity Index* (THI) berdasarkan persamaan yang dibuat oleh Nieuwolt (Emmanuel, 2005). Metode THI tersebut menghasilkan skala indeks untuk menentukan efek dan kondisi kenyamanan yang dirasakan manusia berdasarkan suhu udara dan kelembaban relatif di suatu wilayah.

Untuk mencapai tingkat kenyamanan iklim dan termal guna mendukung aktivitas wisata maka perlu dilakukan usaha-usaha pengendalian rekayasa lingkungan. Rekayasa lingkungan merupakan integrasi prinsip-prinsip ilmu pengetahuan dan teknologi guna memperbaiki lingkungan alam sekitar. Menurut Karyono (2005) rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan untuk badan jalan yang terbuat dari aspal atau beton yang digunakan para wisatawan untuk berjalan kaki sebaiknya dilindungi oleh vegetasi jenis pohon selain itu dapat dilakukan dengan penambahan area naungan maupun area duduk. Keberadaan pohon juga dapat mengurangi intensitas radiasi matahari, menurunkan suhu udara, meningkatkan kelembaban udara, dan mengurangi kecepatan angin (Setyowati 2008; Kalfuadi 2009). Selain itu, pohon atau tumbuhan yang ditanam pada taman dan jalur hijau dapat mengurangi pencemaran dan pemanasan udara, mereduksi karbondioksida, serta meningkatkan oksigen (Karyono 2005).

Hubungan iklim dengan pariwisata menjadi menarik untuk diidentifikasi sehingga diperlukan pemahaman lebih mendalam dalam pemanfaatan informasi iklim untuk pengembangan pariwisata. Mengingat perkembangan pariwisata saat ini, maka kriteria dalam pemilihan lokasi penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan banyaknya kunjungan wisatawan baik lokal maupun luar negeri dan juga fasilitas yang mendukung objek wisata tersebut. Kawasan wisata Candi Borobudur adalah candi terbesar di Indonesia yang berada di Borobudur, Magelang, Jawa Tengah. Selain sebagai tempat objek wisata, Candi Borobudur juga merupakan tempat ibadah umat Buddha (Wendoris, 2008). Hasil dari survei lapangan pada saat kondisi musim kemarau bulan Oktober 2019 menunjukkan bahwa Candi Borobudur merupakan objek wisata yang banyak dikunjungi oleh

wisatawan, fasilitas baik dan kondisi dari survei lapangan di wilayah kawasan Candi Borobudur adalah paparan cahaya matahari sangat terasa panas dan gerah di permukaan kulit saat mengunjungi candi meskipun terdapat beberapa pohon sehingga dapat mendukung judul tugas akhir ini.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi kenyamanan iklim berdasarkan metode THI di kawasan wisata Candi Borobudur?
2. Bagaimana kondisi kenyamanan termal di kawasan wisata Candi Borobudur?
3. Bagaimana rekayasa lingkungan berdasarkan hasil kenyamanan iklim dan termal di kawasan wisata Candi Borobudur?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan kondisi tingkat kenyamanan iklim berdasarkan metode THI di kawasan wisata Candi Borobudur.
2. Menentukan kondisi tingkat kenyamanan termal di kawasan wisata Candi Borobudur.
3. Menentukan rekayasa lingkungan berdasarkan hasil kenyamanan iklim dan termal di kawasan wisata Candi Borobudur.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mahasiswa  
Meningkatkan dan memperluas wawasan serta menambah pengetahuan tentang kondisi kenyamanan iklim dengan metode THI dan termal di kawasan wisata Candi Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah.
- b. Pihak Pengelola  
Memberikan informasi kondisi kenyamanan iklim dan termal Candi Borobudur sehingga mempermudah dalam mengelola dan mengembangkan Candi Borobudur.
- c. Pihak Berkepentingan Lain  
Memberikan acuan data di bidang Meteorologi dan Klimatologi sebagai referensi penelitian yang lainnya.

## 1.5 Hipotesis Penelitian

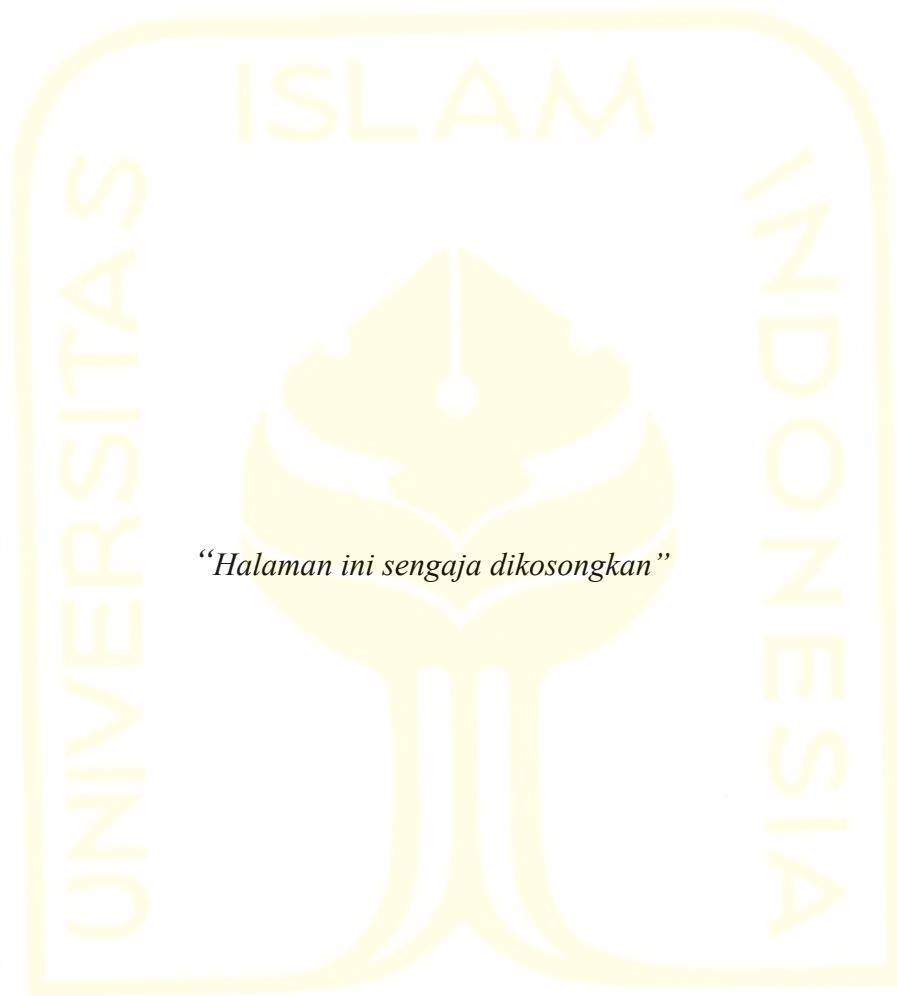
Hipotesis yang diberlakukan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi iklim dan termal di Candi Borobudur berpengaruh terhadap kenyamanan berwisata di Candi Borobudur.
2. Tingkat kenyamanan iklim di Candi Borobudur berdasarkan metode *Temperature Humidity Index* (THI) menentukan bulan nyaman berwisata.
3. Vegetasi pepohonan dapat menurunkan suhu di Candi Borobudur sehingga meningkatkan efek kenyamanan bagi pengunjung.

## 1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah Zona 1 pada kawasan wisata Borobudur menggunakan data primer dengan pengukuran langsung seperti suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin kepada wisatawan pada bulan Desember 2019 s/d Januari 2020 dan data sekunder yang didapatkan dari Stasiun Klimatologi BMKG Candi Borobudur. Dalam menentukan indeks kenyamanan iklim digunakan metode *Temperature Humidity Index* (THI).
2. Parameter yang dihitung dalam menentukan kondisi kenyamanan iklim ialah suhu udara, dan kelembaban relatif.
3. Parameter yang dihitung dalam menentukan kondisi kenyamanan termal ialah suhu udara, suhu radiasi global, suhu permukaan, radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin dan luas kulit tubuh dewasa wisatawan lokal dan mancanegara dalam kondisi jalan santai dan duduk santai.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الابدية لا تموت ولا تتبدل  
الابدية لا تتبدل ولا تفتقر

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kenyamanan Iklim**

Iklim adalah suatu kondisi cuaca berdasarkan periode yang berjangka (bulan atau tahun). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009), iklim terdiri dari unsur-unsur iklim seperti temperatur (suhu), curah hujan, angin, kelembaban dalam rentang waktu dari bulanan hingga jutaan tahun.

Berikut ini merupakan penjelasan unsur-unsur iklim (Kartasapoetra, 2004) :

- a. Lama penyinaran matahari sangat bergantung pada letak posisi bumi yang mengelilingi matahari, dimana tergantung pada jarak dari matahari, lama penyinaran matahari, intensitas radiasi matahari, dan hari/durasi serta atmosfer.
- b. Suhu udara/temperatur adalah satuan derajat yang bisa panas atau dingin dan diukur menggunakan termometer. Satuan suhu yang biasa digunakan adalah derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).
- c. Kelembaban udara mengandung kadar uap air yang berada di udara. Umumnya kelembaban tinggi berada di khatulistiwa sedangkan kelembaban terendah berada pada lintang  $40^{\circ}\text{C}$ . kelembaban biasanya memiliki nilai yang tinggi saat hujan dan rendah saat kemarau.
- d. Hujan merupakan bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer dengan satuan mm. Bentuk lainnya seperti salju es. Terjadinya hujan dikarenakan ada titik-titik kondensasi, asam belerang, debu dan amoniak.
- e. Angin merupakan gerakan atau perpindahan masa udara dari satu tempat ke tempat lain secara horizontal. Angin memiliki arah dan kecepatan.

#### **2.2 Kenyamanan Termal**

Kenyamanan termal adalah sensasi nyaman manusia dengan lingkungan setempat (Nugroho, 2011). Manusia bisa disebut nyaman secara termal apabila ia tidak membutuhkan sesuatu untuk meningkatkan ataupun menurunkan suhu di suatu ruangan dalam maupun luar (McIntyre, 1980). Titik kenyamanan adalah dimana manusia dapat mereduksi tenaga yang harus dikeluarkan dari tubuh dalam mengadaptasikan dirinya terhadap lingkungan sekitarnya (Olgay, 1963).

#### **2.3 Faktor Penentu Kenyamanan Termal pada Ruang Luar**

Menurut Auliciems dan Szokolay (2007), faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu:

- a. Suhu udara  
Suhu udara merupakan salah satu faktor dengan menggunakan thermometer untuk menentukan kenyamanan termal. Satuan yang digunakan untuk temperatur udara adalah Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Celvin.

b. Kelembaban Udara

Kelembaban udara mengandung uap air yang ada di dalam udara, namun kelembaban relatif adalah rasio antara jumlah maksimum uap dengan jumlah uap air di udara dapat ditampung di udara pada temperatur tertentu.

c. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan angin berupa gradien barometris, lokasi, tinggi lokasi, dan waktu.

#### **2.4 Temperature Humidity Index (THI)**

THI merupakan indeks kenyamanan manusia yang kemudian Nieuwolt memodifikasi THI dengan mengombinasikan suhu udara dan kelembaban relatif dalam bentuk persamaan (Kakon *et al.* 2010). Metode THI ini telah banyak digunakan di wilayah tropis khususnya di luar ruangan. Suhu merupakan parameter iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia. Semakin tinggi suhu udara maka timbul sensasi panas yang dirasakan manusia tetapi sebaliknya semakin rendah suhu akan terasa dingin (Hidayat, 2010). Kenyamanan pada dasarnya tidak hanya dipengaruhi suhu udara saja tetapi juga di pengaruhi parameter iklim lain. Parameter iklim lainnya adalah angin. Angin dapat membawa udara panas ke tempat lain mencampurkan antara udara panas dan udara dingin serta udara lembab dan udara kering (Lakitan, 2002).

#### **2.5 Rekayasa Lingkungan**

Effendi (2014) menyatakan bahwa rekayasa lingkungan dapat dilakukan seperti penutupan pepohonan karena dapat mengurangi intensitas matahari yang masuk. Hayati (2013) menyebutkan bahwa semakin tinggi kerapatan maka akan berpengaruh kepada kondisi iklim dan kenyamanan lingkungan sekitar. Tauhid (2008) menyebutkan efek dingin yang terjadi dikarenakan oleh radiasi matahari. Menurut Zahra (2014) yang dapat menurunkan suhu dengan menyerap radiasi matahari adalah suatu vegetasi. Clark (1995) menyatakan *evapotranspirasi* dan bayangan dari pohon merupakan proses untuk menghasilkan udara yang sejuk.

#### **2.6 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis sehingga dapat memperbanyak wawasan dan teori dalam mengamati penelitian yang dilakukan ini. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kurnia, Ridwan (2016)	Analisis Indeks Kenyamanan Iklim di Taman Wisata Jatim Park dan Karangates	Hasil analisis THI di Jatim Park 2 tahun 2000-2009 kondisi iklim di wilayah Jatim Park 2 berada pada kondisi nyaman pada selang 21 s/d 24. Sedangkan di Karangates terdapat 19 bulan yang dikategorikan kurang nyaman (THI>26) pada periode 2000-2009. Sementara hasil dari metode TCI dan HCI , Jatim Park 2 memiliki puncak kenyamanan iklim pada bulan Juni hingga September, sedangkan Taman Wisata Karangates pada bulan Juli dan Agustus.
2	Yusuf, Kalfuadi (2009)	Analisis <i>Temperature Humidity Index</i> (THI) dalam Hubungannya dengan Ruang Terbuka Hijau	Berdasarkan hasil analisis nilai indeks kenyamanan (THI) untuk Kabupaten Bungo berada dalam kondisi sedang. Nilai kisaran suhu permukaan Kabupaten Bungo pada bulan Agustus 2002 adalah 22°C sampai dengan 40°C, sedangkan nilai kelembaban relatif wilayah Kabupaten Bungo adalah 58% sampai 94%.
3	Soemarno, <i>et al</i> (2013)	Dynamic Of Green Open Space And Temperature Humidity Index In Malang City	Suhu pada kota Malang meningkat dari 24,7°C pada tahun 2010 menjadi 28,82°C pada akhir penelitian, sedangkan pada kelembaban relative dari 82,23% menurun menjadi 77,88%. Hal ini mengakibatkan hasil THI meningkat dari nilai THI 23,82 menjadi 27,53

Lanjutan Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
4	Eludoyin, O.M (2013)	Air temperature, relative humidity, climate regionalization and thermal comfort of Nigeria	Suhu minimum, rata-rata, dan maksimum adalah 21,4°C, 27,1°C, dan 32,8°C lalu untuk hasil kelembaban adalah 62%. Hasil analisis di Nigeria ialah untuk hasil pengukuran THI adalah 24,8, RSI 0,20 dan RSI 24,3
5	Hadi, Rohman (2012)	Evaluation Comfort Index City Park (Puputan Badung IGN Made Agung yard) Denpasar, Bali, using THI method	Nilai THI di Lapangan Puputan I Gusti Ngurah Made Agung pada bulan Mei 2012 masuk dalam kondisi nyaman. RTH kota lebih nyaman dari pada kota yang penuh dengan permukiman

Tabel 2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Diteliti oleh Penulis

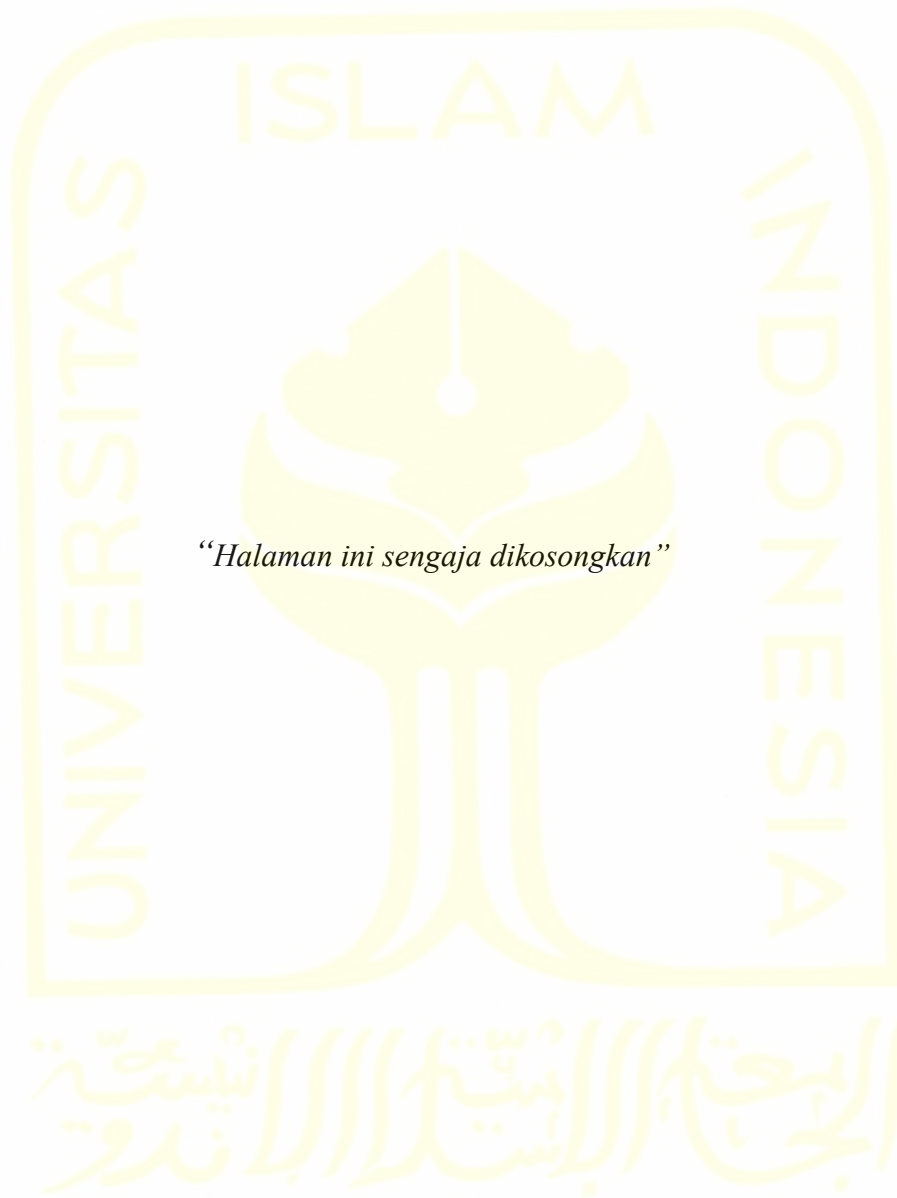
No	Perbedaan Penelitian
1	Penelitian yang dilakukan Ridwan menggunakan metode THI, HCI dan TCI untuk menganalisis kondisi iklim di Jatim Park 2 dan Karangates. Sedangkan metode yang akan dilakukan oleh penulis hanya dari segi iklim atau metode THI tetapi selain itu juga mengukur dari segi kondisi kenyamanan termal untuk mengetahui sensasi kenyamanan yang dirasakan oleh para wisatawan (Kurnia, 2016).
2	Penelitian yang dilakukan Kalfuadi menggunakan metode THI untuk Ruang Terbuka Hijau sebagai penentuan kondisi kenyamanan iklim. Sedangkan metode yang akan dilakukan oleh penulis menggunakan metode THI untuk kondisi kenyamanan iklim di daerah wisata selain itu penulis juga melakukan analisis kenyamanan termal (Yusuf, 2009).
3	Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui nilai suhu dan kelembaban dengan metode THI untuk wilayah perkotaan (Kota Malang). Sedangkan penulis melakukan penelitian pada tempat wisata yang sering menjadi destinasi tujuan para wisatawan (Soemarmo <i>et al</i> , 2013).



Lanjutan Tabel 2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Diteliti oleh Penulis

No	Perbedaan Penelitian
4	Penelitian menggunakan ET, THI dan RSI untuk mengetahui tingkat kenyamanan di negara Nigeria. Sedangkan penulis melakukan penelitian menggunakan THI untuk mengetahui tingkat kenyamanan iklim di suatu kawasan wisata (Eludoyin, 2013).
5	Penelitian yang dilakukan selain mengukur suhu dan kelembaban untuk metode THI tetapi juga menganalisis pengaruh tutupan vegetasi terhadap indeks kenyamanan. Sedangkan penulis hanya berfokus pada pengukuran THI dan kenyamanan termal di kawasan wisata Candi Borobudur (Hadi, 2012).





## BAB III METODE PENELITIAN

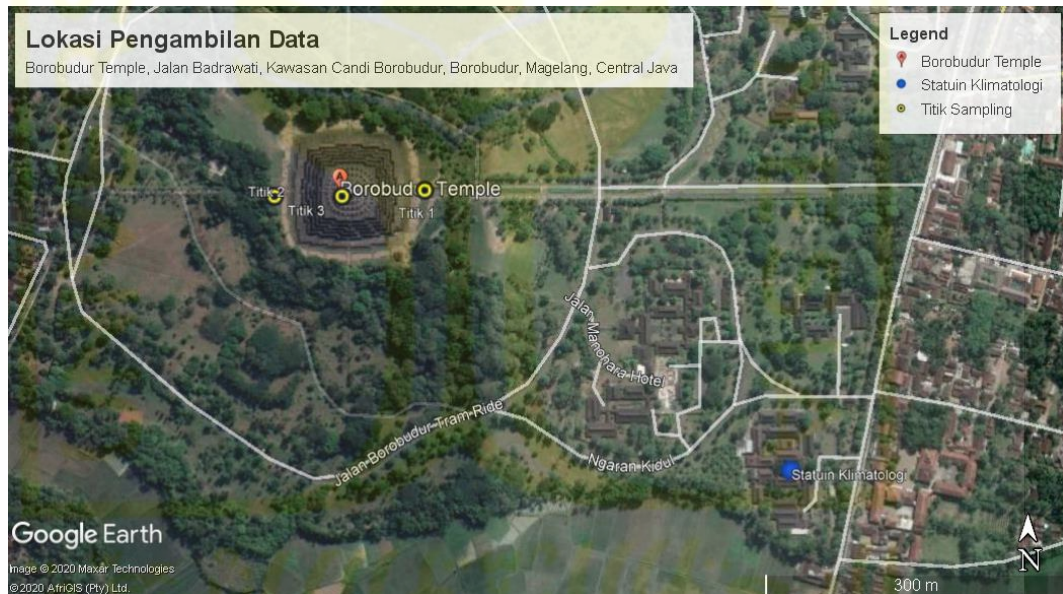
### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan Candi Borobudur. Waktu penelitian dilakukan saat musim hujan yakni bulan Desember 2019 s/d Januari 2020.

### 3.2 Metode Penelitian

#### 3.2.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Data

Lokasi penelitian dilakukan di kawasan Candi Borobudur, Magelang, Jawa Tengah. Data yang diambil adalah suhu udara, kelembaban relatif dan kecepatan angin. Data untuk penilaian kenyamanan termal, setiap titik pengamatan dalam satu hari diukur dilakukan 3 (tiga) kali pengukuran yaitu pada pagi hari, siang hari, dan sore hari (Effendy, 2014). Pengambilan 3 titik sampel tersebut berdasarkan lokasi yang ramai pengunjung, yakni titik 1 pintu masuk, pintu 2 pintu keluar, dan pintu 3 puncak stupa Candi Borobudur. Lokasi pengambilan data secara rinci terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi titik sampel di kawasan wisata Candi Borobudur

### 3.2.2 Pengukuran Parameter

#### A. Kenyamanan Iklim (THI)

Metode THI merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui suatu kenyamanan iklim di wilayah tertentu dan sudah banyak digunakan di daerah tropis. Dua parameter iklim yang digunakan yaitu suhu udara dan kelembaban relatif. Data tersebut merupakan data sekunder yang didapatkan dari Stasiun Cuaca Candi Borobudur yang dipantau oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang. Hasil perhitungan dipresentasikan ke dalam kategori yang nantinya menghasilkan indeks kenyamanan yang dirasakan manusia yang bersifat objektif (Tjasyono, 1996).

Penentuan indeks kenyamanan berdasarkan metode THI dikembangkan oleh Niewolt (1977) dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$THI = (0.8 \times T) + \left\{ \frac{RH \times T}{500} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

THI adalah nilai indeks kenyamanan, T adalah suhu udara dalam satuan (°C) dan RH adalah kelembaban relatif dalam satuan (%). Kemudian nilai indeks kenyamanan digunakan untuk menentukan kategori kenyamanan di wilayah kajian. Emmanuel (2005) mengategorikan kenyamanan berdasarkan penilaian responden yang kemudian didapat kategori berdasarkan rentang nilai THI yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kategori kenyamanan berdasarkan nilai THI

Nilai Index	Tingkat Kenyamanan Iklim
21-24	Nyaman
25-26	Setengah Tidak Nyaman
>26	Tidak Nyaman

Sumber: Niewolt and Mc Gregor (1998).

#### B. Kenyamanan Termal

Beberapa referensi teori untuk menentukan tingkat kenyamanan termal diantaranya adalah Fanger (1970), *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Fundamental, ISO 7730 : 2003, dll. Sangkertadi (2011) menyebutkan skala kenyamanan termal antara manusia yang berada di dalam ruang dan luar ruang berbeda. Sangkertadi (2013) merumuskan untuk perhitungan nilai kenyamanan termal di ruang luar dengan iklim lembab untuk aktifitas manusia jalan santai dan berpakaian tipe tropis adalah :

$$Y_{js} = -3.4 - 0.36 v + 0.04 Ta + 0.08 Tg - 0.01 RH + 0.96 A_{dv} \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk aktifitas manusia yang duduk santai berpakaian tropis adalah :

$$Y_{ds} = -7.9122 - 0.5215 v + 0.0468 Ta + 0.1673 Tg - 0.0007 RH + 1.4329 A_{dv} \dots (3)$$

Analisis ini perlu data iklim lokal dan data diri wisatawan. Data iklim lokal merupakan data primer meliputi kecepatan angin menggunakan alat anemometer, suhu dan kelembaban udara yang menggunakan alat thermohygrometer. Data tersebut diukur langsung dengan dua kondisi yang berbeda yaitu naungan dan tanpa naungan. Naungan di Candi Borobudur terdiri dari beberapa vegetasi pepohonan sedangkan tanpa naungan tidak memiliki vegetasi atau peneduh. Untuk data wisatawan berupa luas kulit tubuh. Untuk mendapatkan nilai Suhu Bola Hitam ( $T_{rad}$ ), berlaku persamaan sebagai berikut :

$$T_{rad} = (0.7 * Ta) + (0.3 * ((1.36 * Tw) - 2.358)).....(4)$$

Keterangan :

- $Y_{js}$  : Persepsi kenyamanan termal (jalan santai)
- $Y_{ds}$  : Persepsi kenyamanan termal (duduk)
- $T_a$  : Suhu udara (°C)
- $RH$  : Kelembaban relatif
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)
- $T_{rad}$  : Suhu radiasi bola (suhu bola hitam)
- $T_w$  : Suhu basah (°C)

Untuk mendapatkan nilai  $T_w$  dapat dilihat dari Gambar 2.

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																
Temperature in Degrees Celsius																
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
0	14.8	16.1	18.0	18.6	19.8	21.1	22.3	23.5	24.7	25.8	27.0	28.1	29.3	30.3	31.4	32.5
5	15.3	16.7	18.7	19.4	20.7	22.0	23.3	24.6	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.2	33.4	34.6
10	16.0	17.4	19.4	20.2	21.6	23.0	24.3	25.7	27.1	28.4	29.7	31.1	32.4	33.8	35.1	36.4
15	16.5	18.0	20.1	20.9	22.4	23.8	25.2	26.7	28.1	29.6	31.0	32.4	33.8	35.2	36.7	38.1
20	17.1	18.7	20.8	21.6	23.1	24.6	26.2	27.7	29.2	30.6	32.1	33.6	35.1	36.6	38.2	39.7
25	17.6	19.3	21.4	22.3	24.0	25.5	27.0	28.6	30.1	31.7	33.2	34.8	36.3	37.9	39.5	
30	18.2	19.8	22.0	23.0	24.6	26.2	27.8	29.4	31.0	32.7	34.2	35.9	37.4	39.1		
35	18.7	20.3	22.6	23.6	25.3	26.9	28.6	30.2	31.9	33.5	35.2	36.8	38.5			
40	19.3	20.9	23.2	24.3	26.0	27.6	29.4	31.0	32.7	34.4	36.1	37.8	39.5			
45	19.7	21.5	23.8	24.9	26.6	28.3	30.1	31.8	33.5	35.2	37.0	38.7				
50	20.2	22.0	24.3	25.5	27.3	29.0	30.8	32.5	34.3	36.1	37.9	39.6				
55	20.7	22.4	24.8	26.0	27.8	29.6	31.4	33.3	35.0	36.8	38.6					
60	21.1	22.9	25.4	26.6	28.4	30.2	32.1	34.0	35.7	37.5	39.4					
65	21.6	23.2	25.9	27.1	29.0	30.9	32.7	34.5	36.4	38.2						
70	22.1	23.9	26.4	27.6	29.4	31.4	33.3	35.1	37.0	38.9						
75	22.5	24.4	26.9	28.2	30.1	32.0	33.8	35.8	37.7	39.5						
80	22.9	24.8	27.4	28.7	30.6	32.5	34.4	36.3	38.2							
85	23.3	25.2	27.8	29.2	31.1	33.0	35.0	36.9	38.9							
90	23.7	25.7	28.3	29.6	31.6	33.5	35.5	37.5	39.5							
95	24.2	26.1	28.7	30.1	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0							
100	24.5	26.5	29.1	30.5	32.5	34.5	36.5	38.5								

NOTE: This chart is calculated using temperature and humidity, assuming a very clear sky (maximal solar load), and atmospheric pressure of 1ATA (760 mmHg). Chart A was developed by Professor Yoram Epstein to be used in Ariel's Checklist for hikers in Israel.

Gambar 2. *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT) dari Suhu dan Kelembaban Relatif

Sedangkan  $A_{DU}$  (Luar kulit tubuh manusia) berdasarkan formula Du Bois yang dikemukakan oleh Sangkertadi (2013), luas permukaan kulit adalah:

$$A_{DU} = 0.203p^{0,425}h^{0,75} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- $A_{DU}$  : Luas kulit tubuh manusia (m<sup>2</sup>)
- $p$  : Berat badan (kg)
- $h$  : Tinggi badan (m)

Luas permukaan kulit manusia pada penelitian ini menggunakan luasan kulit tubuh orang dewasa pada wisatawan lokal dan mancanegara. Nilai persepsi kenyamanan termal pada titik pengukuran diklasifikasikan sesuai skala kenyamanan termal. Skala kenyamanan termal hasil penelitian dan pengukuran menurut Sangkertadi (2013) seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 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

Setelah mendapatkan nilai  $Y_{js}$  dan  $Y_{ds}$  maka akan diketahui perbedaan nilai suhu (°C) di bawah naungan dan tanpa naungan. Menurut Abreau-Harbach *et al* (2015), tinggi pohon, ukuran dan bentuk tajuk merupakan fitur yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal lingkungan. Dimensi dan karakteristik pohon tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakter Fisik dan Dimensi Pohon

No	Jenis Vegetasi	Bentuk Tajuk	Dimensi Pohon			
			Tinggi Pohon (m)	Cabang Terendah (m)	Diameter Tajuk (m)	Jari-Jari Tajuk (m)
1	<i>Bucida molineti</i>	Kubah Terbuka	8	2	7	3.5
2	<i>Thuja orientalis</i>	Kerucut Tertutup	7	1.6	6	3

Sumber: Fadhlurrahman, 2018

## **BAB IV**

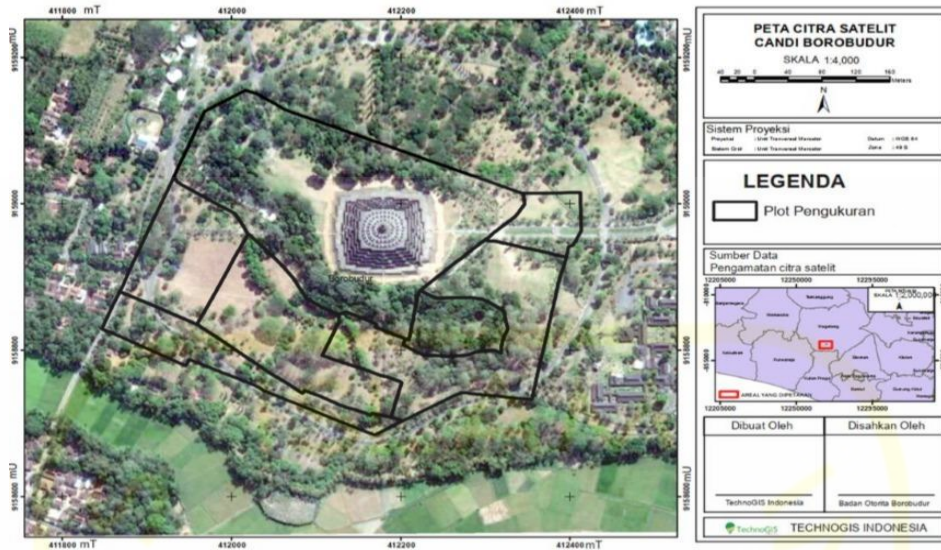
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Candi Borobudur**

Candi Borobudur merupakan candi Buddha terbesar di Indonesia yang terletak di Desa Borobudur, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Candi Borobudur memiliki panjang 121,66 meter, lebar 121,38 meter dan tinggi 35,40 meter. Menurut letak geografis Candi Borobudur dikelilingi oleh Gunung Merbabu dan Merapi di sebelah Timur, Gunung Sumbing dan Sindoro di sebelah utara, dan pegunungan Menoreh di sebelah selatan. Candi Borobudur dibangun untuk memuliakan agama Budha aliran Mahayana dan pemujaan nenek moyang. Ketiga tingkat ini dibedakan dengan relief-relief tertentu pada Candi Borobudur. Candi Borobudur terletak diatas bukit dengan ketinggian 265 dpl.

Berdasarkan hasil perhitungan Mohr (1933) mengenai klasifikasi iklim, klasifikasi iklim dibagi menjadi beberapa bagian yakni bulan basah, bulan lembab dan bulan kering. Diketahui bahwa kondisi iklim di Candi Borobudur selama 10 tahun terakhir didapatkan 8 bulan basah, 2 bulan lembab, dan 2 bulan kering, maka iklim di Candi Borobudur tersebut masuk pada kategori kelas 1 (Basah). Penelitian dilakukan pada Desember hingga Januari dimana hasil perhitungan Mohr (1933), di bulan tersebut masuk pada kategori bulan basah dan bertepatan dengan puncak libur sekolah dan akhir tahun.

Candi Borobudur memiliki 5 Zona, Zona 1 (radius 200 m) sebagai area suci untuk perlindungan monumen dan lingkungan, Zona 2 (radius 500 m) sebagai zona taman wisata arkeologi yaitu menyediakan fasilitas taman dan sejarah, Zona 3 (radius 2 km) adalah zona penggunaan tanah dengan aturan khusus, untuk mengontrol pengembangan daerah di sekitar taman wisata, selanjutnya Zona 4 (radius 5 km) sebagai zona perlindungan daerah bersejarah untuk perawatan dan pencegahan kerusakan Candi Borobudur dan yang terakhir yaitu Zona 5 (radius 10 km) adalah taman arkeologi nasional. Batu di Candi Borobudur berasal dari batu sungai sekitar Borobudur dengan volume sekitar 55.000 meter kubik. Pada penelitian ini titik pengamatan dilakukan di Zona 1, dikarenakan pada Zona 1 adalah kawasan Candi Borobudur yang merupakan zona pelestarian sehingga dapat mendukung penelitian ini. Peta zona Candi Borobudur terdapat pada Gambar 3. Candi Borobudur memiliki stasiun pengamatan cuaca. Stasiun tersebut dipantau langsung oleh Balai Konservasi Borobudur dengan radius  $\pm 10$  km. Stasiun pengamatan cuaca bertujuan untuk memantau kondisi cuaca di sekitar kawasan Candi Borobudur.



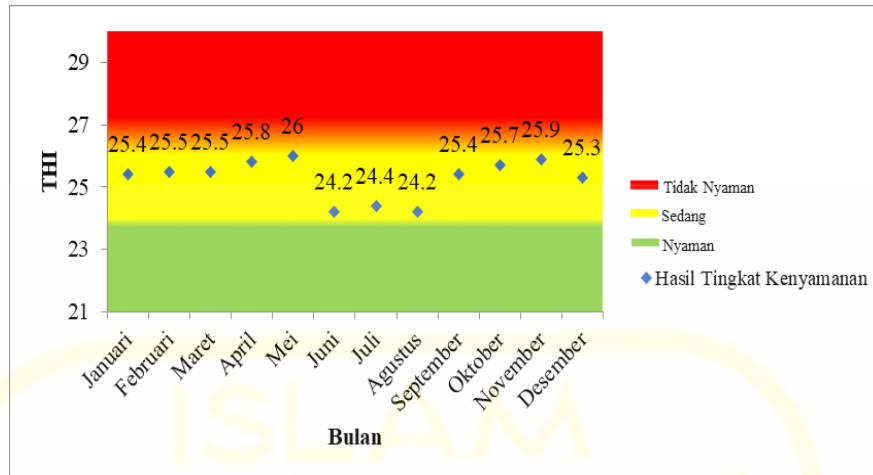
Gambar 3 Peta Zona Kawasan Candi Borobudur

## 4.2 Analisis Kenyamanan Iklim

Data yang digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan iklim di Kawasan Wisata Candi Borobudur adalah data dari stasiun cuaca Candi Borobudur yang dipantau oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang. Kondisi klimatologi di Candi Borobudur selama 10 tahun terakhir memiliki suhu udara minimum 21°C, suhu maksimum 33,2°C, suhu rata-rata 26,3°C dan kelembaban udara rata-rata 80,1%. Berdasarkan Gambar 4, hasil analisis dari rumus persamaan 1 yang menggunakan data bulanan suhu rata-rata (°C) dan kelembaban relatif (%) dalam 10 tahun terakhir hasilnya dikategorikan ke dalam skala kenyamanan iklim THI yang terdapat pada Tabel 3 sehingga dapat dinyatakan bahwa pada Juni hingga Agustus kondisi iklim di wilayah kawasan wisata Candi Borobudur masuk ke dalam kategori nyaman dengan rentang 21 hingga 24.

Hasil kenyamanan THI Desember hingga Mei mengalami kenaikan, hal tersebut dipengaruhi karena nilai rata-rata suhu udara dan kelembaban relatif yang meningkat sehingga indeks kenyamanan iklim masuk pada kategori sedang. Juni hingga Agustus memiliki nilai rentang yang hampir sama dan masuk kategori nyaman. Selanjutnya September hingga November mengalami kenaikan kembali dipengaruhi naiknya suhu udara dan kelembaban relatif. Naik dan turunnya nilai indeks kenyamanan yang terjadi dipengaruhi oleh nilai rata-rata suhu udara dan kelembaban relatif pada bulan-bulan tersebut. Data lengkap hasil analisis kenyamanan iklim dengan metode THI dapat dilihat pada Lampiran 1.





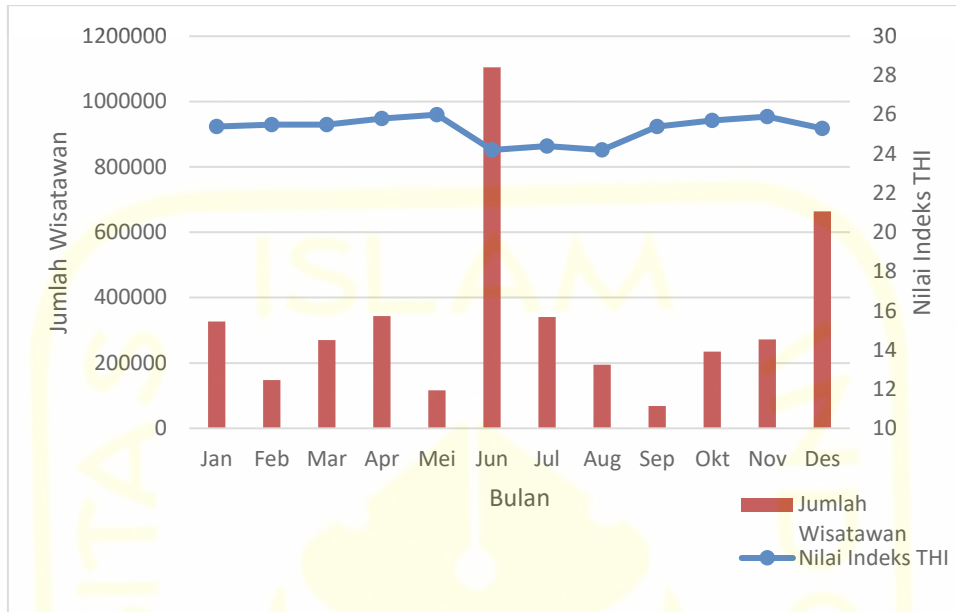
Gambar 4 Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim Berdasarkan Metode THI Pada Tahun 2010-2019 di Candi Borobudur

Nilai indeks yang melebihi ambang batas dapat menimbulkan rasa tidak nyaman bagi wisatawan ketika sedang berada di luar ruangan, sehingga kenyamanan yang dirasakan oleh wisatawan pun menurun. Kondisi iklim dihubungkan dengan perhitungan Mohr (1933) dengan persamaan THI maka didapatkan bahwa Juni masuk kategori bulan lembab, Juli kategori bulan kering dan Agustus masuk pada kategori bulan kering. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa kegiatan pariwisata lebih baik dilakukan pada bulan kering, selain itu juga mengingat bahwa aktivitas wisata terkait merupakan aktivitas *outdoor*.

Dalam penelitian ini metode THI memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan metode THI adalah metode ini sudah banyak dilakukan di daerah tropis selain itu perhitungannya lebih mudah apabila dibandingkan dengan metode TCI dan HCI dikarenakan hanya membutuhkan 2 parameter saja yakni suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban relatif (%), selain itu data yang diperlukan lebih mudah untuk didapatkan dikarenakan data tersedia di seluruh stasiun cuaca. Adapun kekurangan dari metode ini ialah jika dibandingkan dengan metode TCI dan HCI yaitu kurang banyak menggunakan parameter iklim sehingga hasilnya kurang akurat dan detail.

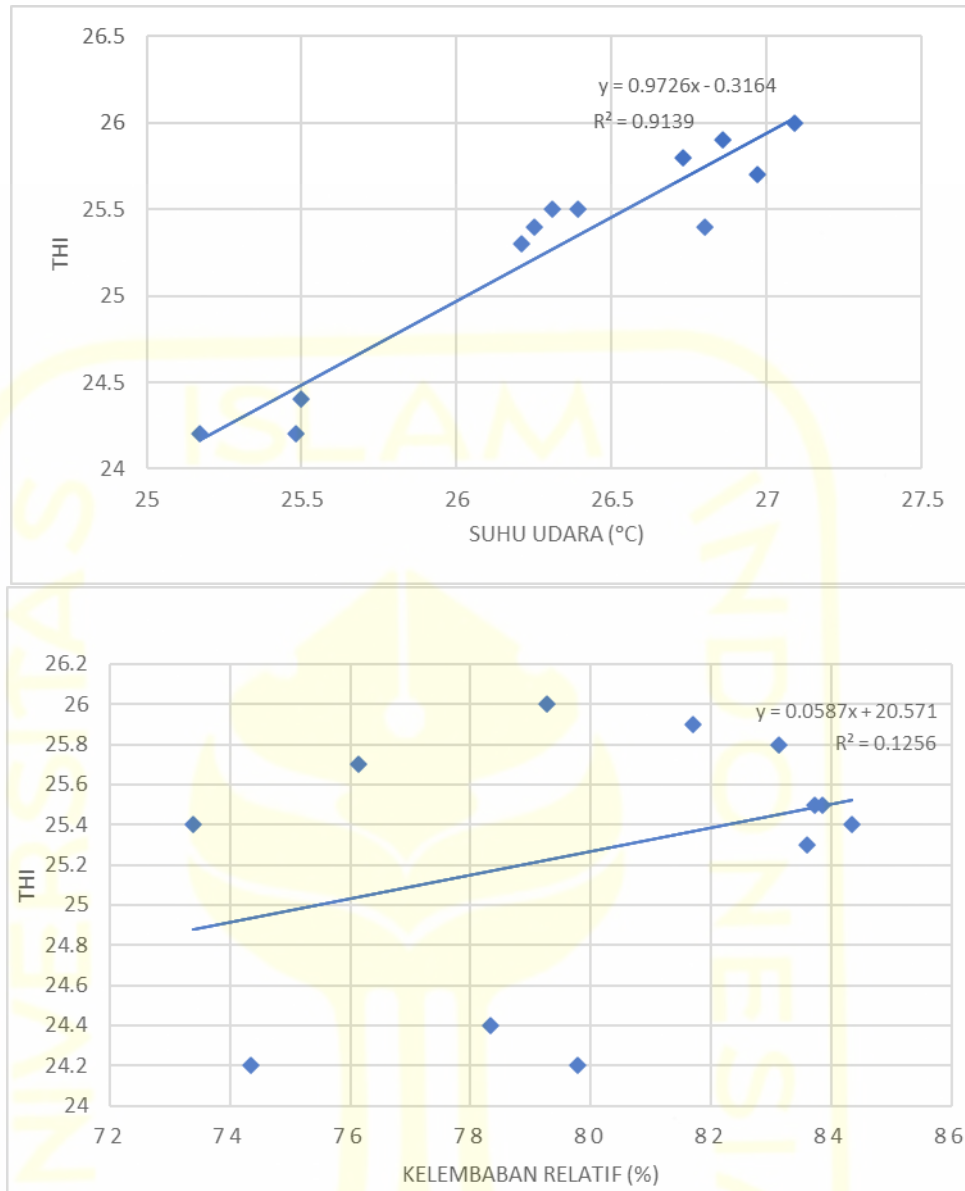
*Peak season* di Candi Borobudur terdapat di Juni dan Desember, dengan puncak jumlah pengunjung tertinggi terdapat di Juni. Dikaitkan dengan grafik perhitungan nilai THI dengan jumlah wisatawan di Candi Borobudur pada Gambar 5 menunjukkan bulan nyaman yang disarankan untuk berwisata adalah Juni. Hal tersebut dikarenakan Juni memiliki nilai suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya sehingga tingkat kenyamanan berwisata juga meningkat selain itu Juni merupakan periode musim libur. Menurut Hidayati dan Banja (2018) kenyamanan dalam berwisata dipengaruhi oleh kondisi suhu udara dimana apabila suhu lebih rendah maka tubuh akan terasa nyaman dan suhu udara yang tinggi akan mengakibatkan kondisi lingkungan panas dan kering yang dapat menurunkan aktivitas manusia dalam berwisata. Berbeda dengan Juli hingga November dan Januari hingga Mei jumlah pengunjung di Candi Borobudur mengalami penurunan, jika dikaitkan dengan nilai THI yang dihasilkan pada bulan tersebut masuk pada kategori setengah tidak nyaman yang artinya sebagian

pengunjung merasa tidak nyaman saat berada di Candi Borobudur selain itu bulan-bulan tersebut masuk pada kategori bulan basah.



Gambar 5. Hubungan Jumlah Pengunjung dengan Nilai Indeks THI

Hasil pengolahan kontribusi suhu udara dan kelembaban relatif untuk indeks THI dapat dilihat pada Gambar 6 dengan menggunakan regresi linier atau  $R^2$ . Regresi linier digunakan untuk mengetahui hubungan satu variabel dengan variabel lainnya. Berdasarkan hasil grafik regresi linier ( $R^2$ ) didapatkan bobot suhu sekitar 91%. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu udara memiliki kontribusi yang besar dibandingkan kelembaban relatif. Hubungan antara suhu udara dan THI adalah berbanding lurus yaitu semakin tinggi suhu udara maka nilai THI semakin tinggi. Hal ini sama dengan pernyataan Andani (2018), yang menyatakan hubungan suhu udara dan THI relatif berhubungan yaitu dengan adanya peningkatan suhu udara maka nilai THI juga akan mengalami kenaikan, namun apabila nilai suhu menurun maka nilai THI juga akan mengalami penurunan. Kontribusi kelembaban relatif THI hanya sekitar 13%. Menurut Kalfuadi (2009), nilai kelembaban udara menunjukkan nilai yang berkebalikan dengan suhu udara di setiap waktu pengukuran. Hal ini karena kelembaban relatif dipengaruhi oleh suhu udara namun tidak dengan sebaliknya. Seperti halnya semakin nilai suhu udara tinggi atau panas maka kelembaban akan rendah atau lebih kering, namun apabila kelembaban relatif tinggi maka tidak akan merubah nilai suhu. Nilai THI dengan kategori nyaman dari hasil perhitungan analisa diketahui bahwa rentang suhunya sekitar  $25^{\circ}\text{C}$  hingga  $26^{\circ}\text{C}$  dan nilai kelembaban rentang 74% hingga 79%.



Gambar 6. Hasil Regresi antara Suhu Udara dan Kelembaban Relatif dengan Nilai THI

### 4.3 Analisis Kenyamanan Termal

Pengambilan nilai tingkat kenyamanan termal dilakukan dengan mengukur kecepatan angin, kelembaban relatif, dan suhu udara selama 12 hari. Pada saat pengukuran, pengambilan data dilakukan di bawah naungan dan tanpa naungan. Naungan yang terdapat di Candi Borobudur terdiri atas beberapa jenis vegetasi pepohonan. Menurut Booth (1983), pengaruh naungan terhadap kenyamanan termal tergantung pada bentuk dan karakter tajuk pohon, tajuk pohon biasanya akan membentuk suatu bayangan yang nantinya memberi manfaat kepada wisatawan karena dapat mengurangi suhu udara. Menurut Abreau-Harbich *et al.* (2015), naungan yang berasal dari pohon dan jumlah radiasi yang tersaring berasal dari bentuk dan kerapatan tajuk.

Selain itu di Candi Borobudur juga memiliki perbedaan wisatawan, yakni antara wisatawan lokal dan wisatawan mancanegara. Kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh luas kulit tubuh manusia sebagai pelaku aktifitas. Wisatawan lokal dan wisatawan mancanegara memiliki tinggi badan dan berat badan yang berbeda-beda, sehingga akan mempengaruhi hasil termal di Candi Borobudur yang terdiri dari aktifitas jalan santai dan duduk santai. Menurut Bentham (2016), wisatawan mancanegara asal Belanda memiliki tinggi rata-rata 182,5 cm dan berat badan 68kg. Sedangkan menurut Sangkertadi (2013), wisatawan lokal memiliki tinggi badan 165cm dan berat badan 70kg. Hasil analisis kenyamanan termal di Zona 1 Kawasan Wisata Candi Borobudur yang dilakukan pengukuran pada tanggal 23 Desember 2019 s/d 3 Januari 2020 disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal

	Y <sub>js</sub>		Y <sub>ds</sub>	
	Lokal	Mancanegara	Lokal	Mancanegara
Naungan	0,64	0,75	0,29	0,45
Tanpa Naungan	1,33	1,08	1,21	1,37

Berdasarkan hasil pengukuran kenyamanan termal menunjukkan bahwa untuk jalan santai wisatawan lokal di naungan memiliki nilai 0,64 dan untuk jalan santai wisatawan mancanegara 0,75 nilai tersebut menunjukkan bahwa keduanya berada dalam kondisi agak panas. Selanjutnya untuk duduk santai wisatawan lokal memiliki nilai hasil 0,29 dan untuk duduk santai wisatawan mancanegara memiliki nilai hasil 0,45 dan dinyatakan nyaman. Dari hasil tersebut dinyatakan bahwa wisatawan lokal dan mancanegara di naungan lebih merasa nyaman saat duduk dibandingkan dengan jalan. Menurut Black dan Hawks (2005), posisi duduk lebih nyaman dibanding berjalan dikarenakan duduk dapat meningkatkan relaksasi otot-otot dalam usaha bernafas dan memudahkan paru-paru mengembang dengan maksimal sehingga dapat membantu pertukaran gas.

Untuk jalan santai wisatawan lokal tanpa naungan memiliki nilai 1,33 dan jalan santai wisatawan mancanegara tanpa naungan memiliki nilai 1,08 nilai tersebut menunjukkan keduanya berada di kondisi agak panas. Selanjutnya untuk duduk santai wisatawan lokal tanpa naungan memiliki nilai 1,21 dan duduk santai wisatawan mancanegara tanpa naungan memiliki nilai 1,37 dari hasil skala dinyatakan agak panas. Sehingga dapat dibandingkan bahwa wisatawan lokal dan mancanegara lebih nyaman saat kondisi duduk santai apabila berada di bawah naungan daripada tanpa naungan. Menurut Parker (1981), vegetasi akan melakukan proses fotosintesis sehingga selain mengurangi CO<sub>2</sub> dan meningkatkan O<sub>2</sub> juga dapat menurunkan suhu, vegetasi juga dapat menyejukkan lingkungan sekitarnya. Shahidan *et al.* (2010) juga menjelaskan bahwa panas radiasi semakin kecil akibat naungan seperti pepohonan, sehingga memberikan efek penurunan suhu udara permukaan tanah di bawah naungan tersebut.

Penelitian yang dilakukan di bawah naungan pada Desember hingga Januari berpotensi nyaman dengan ditandai warna hijau dan agak panas dengan warna oranye untuk skala termal, untuk kategori kenyamanan iklimnya masuk pada kategori sedang dengan warna kuning. Hasil skala termal dan iklim pada September memiliki hasil yang sama dengan Desember dan Januari. Juni, Juli dan Agustus kenyamanan termal masuk pada skala nyaman dengan warna hijau dan agak dingin dengan warna biru tua, hasil kenyamanan iklimnya nyaman ditandai dengan warna hijau. Untuk dibulan lainnya skala kenyamanan termal berpotensi agak panas dan panas ditandai warna merah dengan kategori kenyamanan iklim

sedang berwarna kuning. Potensi kenyamanan termal di bawah naungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Potensi Kenyamanan Termal di Bawah Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk Santai	Jalan santai	Duduk Santai	Jalan santai
Januari	25,4	0,29	0,64	0,45	0,75
Februari	25,5	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Maret	25,5	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
April	25,8	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Mei	26	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Juni	24,2	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Juli	24,4	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Agustus	24,2	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
September	25,4	0,29	0,64	0,45	0,75
Oktober	25,7	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
November	25,9	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Desember	25,3	0,29	0,64	0,45	0,75

Penelitian yang dilakukan di titik tanpa naungan pada Desember dan Januari memiliki hasil kenyamanan termal dengan skala agak panas berwarna oranye dengan kategori kenyamanan iklimnya yaitu sedang berwarna kuning. Hasil tersebut sama dengan September. Juni, Juli, dan Agustus hasil kenyamanan termal dan kenyamanan iklim masuk pada skala kategori nyaman yaitu berwarna hijau. Selanjutnya untuk dibulan lain hasil kenyamanan termal masuk pada skala panas ditandai warna merah dengan tingkat kenyamanan iklimnya sedang berwarna kuning. Dari seluruh hasil perhitungan potensi kenyamanan termal, perbedaan warna yang terdapat dikarenakan mengacu pada hasil rentang nilai kenyamanan iklim Desember dan Januari sesuai pada bulan pengukuran, sehingga untuk nilai potensi kenyamanan termal dibulan lainnya apabila memiliki nilai kenyamanan iklim lebih rendah daripada Desember dan Januari maka nilai potensi kenyamanan termalnya juga akan lebih rendah begitu pula sebaliknya. Potensi kenyamanan termal tanpa naungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk Santai	Jalan santai	Duduk Santai	Jalan santai
Januari	25,4	1,21	1,33	1,37	1,08
Februari	25,5	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Maret	25,5	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
April	25,8	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Mei	26	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Juni	24,2	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Juli	24,4	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Agustus	24,2	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
September	25,4	1,21	1,33	1,37	1,08
Oktober	25,7	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
November	25,9	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Desember	25,3	1,21	1,33	1,37	1,08

Keterangan:

Kategori Kenyamanan Berdasarkan Nilai THI	
21-24	Nyaman
25-26	Setengah Tidak Nyaman
>26	Tidak Nyaman
Skala Kenyamanan Termal	
Nilai Y	Persepsi
-1	Agak Dingin
0	Nyaman
1	Agak panas
2	Panas

#### 4.4 Rekayasa Lingkungan di Candi Borobudur

Penentuan tingkat kenyamanan bagi manusia dengan menggunakan metode THI serta kenyamanan termal yang telah diukur pada penelitian ini menghasilkan suatu nilai kenyamanan yang bervariasi. Hasil kenyamanan tersebut menyatakan bahwa ada beberapa kondisi atau keadaan dimana pengunjung merasa agak panas sehingga perlu adanya rekayasa lingkungan untuk menurunkan suhu yang nantinya dapat meningkatkan rasa nyaman pada pengunjung. Usulan yang diberikan untuk rekayasa lingkungan di Candi Borobudur antara lain peneduh seperti kanopi, alat pendingin *blower* dan vegetasi pepohonan. Beberapa jenis Vegetasi adalah kumpulan dari beberapa jenis tumbuhan dan elemen struktur vegetasi yang berbeda seperti jenis dan spesifikasi tajuk (Gem, 1996). Menurut Azwinur (2016), vegetasi (naungan pohon) akan memberikan sensasi kenyamanan dibandingkan dengan kawasan yang tidak memiliki naungan karena hal tersebut berkaitan dengan suhu udara, kelembaban relatif dan kecepatan angin yang ada di wilayah tersebut. Pemberian vegetasi pepohonan di Candi Borobudur dikarenakan Candi Borobudur merupakan cagar budaya yang harus dijaga dan tidak boleh merusak bentuk struktur Candi Borobudur. Jenis vegetasi yang telah terdapat di Candi Borobudur dapat dilihat pada Lampiran 6. Berikut jenis vegetasi yang direncanakan untuk meningkatkan kenyamanan di kawasan Candi Borobudur yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Rekomendasi Jenis Vegetasi Untuk Rekayasa Lingkungan

No	Jenis Vegetasi	Bentuk Tajuk	Dimensi Pohon				Penurunan Suhu (°C)
			Tinggi Pohon (m)	Cabang Terendah (m)	Diameter Tajuk (m)	Jari-Jari Tajuk (m)	
1	<i>Bucida molineti</i>	Kubah Terbuka	8	2	7	3.5	2.35

Sumber: Fadhlurrahman, 2018

*Bucida molineti* memiliki nama lain yaitu ketapang kencana. Pohon ini berfungsi sebagai tanaman peneduh, tanaman pelindung, dan tanaman pengarah jalan (Lestari dan Kencana, 2008). Ketapang kencana lebih banyak dimanfaatkan karena merupakan vegetasi lokal yang mudah ditemui dan mudah dalam perawatan selain itu pohon ketapang memiliki daun yang rindang sehingga teduh di bawahnya memberikan suasana nyaman selain itu sebagai pelindung dari cahaya matahari (Harisah, 2018). Pohon ketapang kencana menurunkan suhu - 2,35°C dari awal mula suhu rata-rata kenyamanan termal 32,6°C menjadi 30,25°C. Pohon ketapang kencana memiliki beberapa manfaat bagi lingkungan karena memiliki daun yang rindang sehingga membuat suasana di bawah pohon tersebut menjadi teduh. Pohon ketapang kencana bersifat menyejukkan udara yang panas karena memiliki dahan yang banyak dan bercabang sehingga melindungi dari sinar matahari, selain itu tumbuhan ini mampu menghasilkan O<sub>2</sub> yang dibutuhkan manusia dalam pernafasan (Makmur, 2019). Berikut terlihat pada Gambar 5 rekomendasi area penanaman vegetasi untuk pohon ketapang kencana.



Gambar 7 Rekomendasi Area Penanaman Vegetasi

Dewi (2011) menyatakan bahwa untuk pohon ketapang kencana memiliki jarak tanam  $\pm 3\text{m}$ . Penentuan titik rekomendasi area penanaman vegetasi dikarenakan dari hasil kondisi kenyamanan termal masih dirasakan kondisi nyaman dan agak panas sehingga diperlukan penanaman pohon ketapang kencana untuk meningkatkan suasana nyaman. Dari hasil luas area yang di dapat, diketahui adalah pada area 1 luas area sebesar  $24,3 \text{ m}^2$  kemudian dibagi dengan jarak tanam keliling didapat 2 batang pohon ketapang kencana yang ditanam. Area 2 memiliki luas area  $11,49 \text{ m}^2$  diketahui bahwa penanaman pohon sebanyak 1 batang dan pada luas area 3 adalah  $13,1 \text{ m}^2$  terdapat 1 batang pohon untuk ditanam di titik pintu masuk dikarenakan masih terdapatnya lahan untuk diberi vegetasi pepohonan.

Hasil penelitian kenyamanan termal dalam kondisi tanpa naungan sebelum diberi rekayasa lingkungan menunjukkan bahwa untuk jalan santai wisatawan lokal tanpa naungan memiliki nilai 1,51 dan untuk jalan santai wisatawan mancanegara 1,58 nilai tersebut menunjukkan bahwa keduanya berada dalam kondisi panas. Selanjutnya untuk duduk santai wisatawan lokal memiliki nilai hasil 1,56 dan untuk duduk santai wisatawan mancanegara memiliki nilai 1,72 dan dinyatakan panas. Dari hasil tersebut dinyatakan bahwa wisatawan lokal dan mancanegara saat berada di tanpa naungan merasa tidak nyaman dikarenakan kondisi yang panas. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 10.

Tabel 10 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Sebelum Diberi Rekayasa Lingkungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk)

	Yjs		Yds	
	Lokal	Mancanegara	Lokal	Mancanegara
Tanpa Naungan	1,51	1,58	1,56	1,72



Dari hasil rekomendasi rekayasa lingkungan pada pintu masuk dengan penambahan naungan vegetasi pepohonan *Bucida molineti* disebutkan oleh Fadhlurrahman (2018) bahwa jenis vegetasi pepohonan ini mampu menurunkan kondisi suhu 2,35°C dan menurut Femy *et al.* (2014) jenis pohon yang memiliki spesifikasi bentuk tajuk kubah terbuka mampu meningkatkan kelembaban relatif sekitar 5%. Hasil perhitungan rekomendasi rekayasa lingkungan terdapat pada Tabel 11 yang mana diketahui bahwa jalan santai wisatawan lokal setelah dinaungi didapatkan nilai 1,20 dan untuk jalan santai mancanegara 1,28 nilai tersebut menunjukkan bahwa keduanya berada dalam kondisi agak panas. Hasil nilai dari duduk santai wisatawan lokal ialah 1,06 dan untuk duduk santai wisatawan mancanegara 1,22 sehingga dapat diketahui bahwa keduanya masuk pada skala agak panas. Dapat dibandingkan kondisi kenyamanan termal sebelum dinaungi dengan setelah diberi naungan vegetasi pepohonan *Bucida molineti* diketahui skala kenyamanan termal meningkat.

Tabel 11 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Setelah Diberi Rekayasa Lingkungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk)

	Yjs		Yds	
	Lokal	Mancanegara	Lokal	Mancanegara
Tanpa Naungan	1,20	1,28	1,06	1,22

Hasil analisis perhitungan kenyamanan termal untuk September hingga Mei di titik pintu masuk tanpa naungan memiliki hasil kenyamanan termal dengan skala panas berwarna merah dengan kategori kenyamanan iklimnya yaitu sedang berwarna kuning. Juni, Juli, dan Agustus hasil kenyamanan termal masuk pada skala agak panas berwarna oranye dan kenyamanan iklim masuk pada skala kategori nyaman berwarna hijau. Potensi kenyamanan termal tanpa naungan di pintu masuk dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan di Pintu Masuk

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk Santai	Jalan santai	Duduk Santai	Jalan santai
Januari	25,4	1,56	1,51	1,72	1,58
Februari	25,5	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Maret	25,5	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
April	25,8	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Mei	26	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Juni	24,2	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Juli	24,4	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Agustus	24,2	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
September	25,4	1,56	1,51	1,72	1,58

Lanjutan Tabel 12. Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan di Pintu Masuk

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk Santai	Jalan santai	Duduk Santai	Jalan santai
Oktober	25,7	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
November	25,9	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Desember	25,3	1,56	1,51	1,72	1,58

Hasil perhitungan dari rekomendasi penambahan vegetasi di titik pintu masuk tanpa naungan memiliki hasil yang lebih rendah dari sebelumnya, yang mana titik tersebut belum dinaungi. Dapat disimpulkan bahwa lebih nyaman saat telah diberi naungan vegetasi pepohonan *Bucida molineti*. Pengukuran yang dilakukan dari Desember hingga Januari memiliki hasil kenyamanan termal dengan skala agak panas berwarna oranye dan kenyamanan iklim masuk kategori sedang berwarna kuning, hasil tersebut sama dengan September. Juni hingga Agustus memiliki skala kenyamanan termal dan kenyamanan iklim masuk kategori nyaman berwarna hijau. Selanjutnya untuk Februari hingga Mei lalu Oktober dan November memiliki skala kenyamanan termal panas berwarna merah dengan kenyamanan iklimnya sedang berwarna kuning. Hasil kenyamanan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan di Pintu Masuk Setelah Diberi Rekayasa Lingkungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk Santai	Jalan santai	Duduk Santai	Jalan santai
Januari	25,4	1,06	1,2	1,22	1,28
Februari	25,5	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Maret	25,5	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
April	25,8	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Mei	26	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Juni	24,2	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Juli	24,4	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Agustus	24,2	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
September	25,4	1,06	1,2	1,22	1,28
Oktober	25,7	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
November	25,9	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Desember	25,3	1,06	1,2	1,22	1,28

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian kenyamanan termal dan iklim di Candi Borobudur, maka dapat disimpulkan:

1. Kondisi kenyamanan iklim di Candi Borobudur dari hasil perhitungan indeks THI didapatkan bahwa bulan Juni hingga Agustus dikategorikan nyaman dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.
2. Kondisi kenyamanan termal dikategorikan nyaman untuk wisatawan lokal dan mancanegara pada saat berada di naungan saat sedang jalan santai dan duduk santai. Sedangkan tanpa naungan, wisatawan lokal dan mancanegara saat sedang duduk santai dan jalan santai merasa agak panas.
3. Rekomendasi lingkungan yang direkomendasikan adalah penanaman vegetasi pepohonan yaitu jenis pohon *Bucida molineti* dengan 3 titik area rekomendasi berdasarkan hasil kenyamanan termal. Titik area 1 luas 24,3 m<sup>2</sup> dengan 2 batang pohon, area 2 luas 11,49 m<sup>2</sup> dengan 1 batang pohon dan area 3 luas 13,1 m<sup>2</sup> dengan 1 batang pohon.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dan pemantauan di kawasan Candi Borobudur, maka dapat dirumuskan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi pihak pengelola Candi Borobudur  
Untuk meningkatkan kenyamanan termal di kawasan Candi Borobudur dapat dilakukan penambahan vegetasi pepohonan seperti *Bucida molineti* di area 1 luas 24,3 m<sup>2</sup> dengan 2 batang pohon secara berderet, area 2 luas 11,49 m<sup>2</sup> dengan 1 batang pohon dan area 3 luas 13,1 m<sup>2</sup> dengan 1 batang pohon yang dapat menurunkan suhu sebesar 2,35°C (Fadhurrahman, 2018).
2. Bagi peneliti selanjutnya  
Untuk penelitian selanjutnya dapat mengukur kenyamanan termal pada musim dan tempat wisata yang berbeda selain itu perlu adanya

penggunaan kuisioner kepada pengunjung sehingga dapat memperakurat hasil kenyamanan yang didapat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abreau-Harbich LV, LC Labaki, A Matzarakis. 2015. Effect of Tree Planting Design and Tree Species on Human Thermal Comfort in the Tropics. *Landscape and Urban Planning*. Elsevier 138(2015): 99-109
- Andani, N. 2018. *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island dan Keterkaitannya dengan Tingkat Kenyamanan Termal (Temperature Humidity Index) di Kota Semarang*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- ASHRAE. 2017. *American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers. Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55)*. ASHRAE: Atlanta US.
- Arifin, RR. 2011. *Analisis Dampak Perubahan Iklim Lokal terhadap Permintaan Pariwisata Kawasan Pantai Anyer, Banten (Kasus Pantai Bandulu Anyer)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Auliciems, A. and Szokolay, S. 2007. *Thermal Comfort*. PLEA Note 3. PLEA International University of Queensland.
- Azwinur. 2016. *Evaluasi Kenyamanan Termal dan Kualitas Estetika Pada Beberapa Taman Kota Banda Aceh*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bentham, J. Cesare, D.M., Stevens, A.G., Zhou, B., Bixby, H., dan Cowan, M. 2016. A Century of Trends in Adults Human Height. *eLife*. 5. 1-9.
- Black, M.J and Hawks, J.H (2005). Medical surgical nursing. *Clinical Management for Positive Outcomes*. St. louis: Elsevier. Inc
- Booth, NK. 1983. *Basic Elements of Landscape Architectural Design*. Waveland Press, Inc. Illinois.315 p.
- Dewi, Kemala. 2011. *Evaluasi Tanaman Tepi Jalan di Kampus IPB Darmaga Bogor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Effendy, S. dan Aprihatmoko F. 2014. *Kaitan Ruang Terbuka Hijau dengan Kenyamanan Termal Perkotaan*. J Agromet Indonesia.
- Emmanuel, R. 2005. Thermal Comfort Implications of Urbanization in a Warm-humid City: The Colombo Metropolitan Region (CMR). Sri Lanka. *J Build Environmental*. 40:1591-1601.

- Fadhlurrahman, M.M. 2018. *Pengaruh Naungan Pohon dengan Perbedaan Bentuk Tajuk dan Jarak Dari Pohon Terhadap Kenyamanan Termal di Puspiptek Serpong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort*. Danish Technical Press. Copenhagen.
- Femy, et al. 2014. *Pengaruh Tata Hijau Terhadap Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Pada Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian Serpong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Gem, C. 1996. *Kamus Saku Biologi*. Jakarta: Erlangga
- Hayati, J., Santun, R.P. dan Siti, N. 2013. *Pengembangan Ruang Terbuka Hijau dengan Pendekatan Kota Hijau di Kota Kandang*. Jurnal Tata Loka. 15 (4) : 306-316.
- Hidayat, IW. 2010. *The Ecological Role of Trees and Their Interactions in forming the Microclimate Amenity of Environment*. J Bumi Lestari 10(2):182-190
- Hilman, M. 2007. *Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Harisah, A. 2018. *Evaluasi Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Pada Kawasan Perkantoran Provinsi Gorontalo*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- International Standard Organization, 2003. *ISO Standard 7730: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*.
- Kakon, AN, Nobuo M, Kojima S, Yoko T. 2010. Assessment of Thermal Comfort in Respect to Building Height in a High- Density City in the Tropics. *J Engineering and Applied Sciences* 3(3):545-551.
- Kalfuadi, Y. 2009. *Analisis Temperature Heat Index (THI) dalam Hubungannya dengan Ruang Terbuka Hijau (Studi Kasus: Kabupaten Bungo-Propinsi Jambi)*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kartasapoetra, Ance Gunarsih. 2004. *Klimatologi : Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara
- Karyono, TS. 2005. *Fungsi Ruang Hijau Kota Ditinjau dari Aspek Keindahan, Kenyamanan, Kesehatan, dan Penghematan Energi*. J Tek Ling. 6(3):452-457.
- Karyono, T.H. 2010. *Green Architecture: Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*. Jakarta: Rajawali Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. *Dampak Perubahan Iklim*. Jakarta: Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.

- Lakitan, B. 2002. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lestari, G dan Puspa Kencana, I. 2015. *Tanaman Hias Lanskap*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Makmur. 2019. *Program Green Campus Melalui Penanaman Pohon Ketapang Kencana dan Ki Hujan dalam Upaya Mengurangi Global Warming*. Mejene: Universitas Sulawesi Barat.
- McIntyre, D.A. 1980. *Indoor Climate*, Applied Science, UK.
- Nieuwolt, S dan Mc Gregor, G.R. 1998. *Tropical Climatology*. John Wiley & Sons Ltd. New York
- Nugroho, M.A. 2011. A Preliminary Study of Thermal Environment in Malaysia's Terraced Houses. *Journal and Economic Engeneering*: 2(1), 25- 28.
- Olgyay, V. 1963. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Arvhitectural Regionalism*. Princenton University Press. Princenton.
- Parker, J. 1981. *Uses of andscaping for Energy Conservation*. Florida International University and the Governor's Energy Office of Florida.
- Pitana dan Diarta. 2009. *Pengantar Ilmu Pariwisata*. Yogyakarta : ANDI
- Sangkertadi, 2013. *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*. Bandung: Penerbit Alfabeta
- Setyowati, D.L. 2008. *Iklm Mikro dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang*. J Manus Lingkungan. 15(3): 125-140.
- Shahidan, M.F, Shariff MKM., Jones P, Shalleh E, Abdullah AM. 2010. A Comparison of Mesua ferrea L. And Hurra crepitans L. For Shade Creation and Radiation Modification in Improving Thermal Comfort. *J Landscape and Urban Planning*. 97:168- 181.
- Tauhid, 2008. *Kajian Jarak Jangkau Efek Vegetasi Pohon terhadap Suhu Udara Pada Siang Hari di Perkotaan (Studi kasus : kawasan Simpang Lima Kota Semarang)*. Prodi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. 95.
- Tjasyono, B. 1996. *Klimatologi Terapan*. Bandung: Pionir Jaya
- Turco, S.H.N., Silva, T.G.F., Oliveira, G.M., Leilatao, M.M.V.B.R., Moura, M.S.B., Pinheiro, C., Padhilha, C.V.S. 2008. Estimating black globe temperature based on meteorological data. In: *International Conference Of Agricultural Engineering; Brazilian Congress Of Agricultural Engineering*. 37.

Wendoris, T. 2008. *Mengenal Candi-candi Nusantara*. Yogyakarta: Pustaka Widyatama.

Zahra, A.F, Sitawati dan Suryanto, A. 2014. Evaluasi Keindahan dan Kenyamanan RTH Alun-alun Kota Batu. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(7):524-532.





## LAMPIRAN

Lampiran 1. Klasifikasi Iklim Tahun 2010-2019 Berdasarkan Mohr (1933)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
2010	328	270	342	172	307	98	43	98	221	359	193	313
2011	349	139	176	197	110	0	8	0	24	252	252	407
2012	380	327	234	201	90	3	0	0	2	33	165	351
2013	451	311	171	437	194	181	75	0	0	114	206	328
2014	328	213	217	194	46	168	60	3	0	7	211	588
2015	577	336	319	424	9	0	0	0	0	0	76	361
2016	156	76	359	250	137	382	243	60	453	212	416	164
2017	389	333	205	370	172	114	37	0	66	220	477	271
2018	517	317	318	87	20	2	14	0	0	0	299	342
2019	513	237	438	243	11	0	0	1	0	1	24	189
Total	3988	2559	2779	2575	1096	948	480	162	766	1198	2319	3314
Rata-rata	398,8	255,9	277,9	257,5	109,6	94,8	48	16,2	76,6	119,8	231,9	331,4
DKB	BB	BB	BB	BB	BB	BL	BK	BK	BL	BB	BB	BB

Lampiran 2. Hasil perhitungan kenyamanan iklim di Candi Borobudur

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2010	26	27	27	27	27	27	27	26	27	27	27	26
2011	26	26	24	24	24	22	22	20	26	23	24	24
2012	25	25	25	26	27	25	24	24	25	26	26	26
2013	25	25	26	26	26	25	25	24	24	26	26	25
2014	25	25	26	26	26	26	25	24	25	26	26	25
2015	25	25	25	26	26	25	24	25	25	26	26	26
2016	26	25	26	26	26	25	25	25	25	26	25	25
2017	25	25	26	25	25	25	24	25	25	26	25	26
2018	25	25	26	26	26	26	24	24	27	26	28	25
2019	26	26	25	26	26	15	24	24	24	26	26	26
<b>AVE</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>25</b>

Lampiran 3. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada pagi hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.11-08.21		
Naungan	RH (%)	59,7
	Suhu (°C)	33,5
	Kec.angin (Km/h)	5,0
08.22-08.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	63,4
	Suhu (°C)	32,2
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.35-08.45		
Naungan	RH (%)	75,6
	Suhu (°C)	30,1
	Kec.angin (Km/h)	2,5
08.46-08.56		
Tanpa Naungan	RH (%)	68,5
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	4,6
Titik 3 (Stupa)		
09.02-09.12		
Tanpa Naungan	RH (%)	48,5
	Suhu (°C)	36,6
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Hari/Tanggal : 24/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.06-08.16		

Naungan	RH (%)	41,8
	Suhu (°C)	39,1
	Kec.angin (Km/h)	2,7
08.17-08.27		
Tanpa Naungan	RH (%)	31,0
	Suhu (°C)	47,2
	Kec.angin (Km/h)	0,9
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.30-08.40		
Naungan	RH (%)	51,0
	Suhu (°C)	34,7
	Kec.angin (Km/h)	3,5
08.41-08.50		
Tanpa Naungan	RH (%)	34,1
	Suhu (°C)	45,0
	Kec.angin (Km/h)	3,0
Titik 3 (Stupa)		
08.56-09.06		
Tanpa Naungan	RH (%)	25,2
	Suhu (°C)	48,9
	Kec.angin (Km/h)	1,2
Hari/Tanggal : 25/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.08-08.18		
Naungan	RH (%)	57,9
	Suhu (°C)	34,1
	Kec.angin (Km/h)	2,8

08.19-08.29		
Tanpa Naungan	RH (%)	49,2
	Suhu (°C)	34,7
	Kec.angin (Km/h)	0,7
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.31-08.41		
Naungan	RH (%)	50,3
	Suhu (°C)	35,8
	Kec.angin (Km/h)	0,6
08.42-08.52		
Tanpa Naungan	RH (%)	43,7
	Suhu (°C)	41,5
	Kec.angin (Km/h)	2,0
Titik 3 (Stupa)		
08.57-09.07		
Tanpa Naungan	RH (%)	34,5
	Suhu (°C)	44,1
	Kec.angin (Km/h)	1,5
Hari/Tanggal : 26/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.00-08.10		
Naungan	RH (%)	44,1
	Suhu (°C)	38,9
	Kec.angin (Km/h)	3,3
08.11-08.21		
Tanpa Naungan	RH (%)	42,5
	Suhu (°C)	41,1
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.23-08.33		
Naungan	RH (%)	55,4

	Suhu (°C)	35,0
	Kec.angin (Km/h)	3,5
08.34-08.44		
Tanpa Naungan	RH (%)	46,7
	Suhu (°C)	39,5
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Titik 3 (Stupa)		
08.50-09.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,9
	Suhu (°C)	39,5
	Kec.angin (Km/h)	1,3
Hari/Tanggal : 27/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.00-08.10		
Naungan	RH (%)	47,9
	Suhu (°C)	37,7
	Kec.angin (Km/h)	2,1
08.11-08.22		
Tanpa Naungan	RH (%)	36,4
	Suhu (°C)	46,0
	Kec.angin (Km/h)	4,7
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.24-08.34		
Naungan	RH (%)	55,4
	Suhu (°C)	33,9
	Kec.angin (Km/h)	4,1
08.35-08.45		
Tanpa Naungan	RH (%)	43,9
	Suhu (°C)	40,5
	Kec.angin (Km/h)	4,6

Titik 3 (Stupa)		
08.49-08.59		
Tanpa Naungan	RH (%)	39,8
	Suhu (°C)	41,9
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Hari/Tanggal : 28/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.15-08.25 ; 08.26-08.36		
Naungan	RH (%)	45,9
	Suhu (°C)	37,6
	Kec.angin (Km/h)	2,9
Tanpa Naungan	RH (%)	39,8
	Suhu (°C)	39,2
	Kec.angin (Km/h)	2,7
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.38-08.48 ; 08.49-08.59		
Naungan	RH (%)	66,0
	Suhu (°C)	31,9
	Kec.angin (Km/h)	5,6
Tanpa Naungan	RH (%)	61,4
	Suhu (°C)	32,1
	Kec.angin (Km/h)	3,2
Titik 3 (Stupa)		
09.06-09.16		
Tanpa Naungan	RH (%)	39,6
	Suhu (°C)	38,8
	Kec.angin (Km/h)	4,3
Hari/Tanggal : 29/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.00-08.10 ; 08.11-08.21		
Naungan	RH (%)	54,5

	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	0,4
Tanpa Naungan	RH (%)	45,3
	Suhu (°C)	39,9
	Kec.angin (Km/h)	0,4
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.23-08.33 ; 08.34-08.44		
Naungan	RH (%)	68,0
	Suhu (°C)	30,6
	Kec.angin (Km/h)	3,9
Tanpa Naungan	RH (%)	61,8
	Suhu (°C)	31,2
	Kec.angin (Km/h)	4,1
Titik 3 (Stupa)		
08.50-09.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	35,1
	Suhu (°C)	37,5
	Kec.angin (Km/h)	2,2
Hari/Tanggal : 30/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.20-08.30 ; 08.31-08.41		
Naungan	RH (%)	64,8
	Suhu (°C)	24,3
	Kec.angin (Km/h)	6,6
Tanpa Naungan	RH (%)	64,0
	Suhu (°C)	32,7
	Kec.angin (Km/h)	4,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.43-08.53 ; 08.54-09.04		
Naungan	RH (%)	74,0

	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	4,6
Tanpa Naungan	RH (%)	68,4
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	5,6
Titik 3 (Stupa)		
09.09-09.19		
Tanpa Naungan	RH (%)	49,2
	Suhu (°C)	35,2
	Kec.angin (Km/h)	5,2
Hari/Tanggal : 31/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.02-08.12 ; 08.13-08.23		
Naungan	RH (%)	41,4
	Suhu (°C)	39,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9
Tanpa Naungan	RH (%)	31,9
	Suhu (°C)	46,5
	Kec.angin (Km/h)	5,3
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.25-08.35 ; 08.36-08.46		
Naungan	RH (%)	44,5
	Suhu (°C)	38,1
	Kec.angin (Km/h)	3,8
Tanpa Naungan	RH (%)	43,3
	Suhu (°C)	43,2
	Kec.angin (Km/h)	3,5
Titik 3 (Stupa)		
08.50-09.00		
Tanpa	RH (%)	27,6

Naungan	Suhu (°C)	47,9
	Kec.angin (Km/h)	1,4
Hari/Tanggal : 01/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.18-08.28 ; 08.29-08.39		
Naungan	RH (%)	42,6
	Suhu (°C)	39,0
	Kec.angin (Km/h)	3,2
Tanpa Naungan	RH (%)	42,5
	Suhu (°C)	40,1
	Kec.angin (Km/h)	2,2
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.42-08.52 ; 08.53-08.03		
Naungan	RH (%)	55,0
	Suhu (°C)	31,9
	Kec.angin (Km/h)	0,9
Tanpa Naungan	RH (%)	46,6
	Suhu (°C)	39,5
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 3 (Stupa)		
09.08-09.18		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,4
	Suhu (°C)	34,4
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Hari/Tanggal : 02/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.02-08.12 ; 08.13-08.23		
Naungan	RH (%)	54,9
	Suhu (°C)	33,0
	Kec.angin (Km/h)	0,7

Tanpa Naungan	RH (%)	44,5
	Suhu (°C)	39,7
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.25-08.35 ; 08.36-08.46		
Naungan	RH (%)	67,7
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	4,7
Tanpa Naungan	RH (%)	60,5
	Suhu (°C)	31,0
	Kec.angin (Km/h)	7,0
Titik 3 (Stupa)		
08.50-09.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	36,6
	Suhu (°C)	37,4
	Kec.angin (Km/h)	4,4
Hari/Tanggal : 03/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.23-08.33 ; 08.34-08.44		

Naungan	RH (%)	54,0
	Suhu (°C)	33,9
	Kec.angin (Km/h)	0,9
Tanpa Naungan	RH (%)	44,3
	Suhu (°C)	39,6
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.46-08.56 ; 08.57-09.07		
Naungan	RH (%)	67,7
	Suhu (°C)	30,4
	Kec.angin (Km/h)	4,5
Tanpa Naungan	RH (%)	61,4
	Suhu (°C)	31,2
	Kec.angin (Km/h)	6,8
Titik 3 (Stupa)		
09.11-09.21		
Tanpa Naungan	RH (%)	36,1
	Suhu (°C)	37,9
	Kec.angin (Km/h)	3,9

Lampiran 4. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada siang hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata
13.03-13.13		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
Naungan	RH (%)	46,4
	Suhu (°C)	37,8
	Kec.angin (Km/h)	2,6
13.15-13.25		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,3
	Suhu (°C)	40,2
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.29-13.39		
Naungan	RH (%)	53,6
	Suhu (°C)	36,8
	Kec.angin (Km/h)	2,2
13.40-13.50		
Tanpa Naungan	RH (%)	47,6
	Suhu (°C)	40,3
	Kec.angin (Km/h)	1,9
Titik 3 (Stupa)		
13.58-14.08		
Tanpa Naungan	RH (%)	41,8
	Suhu (°C)	39,8
	Kec.angin (Km/h)	3,0
Hari/Tanggal : 24/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.57-13.07		
Naungan	RH (%)	40,6
	Suhu (°C)	37,8

	Kec.angin (Km/h)	5,2
13.08-13.18		
Tanpa Naungan	RH (%)	33,2
	Suhu (°C)	43,3
	Kec.angin (Km/h)	3,2
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.21-13.31		
Naungan	RH (%)	42,2
	Suhu (°C)	36,5
	Kec.angin (Km/h)	5,4
13.32-13.42		
Tanpa Naungan	RH (%)	35,5
	Suhu (°C)	40,5
	Kec.angin (Km/h)	2,5
Titik 3 (Stupa)		
13.48-13.58		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,2
	Suhu (°C)	37,0
	Kec.angin (Km/h)	4,3
Hari/Tanggal : 25/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.57-13.07		
Naungan	RH (%)	81,0
	Suhu (°C)	27,5
	Kec.angin (Km/h)	9,3
13.09-13.19		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,8
	Suhu (°C)	29,0
	Kec.angin (Km/h)	2,1



Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.23-13.33		
Naungan	RH (%)	72,9
	Suhu (°C)	29,6
	Kec.angin (Km/h)	1,3
13.34-13.44		
Tanpa Naungan	RH (%)	72,9
	Suhu (°C)	30,4
	Kec.angin (Km/h)	3,4
Titik 3 (Stupa)		
13.49-13.59		
Tanpa Naungan	RH (%)	31,6
	Suhu (°C)	45,4
	Kec.angin (Km/h)	4,1
Hari/Tanggal : 26/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.03-13.13		
Naungan	RH (%)	65,9
	Suhu (°C)	31,2
	Kec.angin (Km/h)	3,7
13.14-13.24		
Tanpa Naungan	RH (%)	66,9
	Suhu (°C)	31,5
	Kec.angin (Km/h)	4,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.27-13.37		
Naungan	RH (%)	74,1
	Suhu (°C)	30,3
	Kec.angin (Km/h)	1,3
13.38-13.48		
Tanpa	RH (%)	72,1

Naungan	Suhu (°C)	30,9
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 3 (Stupa)		
13.53-14.03		
Tanpa Naungan	RH (%)	51,5
	Suhu (°C)	31,1
	Kec.angin (Km/h)	1,5
Hari/Tanggal : 27/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.56-13.06		
Naungan	RH (%)	72,7
	Suhu (°C)	28,4
	Kec.angin (Km/h)	5,8
13.07-13.17		
Tanpa Naungan	RH (%)	63,3
	Suhu (°C)	31,5
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.20-13.30		
Naungan	RH (%)	69,2
	Suhu (°C)	29,6
	Kec.angin (Km/h)	2,2
13.31-13.41		
Tanpa Naungan	RH (%)	63,3
	Suhu (°C)	31,9
	Kec.angin (Km/h)	1,3
Titik 3 (Stupa)		
13.47-13.57		
Tanpa Naungan	RH (%)	35,6
	Suhu (°C)	43,6
	Kec.angin	2,4

	(Km/h)	
Hari/Tanggal : 28/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.07-13.17		
Naungan	RH (%)	48,3
	Suhu (°C)	35,4
	Kec.angin (Km/h)	2,6
13.18-13.28		
Tanpa Naungan	RH (%)	39,2
	Suhu (°C)	42,6
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.30-13.40		
Naungan	RH (%)	67,3
	Suhu (°C)	32,0
	Kec.angin (Km/h)	4,9
13.41-13.51		
Tanpa Naungan	RH (%)	69,5
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 3 (Stupa)		
13.57-14.07		
Tanpa Naungan	RH (%)	43,1
	Suhu (°C)	37,3
	Kec.angin (Km/h)	4,5
Hari/Tanggal : 29/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.07-13.17		
Naungan	RH (%)	54,3
	Suhu (°C)	32,6
	Kec.angin (Km/h)	3,1

13.18-13.28		
Tanpa Naungan	RH (%)	46,8
	Suhu (°C)	40,0
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.31-13.41		
Naungan	RH (%)	67,3
	Suhu (°C)	32,0
	Kec.angin (Km/h)	4,9
13.42-15.52		
Tanpa Naungan	RH (%)	69,5
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 3 (Stupa)		
13.57-14.07		
Tanpa Naungan	RH (%)	31,9
	Suhu (°C)	44,3
	Kec.angin (Km/h)	1,4
Hari/Tanggal : 30/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.14-13.24		
Naungan	RH (%)	43,1
	Suhu (°C)	36,8
	Kec.angin (Km/h)	1,9
13.25-13.35		
Tanpa Naungan	RH (%)	35,9
	Suhu (°C)	41,0
	Kec.angin (Km/h)	2,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.38-13.48		

Naungan	RH (%)	43,5
	Suhu (°C)	36,7
	Kec.angin (Km/h)	5,0
13.50-14.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	33,2
	Suhu (°C)	41,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9
Titik 3 (Stupa)		
14.07-14.17		
Tanpa Naungan	RH (%)	46,8
	Suhu (°C)	35,3
	Kec.angin (Km/h)	4,2
Hari/Tanggal : 31/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.43-12.53		
Naungan	RH (%)	46,4
	Suhu (°C)	37,8
	Kec.angin (Km/h)	2,6
12.54-13.05		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,3
	Suhu (°C)	40,2
	Kec.angin (Km/h)	3,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.08-13.18		
Naungan	RH (%)	53,6
	Suhu (°C)	36,8
	Kec.angin (Km/h)	2,3
13.19-13.29		
Tanpa Naungan	RH (%)	47,6
	Suhu (°C)	40,3
	Kec.angin	2,0

	(Km/h)	
Titik 3 (Stupa)		
13.35-13.45		
Tanpa Naungan	RH (%)	41,9
	Suhu (°C)	39,7
	Kec.angin (Km/h)	3,1
Hari/Tanggal : 01/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.02-13.12		
Naungan	RH (%)	40,6
	Suhu (°C)	37,7
	Kec.angin (Km/h)	5,2
13.13-13.23		
Tanpa Naungan	RH (%)	33,3
	Suhu (°C)	43,3
	Kec.angin (Km/h)	3,2
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.25-13.35		
Naungan	RH (%)	42,2
	Suhu (°C)	36,5
	Kec.angin (Km/h)	5,5
13.36-13.46		
Tanpa Naungan	RH (%)	35,5
	Suhu (°C)	40,6
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 3 (Stupa)		
13.51-14.01		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,2
	Suhu (°C)	37,0
	Kec.angin (Km/h)	4,4
Hari/Tanggal : 02/01/2020		

Titik 1 (Pintu Masuk)		
13.11-13.21		
Naungan	RH (%)	53,3
	Suhu (°C)	34,4
	Kec.angin (Km/h)	4,6
13.22-13.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,1
	Suhu (°C)	37,4
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.35-13.45		
Naungan	RH (%)	57,9
	Suhu (°C)	33,4
	Kec.angin (Km/h)	3,7
13.46-13.56		
Tanpa Naungan	RH (%)	53,8
	Suhu (°C)	35,7
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Titik 3 (Stupa)		
14.02-14.12		
Tanpa Naungan	RH (%)	47,8
	Suhu (°C)	34,1
	Kec.angin (Km/h)	3,1
Hari/Tanggal : 03/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.47-12.57		
Naungan	RH (%)	66,1
	Suhu (°C)	31,1
	Kec.angin (Km/h)	3,9
12.58-13.08		
Tanpa	RH (%)	66,9

Naungan	Suhu (°C)	31,5
	Kec.angin (Km/h)	4,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.11-13.21		
Naungan	RH (%)	73,6
	Suhu (°C)	30,3
	Kec.angin (Km/h)	1,8
13.22-13.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	72,1
	Suhu (°C)	30,9
	Kec.angin (Km/h)	2,2
Titik 3 (Stupa)		
13.38-14.08		
Tanpa Naungan	RH (%)	51,4
	Suhu (°C)	31,1
	Kec.angin (Km/h)	1,9

Lampiran 5. Hasil pengukuran kenyamanan termal di Candi Borobudur pada sore hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.05-16.15		
Naungan	RH (%)	76,5
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	1,1
16.17-16.27		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,9
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	2,2
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.32-16.42		
Naungan	RH (%)	76,0
	Suhu (°C)	29,0
	Kec.angin (Km/h)	3,1
16.44-16.54		
Tanpa Naungan	RH (%)	73,0
	Suhu (°C)	29,8
	Kec.angin (Km/h)	2,5
Titik 3 (Stupa)		
17.00-17.10		
Tanpa Naungan	RH (%)	66,4
	Suhu (°C)	29,3
	Kec.angin (Km/h)	4,2
Hari/Tanggal : 24/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.48-15.58		
Naungan	RH (%)	79,7
	Suhu (°C)	27,3
	Kec.angin (Km/h)	1,3
16.00-16.10		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,9
	Suhu (°C)	27,5
	Kec.angin (Km/h)	1,4
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.14-16.24		
Naungan	RH (%)	67,9
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	0,3
16.27-16.37		
Tanpa Naungan	RH (%)	88,9
	Suhu (°C)	25,8
	Kec.angin (Km/h)	1,9
Titik 3 (Stupa)		
16.44-16.54		
Tanpa Naungan	RH (%)	83,1
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	0,1
Hari/Tanggal : 25/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.55-16.05		
Naungan	RH (%)	83,1
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	0,1

16.08-16.18		
Tanpa Naungan	RH (%)	90,0
	Suhu (°C)	25,1
	Kec.angin (Km/h)	2,2
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.21-16.31		
Naungan	RH (%)	82,8
	Suhu (°C)	25,6
	Kec.angin (Km/h)	0,5
16.33-16.43		
Tanpa Naungan	RH (%)	90,0
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 3 (Stupa)		
16.49-16.59		
Tanpa Naungan	RH (%)	93,5
	Suhu (°C)	24,1
	Kec.angin (Km/h)	0,4
Hari/Tanggal : 26/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.48-15.58		
Naungan	RH (%)	76,8
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	2,0
16.00-16.10		
Tanpa Naungan	RH (%)	76,7
	Suhu (°C)	29,9
	Kec.angin (Km/h)	1,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.14-16.24		

Naungan	RH (%)	74,9
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9
16.26-16.36		
Tanpa Naungan	RH (%)	76,8
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	1,3
Titik 3 (Stupa)		
16.43-16.53		
Tanpa Naungan	RH (%)	75,4
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	2,1
Hari/Tanggal 27/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.07-16.17		
Naungan	RH (%)	76,4
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	1,2
16.19-16.29		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,6
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	1,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.33-16.43		
Naungan	RH (%)	75,8
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	3,1
16.47-16.57		
Tanpa Naungan	RH (%)	73,4
	Suhu (°C)	29,9

	Kec.angin (Km/h)	2,1
Titik 3 (Stupa)		
17.03-17.13		
Tanpa Naungan	RH (%)	66,5
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	4,2
Hari/Tanggal : 28/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.03-16.13		
Naungan	RH (%)	54,7
	Suhu (°C)	33,3
	Kec.angin (Km/h)	2,9
16.15-16.25		
Tanpa Naungan	RH (%)	46,4
	Suhu (°C)	39,9
	Kec.angin (Km/h)	2,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.29-16.39		
Naungan	RH (%)	66,6
	Suhu (°C)	28,5
	Kec.angin (Km/h)	5,1
16.41-16.51		
Tanpa Naungan	RH (%)	62,7
	Suhu (°C)	32,1
	Kec.angin (Km/h)	8,2
Titik 3 (Stupa)		
16.57-17.07		
Tanpa Naungan	RH (%)	66,0
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	3,8

Hari/Tanggal : 29/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.58-16.08		
Naungan	RH (%)	58,6
	Suhu (°C)	32,0
	Kec.angin (Km/h)	5,4
16.10-16.20		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,0
	Suhu (°C)	40,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.24-16.34		
Naungan	RH (%)	64,4
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,5
16.36-16.46		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,3
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 3 (Stupa)		
16.52-17.02		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,5
	Suhu (°C)	32,7
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Hari/Tanggal : 30/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.02-16.12		
Naungan	RH (%)	73,1
	Suhu (°C)	28,1
	Kec.angin (Km/h)	0,7

16.14-16.24		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,0
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	2,1
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.27-16.27		
Naungan	RH (%)	72,8
	Suhu (°C)	28,6
	Kec.angin (Km/h)	0,5
16.29-16.39		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,0
	Suhu (°C)	27,4
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Titik 3 (Stupa)		
16.45-16.55		
Tanpa Naungan	RH (%)	83,5
	Suhu (°C)	26,6
	Kec.angin (Km/h)	1,2
Hari/Tanggal : 31/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.10-16.21		
Naungan	RH (%)	58,7
	Suhu (°C)	31,9
	Kec.angin (Km/h)	4,7
16.22-16.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,1
	Suhu (°C)	40,5
	Kec.angin (Km/h)	3,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.36-16.46		

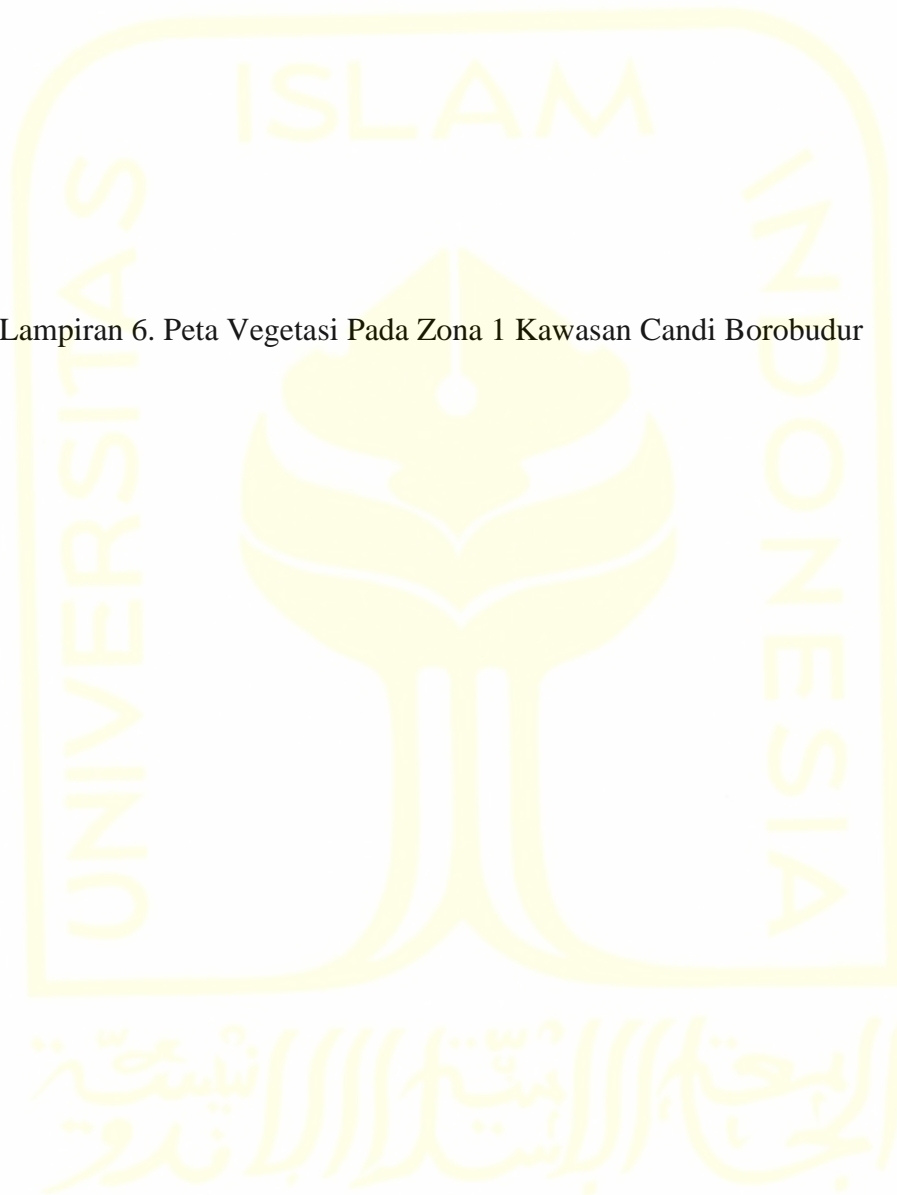
Naungan	RH (%)	64,4
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,5
16.48-16.58		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,2
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,6
Titik 3 (Stupa)		
17.04-17.14		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,6
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Hari/Tanggal 1/1/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.58-.16.08		
Naungan	RH (%)	76,4
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	1,4
16.10-16.20		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,9
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	1,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.24-16.34		
Naungan	RH (%)	75,9
	Suhu (°C)	28,8
	Kec.angin (Km/h)	3,0
16.36-16.46		
Tanpa Naungan	RH (%)	72,9
	Suhu (°C)	29,9



	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 3 (Stupa)		
16.55-17.05		
Tanpa Naungan	RH (%)	67,1
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	3,4
Hari/Tanggal : 2/1/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.13-16.23		
Naungan	RH (%)	58,9
	Suhu (°C)	32,1
	Kec.angin (Km/h)	5,0
16.25-16.35		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,8
	Suhu (°C)	40,4
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.39-16.49		
Naungan	RH (%)	64,7
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,2
16.51-17.01		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,6
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 3 (Stupa)		
17.07-17.18		
Tanpa	RH (%)	50,4

Naungan	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,4
Hari/Tanggal 3/1/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.55-16.05		
Naungan	RH (%)	58,9
	Suhu (°C)	32,1
	Kec.angin (Km/h)	5,0
16.07-16.17		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,8
	Suhu (°C)	40,4
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.20-16.30		
Naungan	RH (%)	64,7
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,2
16.34-16.44		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,6
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,8
Titik 3 (Stupa)		
16.50-17.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,4
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,4

Lampiran 6. Peta Vegetasi Pada Zona 1 Kawasan Candi Borobudur



## RIWAYAT HIDUP

Penulis berasal dari Padang, Sumatera Barat pada tanggal 17 Oktober 1998. Anak kedua dari Edi Busti dan Elmawati. Pendidikan yang telah ditempuh yaitu SDS El-Ma'Arif Pasaman Barat (2004-2010), SMP Negeri 1 Lubuk Basung (2010-2013), dan SMA Negeri 1 Lubuk Basung (2013-2016). Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama masa perkuliahan penulis melakukan kegiatan beberapa jenis PKM Kewirausahaan dan Cipta Karsa. Selain itu mengikuti beberapa organisasi kepanitiaan antara lain Lintas Lingkungan, Pasca Pekta. Saat ini penulis melaksanakan penelitian yang berjudul “**Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Temperature Humidity Index* (THI) di Candi Borobudur**”.

