

TA/TL/2020/1206

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN IKLIM DAN  
TERMAL BERDASARKAN *TOURISM CLIMATE  
INDEX (TCI)* DI CANDI BOROBUDUR**

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



**FADHILA INDRIYANI  
16513063**

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






**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN IKLIM**  
**DAN TERMAL BERDASARKAN *TOURISM CLIMATE***  
***INDEX (TCI) DI CANDI BOROBUDUR***

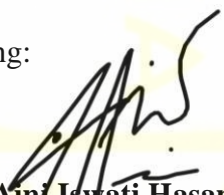
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



**FADHILA INDRIYANI**  
**16513063**

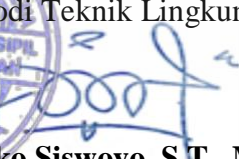
Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
**Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**  
**NIK: 025100406**  
Tanggal: 15 Juni 2020

  
**Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si.**  
**NIK: 185130403**  
Tanggal: 3 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 IKLIM DAN  
TERMAL BERDASARKAN *TOURISM CLIMATE  
INDEX (TCI) DI CANDI BOROBUDUR***

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu  
Tanggal : 15 Juni 2020

Disusun Oleh:

**FADHILA INDRIYANI**  
16513063

Tim Penguji :

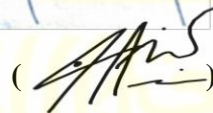
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

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

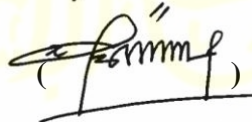
Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H



( )



( )



( )



## 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, 6 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



**Fadhila Indriyani**

NIM: 16513063





الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## 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 yang dilaksanakan sejak Februari 2018 ini ialah Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan Indeks *Tourism Climate Index* (TCI) di Candi Borobudur.

Penyusunan terhadap 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. 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. Kedua orangtua dan keluarga yang senantiasa tak pernah lelah untuk memberi doa dan kasih sayangnya baik moril maupun materil,
4. Fauziah Nurchaulia Edelweis dan Devianti Maryetnowati selaku partner seperjuangan kerja praktik dan tugas akhir. Semoga apa yang telah dilewati dapat dijadikan ibroh dan bermanfaat untuk kita semua, Amin,
5. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2016 yang telah bersama-sama melewati kehidupan perkuliahan baik akademis maupun non akademis, semoga selalu dalam lindungan Allah SWT. Amin,
6. 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, 3 Juni 2020

*Fadhila Indriyani*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ABSTRAK

FADHILA INDRIYANI. Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Tourism Climate Index* (TCI) di Candi Borobudur. Dibimbing oleh Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D., and Dr. Nur Aini Iswati H., S.T., M.Sc.

Penelitian ini menentukan tingkat kenyamanan termal dan iklim pada daerah wisata di Candi Borobudur. Candi Borobudur merupakan salah satu tempat wisata yang terkenal di Jawa Tengah sehingga menarik untuk dilakukan penelitian. Kenyamanan termal di Candi Borobudur di analisa menggunakan data primer yang langsung diukur dalam kurun waktu 14 hari dimana saat *peak season*. Parameter data yang diambil merupakan suhu udara, kecepatan angin dan kelembaban udara yang nantinya dapat dihitung untuk mendapatkan tingkat kenyamanan termal. Dalam mengukur kenyamanan iklim menggunakan metode *Tourisme Climate Index* (TCI) yang mana metode ini dirancang khusus untuk daerah pariwisata dan penerapannya pada daerah tropis cukup baik. Parameter pada metode TCI ini meliputi suhu, kelembaban udara, lama penyinaran, kecepatan angin, dan curah hujan. Data untuk menghitung TCI menggunakan data sekunder dari BMKG dalam kurun waktu 10 tahun. Hasil analisa pada kenyamanan termal dikategorikan nyaman pada saat duduk di bawah naungan. Kemudian pada kenyamanan iklim dikategorikan nyaman pada bulan Juli dan Agustus. Rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan dengan merekomendasikan mananam vegetasi jenis *Bucida molinetti* dikarenakan dapat menurunkan suhu 2,35°C.

Kata kunci : Kenyamanan termal, Kenyamanan iklim, TCI

## ABSTRACT

FADHILA INDRIYANI. *Analysis of Climate and Thermal Comfort Levels Based on Tourism Climate Index (TCI) in Candi Borobudur. Supervised by Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D. and Dr. Nur Aini Iswati H., S.T., M.Sc.*

*This study determines the level of thermal and climate comfort in the tourist area of Borobudur Temple. Borobudur Temple is one of the famous tourist attractions in Central Java so it is interesting to research. The thermal comfort in Borobudur Temple is analyzed using primary data which is directly measured within 14 days during peak season. Data parameters taken are air temperature, wind speed and humidity which can then be calculated to get the level of thermal comfort. In measuring climate comfort using the Tourism Climate Index (TCI) method which is specifically designed for tourism areas and its application in the tropics is quite good. Parameters in this TCI method include temperature, humidity, long exposure time, wind speed, and rainfall. Data for calculating TCI uses secondary data from BMKG in a period of 10 years. The results of the analysis on thermal comfort are found comfortable when sitting in the shade. Then in the comfort of the climate it*

gets comfortable in July and August. Environmental engineering can be done by recommending vegetation type *Bucida molineti* because it can reduce the temperature by 2.35°C.

*Keywords: Thermal comfort, Climate comfort, TCI*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Asumsi Penelitian	2
1.6 Ruang Lingkup	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kenyamanan Iklim	5
2.2 Kenyamanan Termal	5
2.3 <i>Tourism Climate Index (TCI)</i>	7
2.4 Rekayasa Lingkungan	7
2.5 Penelitian Terdahulu	8
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	17
4.1 Gambaran Umum Candi Borobudur	17
4.2 Analisis Tingkat Kenyaman Iklim	18
4.3 Analisis Tingkat Kenyaman Termal	22
4.4 Rekayasa Lingkungan	25
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	47

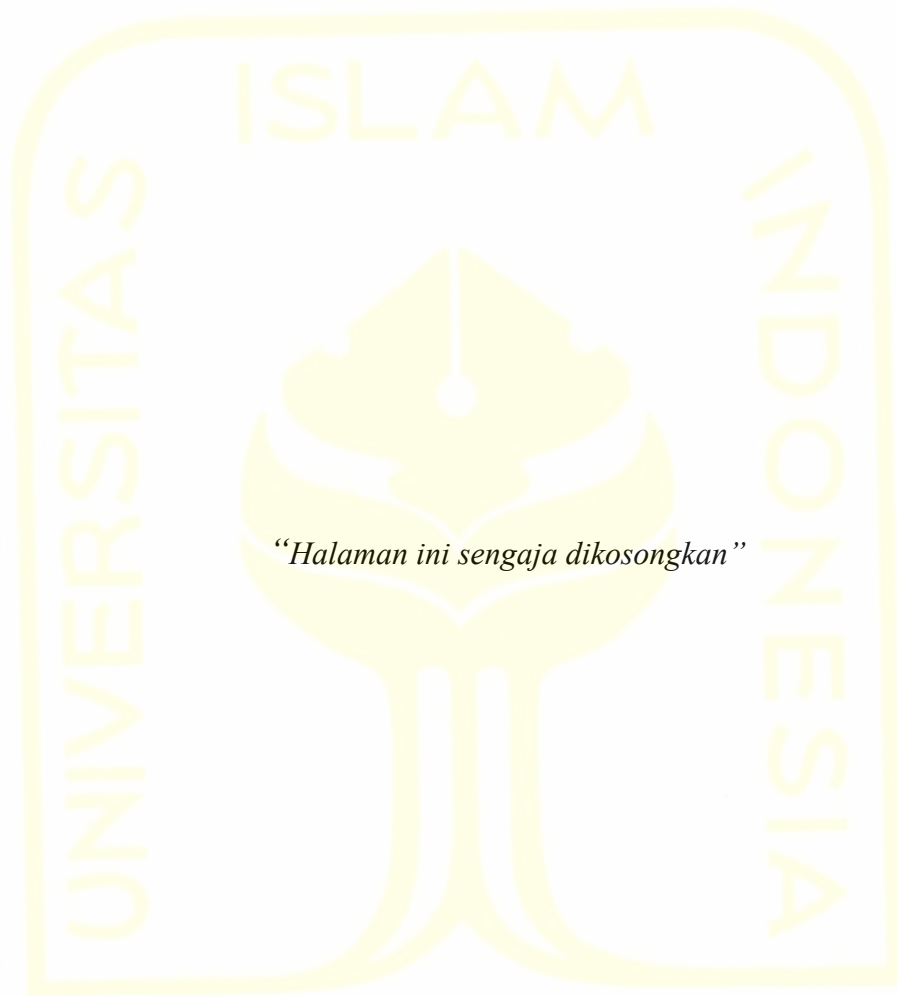


## DAFTAR TABEL

1	Skema <i>rating variable</i> (sub indeks)	13
2	Tingkat Kenyamanan Iklim untuk Wisata	14
3	Skala Kenyamanan Termal	16
4	Karakter Fisik dan Dimensi Pohon	16
5	Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal	20
6	Potensi Kenyamanan Termal di Bawah Naungan	21
7	Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan	21
8	Rekomendasi Jenis Vegetasi untuk Rekrayasa Lingkungan	23
9	Hasil pengukuran kenyamanan termal tanpa naungan sebelum diberi rekrayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)	24
10	Hasil pengukuran kenyamanan termal tanpa naungan setelah diberi rekrayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)	24
11	Hasil perhitungan potensi kenyamanan termal tanpa naungan sebelum diberi rekrayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)	25
12	Hasil perhitungan potensi kenyamanan termal tanpa naungan setelah diberi rekrayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)	26







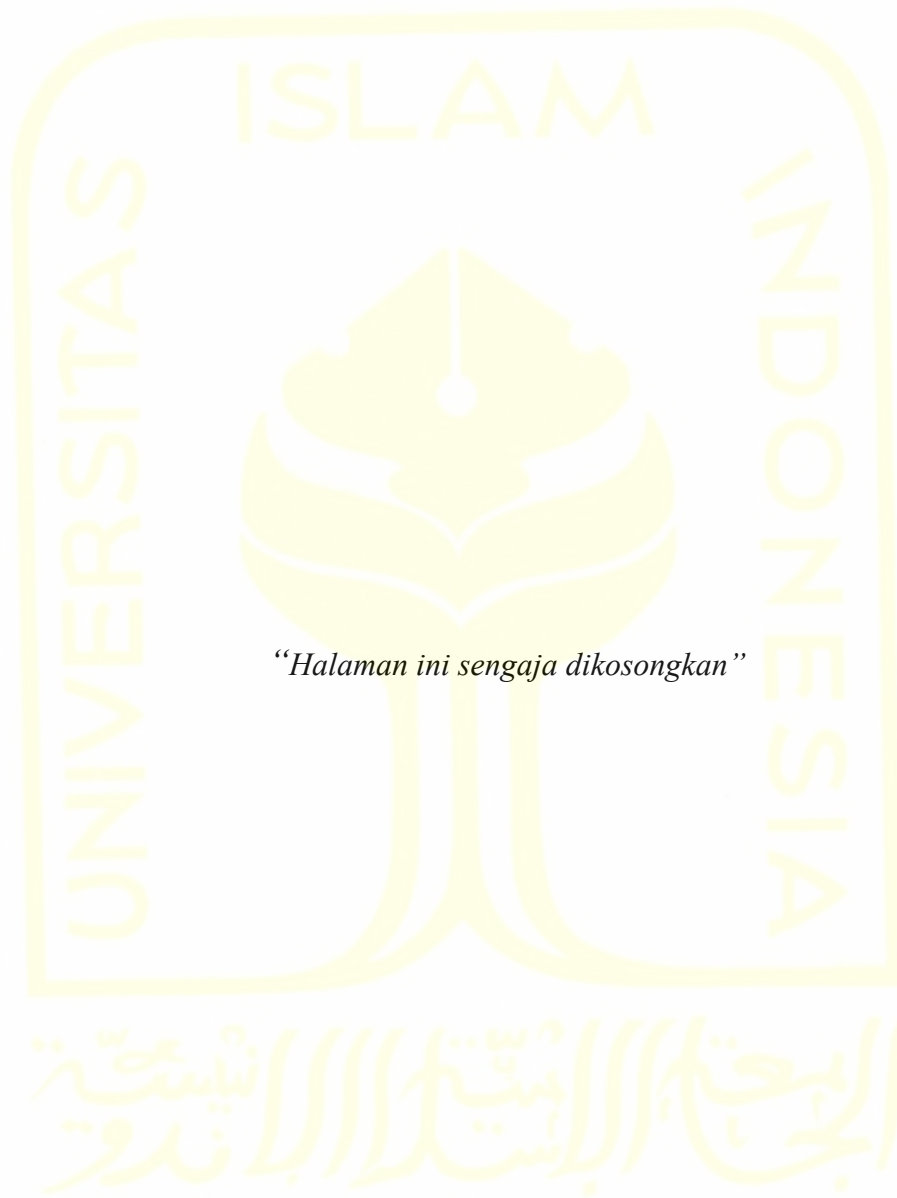
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi titik sampel di kawasan wisata Candi Borobudur	10
2	<i>Wet Bulb Globe Temperature</i> (WBGT) dari Suhu dan Kelembaban Relatif	14
3	Peta Zona 1 kawasan Candi Borobudur	18
4	Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim Berdasarkan Metode TCI Pada Tahun 2010-2019 di Candi Borobudur	19
5	Hubungan nilai TCI dan jumlah wisatawan	20
6	Hasil regresi linier curah hujan, kecepatan angin, lama penyinaran, CIA dan CID terhadap nilai TCI	21
7	Rekomendasi penanaman vegetasi	27

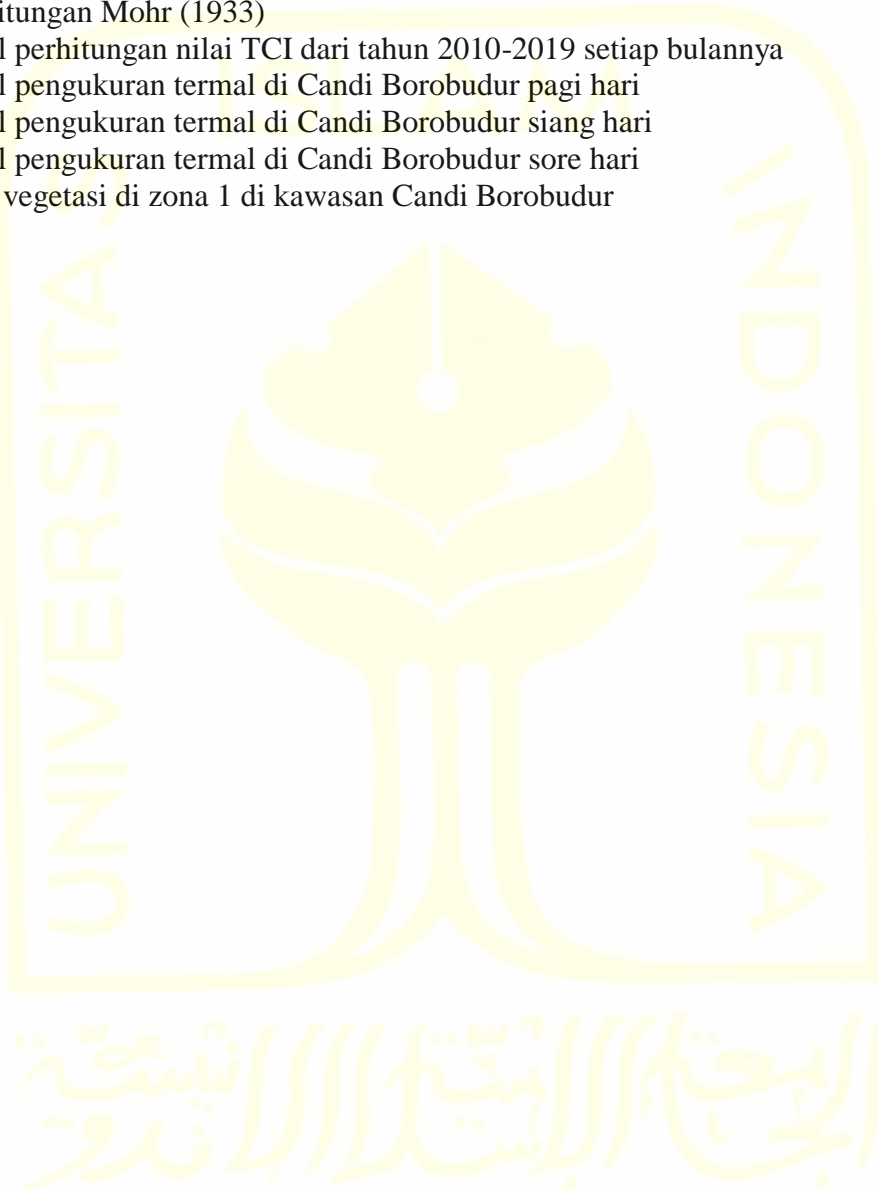




*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Grafik kombinasi suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban udara (%) untuk menghitung CIA dan CID	31
2	Klasifikasi iklim di Candi Borobudur pada tahun 2010-2019 berdasarkan perhitungan Mohr (1933)	32
3	Hasil perhitungan nilai TCI dari tahun 2010-2019 setiap bulannya	32
4	Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur pagi hari	33
5	Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur siang hari	36
6	Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur sore hari	41
7	Peta vegetasi di zona 1 di kawasan Candi Borobudur	46



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pariwisata merupakan wisata ke suatu tempat dengan tujuan mengeksplorasi kekayaan alam dan budaya atau rekreasi dan bersenang-senang. Daerah menjadi tempat tujuan wisata dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan alam dan kondisi iklim. Kedua hal ini menjadi daya tarik utama suatu daerah untuk dikunjungi oleh pengunjung. Faktor iklim dikatakan sebagai pendorong dan penunjang dalam menentukan dimana dan kapan melakukan kegiatan wisata karena kondisi iklim mempengaruhi kenyamanan yang dirasakan wisatawan saat melakukan aktivitas. Beberapa studi mengenai pentingnya kondisi iklim dalam industri pariwisata telah dilakukan, diantaranya penemuan bahwa secara universal keindahan alam dan iklim menjadi hal yang penting dalam menentukan daya tarik tujuan wisata (Scott *et al.*, 2012).

Kondisi iklim di Candi Borobudur ini menarik untuk dilakukan penelitian dikarenakan salah satu tujuan wisata utama di Jawa Tengah. Pada bulan oktober menurut observasi yang telah dilakukan, cuaca disana begitu panas dan ramai pengunjung. Kemudian menurut Sudibyo (1996) Kawasan wisata Candi Borobudur ini banyak dipengaruhi iklim global karena mempunyai iklim tropik dan juga letak geografisnya dipengaruhi iklim lokal. Maka dari itu kawasan wisata Candi Borobudur ini kawasan beriklim tropis basah.

Kajian pada daerah pariwisata dengan iklim tropis dapat menggunakan metode *Tourism Climate Index* (TCI) yang dikenalkan oleh Mieczkowski (1985). TCI merupakan metode yang dirancang khusus untuk daerah pariwisata, penerapannya di daerah tropis cukup baik karena mempertimbangkan aspek iklim yang meliputi suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari dan curah hujan (Vidian, 2015). Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis wilayah yang menjadi destinasi wisata berdasarkan tingkat kenyamanan iklim di wisata Candi Borobudur khususnya menggunakan metode TCI.

Selain itu pengunjung kawasan wisata Candi Borobudur ini melakukan berbagai macam aktivitas seperti berjalan normal atau berjalan santai. Aktivitas yang dilakukan para pengunjung dapat mempengaruhi kenyamanan termal. ISO (*International Organization for Standardization*) 7730:2003 mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan dengan lingkungan termal. Sehingga nantinya dapat dilakukan rekayasa lingkungan yang tepat untuk meningkatkan kenyamanan pengunjung. Rekayasa lingkungan yang mungkin dapat dilakukan seperti menanam pohon peneduh berdasarkan hasil kajian yang dilakukan.

### **1.2 Perumusan Masalah**

1. Bagaimana kondisi kenyamanan iklim di kawasan wisata Candi Borobudur berdasarkan TCI?
2. Bagaimana kondisi kenyamanan termal berdasarkan cuaca dan aktivitas di kawasan wisata Candi Borobudur?

3. Bagaimana rekayasa lingkungan dari kondisi kenyamanan iklim dan termal di kawasan wisata Candi Borobudur?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan kondisi kenyamanan iklim di kawasan wisata Candi Borobudur berdasarkan TCI.
2. Menentukan kondisi kenyamanan termal di kawasan wisata Candi Borobudur.
3. Menentukan rekayasa lingkungan dari kondisi 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 keterampilan mahasiswa di lapangan, memperluas wawasan, dan menambah pengetahuan terutama tentang indeks kenyamanan iklim berdasarkan metode TCI dan kenyamanan termal di kawasan wisata Candi Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah.
- b. Pihak Pengelola  
Memberikan informasi kepada pihak terkait tentang kajian kondisi kenyamanan iklim dan termal Candi Borobudur sehingga mempermudah pengelolaan serta pengembangan Candi Borobudur.
- c. Pihak Berkepentingan Lain  
Memberikan kontribusi data dalam bidang Meteorologi dan Klimatologi sehingga dapat digunakan sebagai referensi kegiatan perkuliahan maupun penelitian lanjutan.

### **1.5 Hipotesis Penelitian**

Mengacu pada rumusan masalah dan tujuan dari penelitian yang dilakukan, dimana hipotesis yang diberlakukan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi Iklim di Candi Borobudur ada hubungannya dengan tingkat kenyamanan berwisata.
2. Kondisi termal di Candi Borobudur ada hubungannya dengan tingkat kenyamanan berwisata.
3. Rekayasa lingkungan dengan memanfaatkan vegetasi dapat meningkatkan kenyamanan termal pada kawasan Candi Borobudur.

### **1.6 Ruang Lingkup**

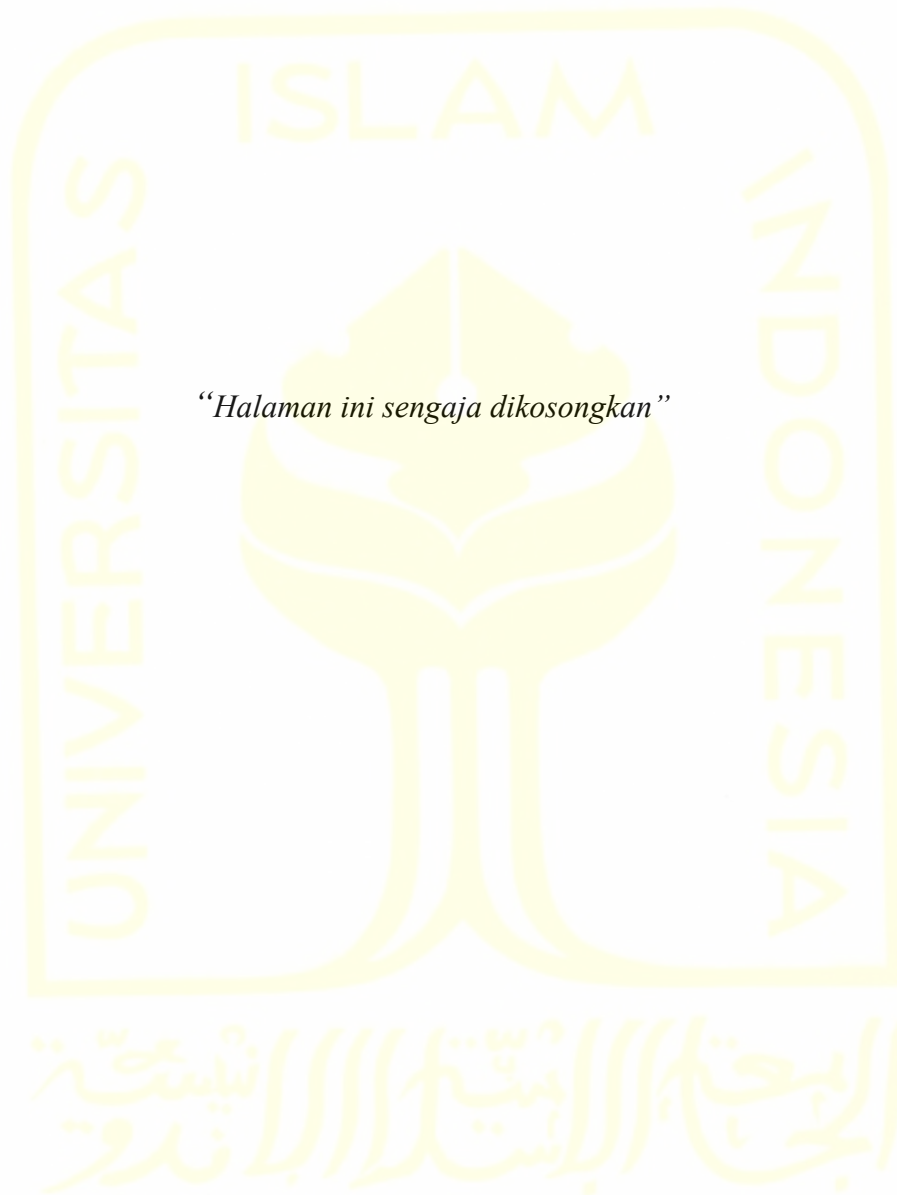
Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang diteliti indeks kenyamanannya adalah Zona 1 pada kawasan wisata Candi Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, menggunakan data primer dengan pengambilan sampel suhu udara dan kelembaban relative kepada wisatawan pada bulan November 2019 dan data sekunder yang diperoleh dari Stasiun

Klimatologi BMKG Candi Borobudur. Dalam menentukan kondisi kenyamanan termal digunakan metode *Tourism Climate Index* (TCI).

2. Parameter yang dihitung dalam menentukan kondisi kenyamanan iklim pada musim hujan ialah suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin.
3. Parameter yang dihitung dalam menentukan kondisi kenyamanan termal ialah suhu udara, suhu radiasi global, radiasi matahari, kelembaban relative, dan luas kulit tubuh manusia dewasa wisatawan lokal dan mancanegara. Kemudian menentukan kondisi kenyamanan dengan menghitung pada saat kondisi jalan dan kondisi duduk.





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kenyamanan Iklim**

Menurut Kartasapoetra (2004), iklim merupakan rata-rata kondisi cuaca dalam waktu yang cukup lama. Iklim adalah fenomena alam yang digerakkan oleh gabungan beberapa unsur, yaitu temperatur, radiasi matahari, kelembaban, awan, hujan, evaporasi, tekanan udara, dan angin.

Unsur iklim dipengaruhi beberapa faktor yang dapat membedakan iklim di suatu tempat dengan iklim di tempat lain disebut kendali iklim. Matahari adalah kendali iklim yang sangat penting dan sumber energi di bumi yang menimbulkan gerak udara dan arus laut. Kendali iklim yang lain, misalnya distribusi darat dan air, sel semi permanen tekanan tinggi dan tekanan rendah, massa udara, pegunungan, arus laut dan badai (Tjasjono, 2004). Klimatologo atau disebut juga ilmu iklim merupakan sebuah ilmu pengetahuan yang menekuni tentang gejala cuaca tapi sifat dan gejala tersebut memiliki kriteria umum dalam kurun waktu dan daerah yang luas pada atmosfer permukaan bumi.

Menurut Trewartha dan Horn (1995) iklim adalah sebuah konsep yang abstrak, dimana iklim adalah komposit dari kondisi cuaca dari hari ke hari dan elemen-elemen atmosfer di dalam suatu lingkungan tertentu pada jangka waktu yang cukup panjang. Iklim bukan hanya cuaca rata-rata dikarenakan tidak memiliki konsep iklim yang cukup dalam musiman dan suksesi episode cuaca yang diberikan oleh gangguan atmosfer bersifat selalu berubah, meski pada studi tentang iklim penekanan berada pada nilai rata-rata, namun hal seperti penyimpangan, variasi dan keadaan atau nilai-nilai yang ekstrim juga memiliki arti penting.

Cuaca dan iklim memiliki proses yang merupakan kombinasi dari variabel-variabel atmosfer yang sama dengan kata lain unsur-unsur iklim. Unsur-unsur iklim ini terdiri dari radiasi surya, suhu udara, kelembaban udara, awan, presipitasi, evaporasi, tekanan udara dan angin. Pengendali iklim atau faktor yang dominan menentukan perbedaan iklim antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain menurut Lakitan (2002) adalah (1) posisi relatif terhadap garis edar matahari (posisi lintang), (2) keberadaan lautan atau permukaan airnya, (3) pola arah angin, (4) topografi (rupa permukaan daratan bumi), dan (5) kerapatan dan jenis vegetasi.

#### **2.2 Kenyamanan Termal**

Menurut Fangger (1970) kenyamanan termal yang mana juga ASHRAE (*American Standard of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers-ASHRAE Standard 55*) pada Sangkertadi (2013) merupakan suatu keadaan kepuasan dari manusia yang merasakan lingkungan termalnya atau dapat dikatakan pada situasi dengan tidak ada rasa tidak nyaman. Standar ISO 7730:2003 juga menyatakan kenyamanan termal merupakan suatu kondisi pikiran yang mengungkapkan atau merasakan kepuasan terhadap lingkungan termal.

Kenyamanan termal dalam teorinya memiliki sensasi termal (*thermal sensation*) sebagai rasa dingin maupun rasa panas yang dapat dirasakan pada tubuh manusia sebenarnya adalah ungkapan respon dari sensor perasa yang terasa pada

kulit manusia terhadap stimulasi suhu yang berada di lingkungan sekitar (Amin, 2004). Ketika manusia melakukan aktivitas normalnya ingin dalam lingkungan yang nyaman secara termal. Kondisi panas atau tidak nyaman yang berlebihan di lingkungan sekitar aktifitas akan menimbulkan rasa lelah, mengantuk, atau mengganggu konsentrasi kerja.

Secara umum kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan faktor individu. Faktor lingkungan meliputi kecepatan angin, suhu udara, suhu radiasi dan kelembaban udara kemudian faktor Individu mencakup kegiatan dan pakaian yang digunakan.

a. Kondisi Iklim

1) Kecepatan Angin

Perpindahan udara dari suatu tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang memiliki tekanan rendah adalah angin. Pada suatu titik udara yang memiliki laju pergerakan, tanpa melihat tujuan merupakan kecepatan angin. Mengukur kecepatan angin dapat menggunakan Anemometer.

2) Suhu Udara

Suhu udara merupakan suhu rata-rata udara lingkungan penghuni. Suhu udara terdiri dari 2 koefisien kalor yaitu suhu konvektif dan suhu radiatif. Gabungan suhu konvektif dan suhu radiatif dapat dikatakan suhu resultan ( $T_{res}$ ) atau suhu operatif. Perhitungan  $T_{res}$  dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$T_{res} = \frac{h_c T_a + h_r T_r}{h_c + h_r}$$

Dimana ;

- $T_{res}$  = suhu resultan
- $T_a$  = suhu udara
- $T_r$  = suhu radiasi
- $h_c$  = koefisien kalor konvektif
- $h_r$  = koefisien kalor radiatif

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

Pengukuran suhu radiasi bola hitam dapat menggunakan *Globe Thermometer*. Melalui thermometer yang terdapat pada *Globe Thermometer* tersebut, suhu radiasi ( $T_g$ ) yang didapatkan oleh bola tembaga hitam dapat diukur. Setelah dilakukan pengukuran suhu radiasi dan kecepatan angin, hasil suhu radiasi rata-rata bisa dihitung menggunakan persamaan:

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

4) Kelembaban udara

Kelembaban udara merupakan rasio dari total uap air yang berada di udara. Asal terjadi tingginya kelembaban udara adalah salah satunya dari peningkatan curah hujan. Pengukuran kelembaban udara dengan pendekatan kelembaban udara mutlak (kg atau g), adapun berat uap air atau berat udara dan kelembaban relatif (%) yakni jumlah uap air pada udara yang bersuhu dan memiliki tekanan tertentu. Perhitungan kelembaban relative ini menggunakan rumus kelembaban relatif sebagai berikut:

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

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

Tidak hanya itu faktor iklim dan faktor individu setiap orang juga berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal. Faktor individu yang dimaksud yakni jenis pakaian yang digunakan dan kegiatan yang dilakukan.

### 2.3 *Tourism Climate Index (TCI)*

TCI merupakan sebuah konsep dalam penentuan kenyamanan dalam bidang pariwisata untuk para turis. TCI dirancang berdasarkan literatur yang berkaitan dengan klasifikasi iklim untuk turis dan rekreasi dengan pertimbangan teoritis dari literatur Biometeorologi terkait dengan kenyamanan manusia (Scoot *et al.* 2004). Konsep ini dirancang oleh Mieczkowski pada tahun 1985 yang menghubungkan faktor-faktor iklim seperti curah hujan, kecepatan angin, suhu udara dan jumlah radiasi matahari dengan tingkat kenyamanan daerah pariwisata. Metode dan konsep yang dikemukakan oleh Mieczkowski bertujuan untuk menilai implikasi dari perubahan iklim di masa depan terhadap tingkat kenyamanan relatif pengunjung di suatu wilayah khususnya daerah pariwisata. Variabel iklim yang digunakan dalam TCI yaitu suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembaban relatif minimum, kelembaban relatif, curah hujan, lama penyinaran dan kecepatan angin. Kombinasi variabel iklim menghasilkan nilai TCI di wilayah kajian pada selang 0-100. Pada selang nilai TCI, TCI dikategorikan ke dalam 4 kategori utama yaitu kategori ideal, baik, dapat ditoleransi dan buruk (Mieczkowski 1985).

Penggunaan TCI untuk menilai kondisi saat ini dan potensi pariwisata akan memberikan dua jenis informasi yaitu wilayah dengan kondisi kenyamanan yang baik dan waktu kunjungan yang disarankan. TCI dapat dijadikan sebagai alat untuk mengetahui kualitas iklim di suatu wilayah yang cenderung dinamis yang dapat mempengaruhi keputusan para wisatawan. Pemeriksaan potensi dampak perubahan iklim di Skotlandia menyimpulkan bahwa perubahan iklim yang saat ini sedang terjadi telah berdampak pada pola aktivitas pengunjung dan mengancam sistem keuangan perusahaan yang bergerak di bidang pariwisata dan sistem keuangan turis (Harisson *et al.* 1999).

### 2.4 *Rekayasa Lingkungan*

Menurut Bohemen (2004) menyatakan konsep dasar tentang rekayasa lingkungan sebagai manipulasi lingkungan oleh manusia dengan menggunakan tambahan energi yang sedikit agar dapat mengatur sistem pergerakan energi intinya uang berasal dari sumber daya alam. Salah satu rekayasa lingkungan yang dapat

dilakukan yaitu dengan pemanfaatan vegetasi. Vegetasi pohon sebagai peneduh ada kriteria tersendiri mengenai jenis pohon yang akan dijadikan sebagai pohon peneduh. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan antara lain adalah (Noviady dan Reza, 2015) : rimbun dengan kerapatan daun yang bisa menutupi penetrasi sinar matahari, tajuk luas atau mampu menutupi area yang luas, perawatannya mudah.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Sobirin *et al.* (2017) dengan judul Tingkat Kenyamanan Iklim Di Pulau Bali Berdasarkan *Tourism Climate Index*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenyamanan iklim di Pulau Bali (9 obyek wisata) tergolong nyaman pada bulan Juni – September, terutama obyek wisata yang berada di wilayah pegunungan. Besarnya jumlah kunjungan wisatawan pada obyek wisata di Pulau Bali bersamaan waktunya dengan tingginya tingkat kenyamanan iklim. Wisatawan merasa lebih nyaman ketika berada di obyek wisata yang tingkat kenyamanannya lebih tinggi. Penelitian ini melakukan 9 obyek wisata sedangkan penulis hanya melakukan pada 1 obyek wisata.

Sudiar *et al.* (2019) melakukan penelitian yang berjudul Karakteristik dan Kenyamanan Iklim Lokasi Wisata Berbasis Alam Di Eco-Park Ancol, Kebun Raya Bogor Dan Kebun Raya Cibodas. Indeks kenyamanan iklim berdasarkan hasil perhitungan menghasilkan area KRC yang nyaman sepanjang tahun sementara EPA dan KRB merasa nyaman di musim kemarau. Perbandingan indeks kenyamanan berdasarkan perhitungan dengan hasil persepsi pengunjung dalam aspek termal untuk daerah tropis perlu dimodifikasi. Penelitian ini melakukan perbandingan kenyamanan pada 3 tempat wisata sedangkan penulis hanya melakukan pada satu tempat wisata untuk musim hujan.

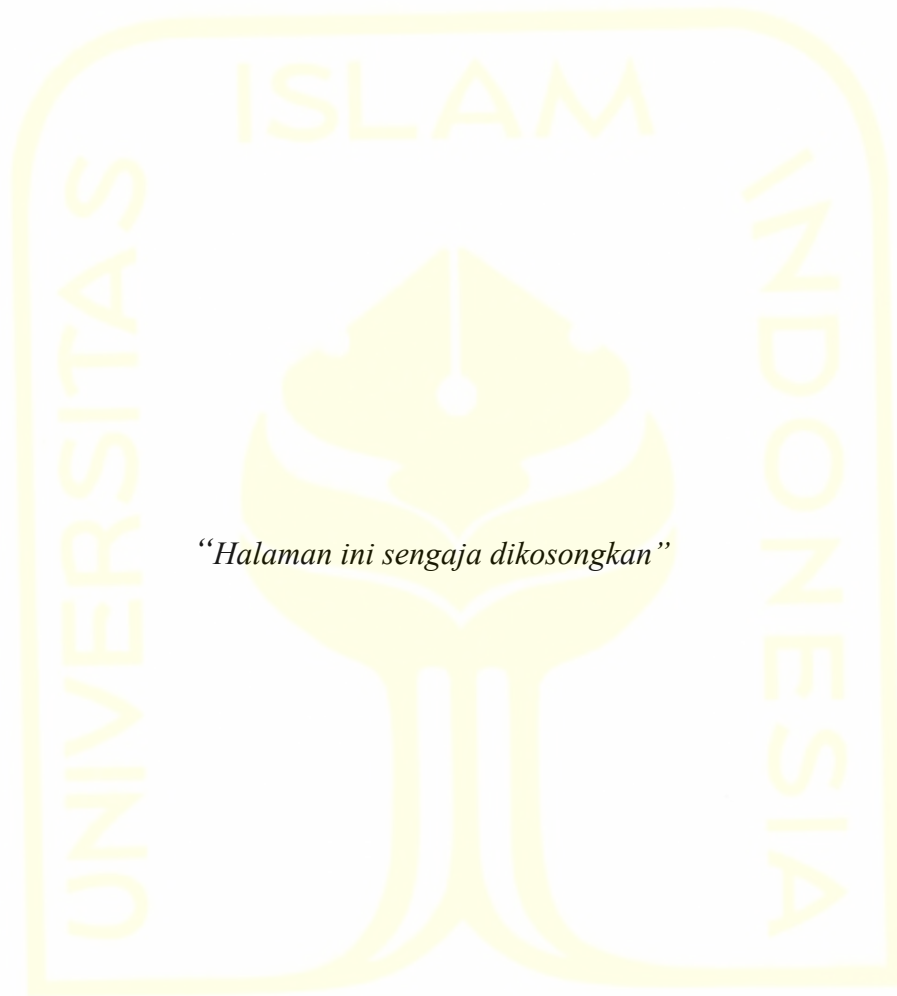
Mokhtari *et al.* (2015) melakukan penelitian yang berjudul *A Comparative study of tourism comforting climate in Iran (case study in the Markazi province and southern Kharasan province of Iran) with TCI model in GIS environment*. Dalam penelitian ini, iklim pariwisata provinsi telah dievaluasi menggunakan indeks iklim pariwisata (TCI). Indeks ini mengevaluasi secara sistematis kondisi iklim untuk kegiatan pariwisata menggunakan parameter: suhu rata-rata maksimum, suhu rata-rata, kelembaban relatif minimum, kelembaban relatif rata-rata, curah hujan (mm), sinar matahari total dan kecepatan angin (km / jam): penelitian dilakukan dengan menggunakan data dari 11 sinoptik di provinsi tengah dan 7 stasiun di provinsi khorasan selatan selama 10 tahun setelah memperoleh data iklim stasiun untuk analisis Excel dan perhitungan dilakukan menggunakan indeks iklim TCI. Penelitian ini menggunakan 7 stasiun untuk penelitiannya namun penulis hanya menggunakan 1 stasiun yang mencakup tempat penelitian.

Scott *et al.* (2016) ini melakukan penelitian yang berjudul *An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe*. Pada penelitian ini berfokus pada pariwisata perkotaan, makalah ini menggambarkan perbedaan besar antara skor HCI dan TCI. Skor HCI secara konsisten lebih tinggi daripada skor TCI, dan tidak menggemakan efek merugikan dari perubahan iklim pada kondisi musim panas yang diproyeksikan untuk tujuan Eropa selatan oleh studi berbasis TCI. Sementara HCI: Urban memang memberikan bukti bahwa kondisi iklim akan membaik di Eropa Utara dan Kontinental.

Penelitian ini menggunakan dua metode pada penelitian sedangkan penulis hanya menggunakan 1 metode yaitu TCI.

Gandomkar *et al.* (2011) melakukan penelitian yang berjudul *Analysis and Estimate Tourism Climate Index of Mazandaran Province, Using TCI Model*. Dalam penelitian ini dengan analisis statistik dari parameter meteorologis (suhu, hujan, kelembaban, kecepatan angin, radiasi matahari) dengan menggunakan model TCI di stasiun metrologi Provinsi Mazandaran dan stasiun yang berdekatan, persiapan dan kombinasi peta selama periode 20 tahun sebagai bulanan telah dipertimbangkan untuk menganalisis waktu dan menempatkan kenyamanan iklim di berbagai wilayah di Mazandaran. hasilnya telah disajikan di semua tempat di Provinsi Mazandaran, Bulan Juni memiliki kondisi terbaik untuk kehadiran wisatawan dan setelah itu Mei, Juli, Agustus, September, memiliki spesifikasi iklim pariwisata yang serupa dan memiliki kondisi terbaik untuk kenyamanan pariwisata. Penelitian ini dilakukan pada daerah yang luas sedangkan penulis hanya menganalisis untuk satu obyek pariwisata.





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية



## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di kawasan wisata Candi Borobudur yang dapat dilihat pada Gambar 1. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Desember tahun 2019 s/d bulan Januari 2020 yang merupakan musim hujan. Titik lokasi yang ditentukan berdasarkan tempat yang ramai pengunjung.

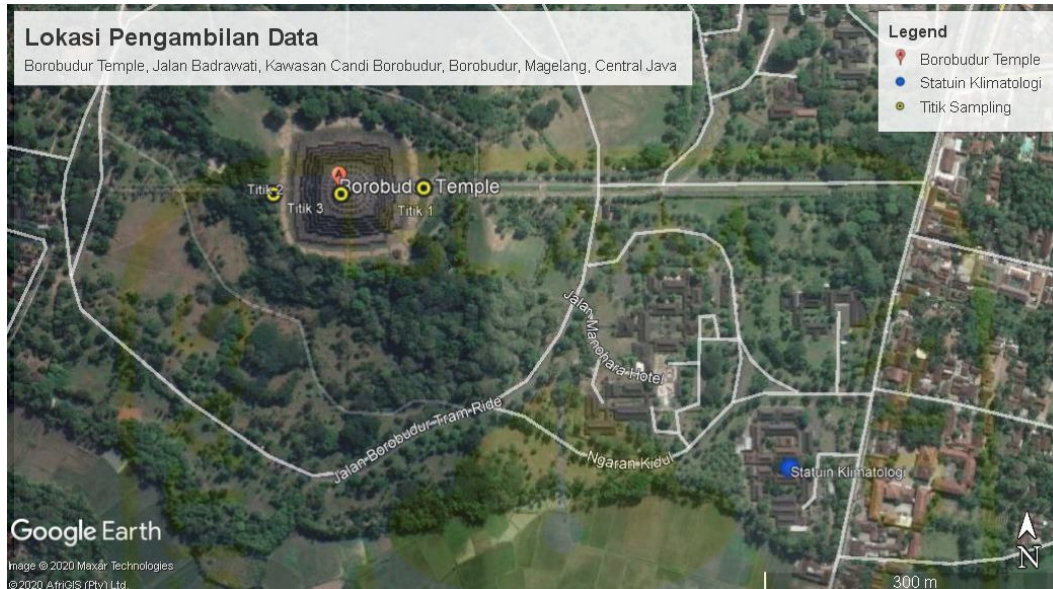
### **3.2 Metode Penelitian**

#### **3.2.1 Penentuan lokasi pengambilan data**

Pada tempat penelitian di kawasan wisata Candi Borobudur ini kami menentukan 3 titik lokasi sampel yang dapat dilihat pada Gambar 1. Penentuan titik lokasi ini berdasarkan lokasi ramai pengunjung. Pada titik lokasi ini dapat diketahui bahwa titik 1 merupakan pintu masuk, titik 2 merupakan pintu keluar dan titik 3 merupakan puncak pada stupa Candi Borobudur.

Pengambilan data penilaian kenyamanan termal dilakukan dalam waktu jam operasional pada kawasan wisata Candi Borobudur. Pada setiap titik pengamatan

dilakukan 3 kali pengukuran dalam 1 hari yaitu pada pagi hari pukul 09.00-09.30 WIB, siang hari pada pukul 12.00-12.30 WIB, dan sore hari pada pukul 16.30-17.00 WIB (Effendy, 2014).



Gambar 1 Lokasi titik sampel di kawasan wisata Candi Borobudur

### 3.2.2 Pengukuran parameter

#### A. Kenyamanan iklim (TCI)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan TCI. Mieczkowski (1985) menyatakan bahwa tujuan pariwisata dipengaruhi kondisi iklim yang nyaman bagi para pengunjung. Nyaman dalam hal ini berarti bahwa kondisi iklim di wilayah tersebut tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin. Dalam menentukan nilai TCI diperlukan data sekunder dari stasiun klimatologi yang berada di Candi Borobudur yang dipantau oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang. Data BMKG yang digunakan tahun 2010-2019 yang meliputi parameter suhu rata-rata, suhu maksimum, kelembaban udara rata-rata, kelembaban udara minimum, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran. Metode TCI dirancang oleh Mieczkowski (1985) dengan persamaan berikut ini:

$$TCI = 2 \times [(4 \times CID) + CIA + (2 \times P) + (2 \times S) + W] \dots\dots(1)$$

CID (*Daytime Comfort Index*) merupakan indeks kenyamanan pada siang hari. Nilai CID didapat dari hasil kombinasi suhu maksimum dengan kelembaban relatif minimum untuk menilai tingkat kondisi iklim. Sedangkan CIA (*Daily Comfort Index*) merupakan indeks kenyamanan yang nilainya didapatkan dari hasil kombinasi suhu rata-rata dan kelembaban relatif rata-rata. Titik pertemuan Kombinasi suhu dan kelembaban relatif menghasilkan rating/indeks yang digunakan dalam menentukan nilai CID dan CIA terdapat pada lampiran 1. Ranting yang diberikan untuk semua parameter yang digunakan dalam metode TCI ini berkisar dari -3 hingga 5. Peringkat yang mendekati nilai 5 menandakan bahwa parameter tersebut



ideal untuk membentuk lingkungan yang nyaman. Dapat dilihat pada Tabel 1 skema peringkat TCI untuk masing-masing parameter yang telah dirancang oleh Mieczkowski (1985).

Tabel 1. Skema *rating variable* (sub indeks)

<i>rating</i>	Suhu efektif (C)	Curah hujan bulanan (mm)	Lama penyinaran (jam)	Kecepatan angin (km/jam)
5.0	20-26	0 - 14.9	>10	<2,88
4.5	19	15 - 29.9	9	2,88-5,75
4.5	27	16 - 29.9	9	2,88-5,76
4.0	18	30 - 44.9	8	5,76- 9,03
4.0	28	31 - 44.9	8	5,76- 9,04
3.5	17	45 - 59.9	7	9,04-12,23
3.5	29	46 - 59.9	7	9,04-12,24
3.0	16	60 - 74.9	6	12,24-19,79
3.0	30	61 - 74.9	6	12,24-19,80
2.5	10-15	75 - 89.9	5	19,8-24,29
2.5	31	76 - 89.9	5	19,8-24,30
2.0	5-9	90 - 104.9	4	24,30-28,79
2.0	32	91 - 104.9	4	24,30-28,80
1.5	0-4	105.0 - 119.9	3	28,8-38,52
1.5	33	105.0 - 119.9	3	28,8-38,53
1.0	(-5) - (-1)	120 - 134.9	2	-
1.0	34	121 - 134.9	2	-
0.5	35	135 - 149.9	1	-
0.25	-	-	-	-
0	(-10) - (-11)	>150	<1	>38,52
0	>36	>151	<2	>38,53
-1.0	(-15) - (-11)	-	-	-
-2.0	(-20) - (-16)	-	-	-
-3.0	< (-20)	-	-	-

Sumber : Mieczkowski (1985)

Tabel 3 dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan TCI. Formula dan persamaan TCI yang telah dirancang oleh Mieczkowski, memiliki bobot yang berbeda untuk masing-masing parameter. Menentukan rating parameter dengan mengetahui data parameter curah hujan, lama penyinaran, dan kecepatan angin. Kemudian nilai parameter dilihat sejajar dengan nilai rating. Nilai acuan tersebut kemudian dihitung dengan persamaan (1) menggunakan Ms.excel. setelah itu nilai TCI yang telah di dapatkan dapat ditentukan tingkat kenyamanannya pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Kenyamanan Iklim untuk Wisata

Nilai Indeks	Deskripsi dari Tingkat Kenyamanan Iklim
90-100	Ideal
80-89	Sangat Bagus Sekali ( <i>Excellent</i> )
70-79	Sangat Bagus ( <i>Very Good</i> )
60-69	Bagus ( <i>Good</i> )
50-59	Dapat Diterima ( <i>Acceptable</i> )
40-49	Masih Dapat Diterima ( <i>Marginal</i> )
30-39	Buruk ( <i>unfavorable</i> )
20-29	Sangat Buruk ( <i>Very Unfavorable</i> )
10-19	Sangat Buruk Sekali ( <i>Extremely Unfavotable</i> )
-3-9	Tidak Dapat Diterima ( <i>Impossible</i> )

Sumber : Mieczkowski (1985)

## B. Kenyamanan termal

Persamaan yang bisa digunakan untuk referensi dalam menghitung kenyamanan termal manusia di suatu lingkungan iklim mikro. Diantaranya adalah Fanger (1970), ASHRAE (*American Standard of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers-ASHRAE Standard 55*) Fundamental, ISO (*International Organization for Standardization*) 7730:2003, dll. Berdasarkan referensi Sangkertadi (2011) yakni memiliki perbedaan dalam skala kenyamann termalnya pada kondisi manusi yang berada di dalam maupun luar ruang, walau 2 kondisi ini menerima penetrasi iklim yang sama. Menurutnya, ada pengaruh yang signifikan pada kecepatan angin dengan rasa kenyamanan termal pada manusia, dalam hasil studi oleh Arens *et al.* (1997). Perhitungan kenyamanan termal pada kondisi ruang luar untuk aktifitas berjalan normal dan berpakaian tipe lingkungan tropis dirumuskan oleh Sangkertadi dengan persamaan berikut:

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

Sedangkan untuk aktifitas manusia yang duduk santai berpakaian tropis adalah:

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

Penerapan rumus ini membutuhkan data iklim lokal dan juga data diri pelaku kegiatan. Data yang dibutuhkan untuk menghitung tingkat kenyamanan termal merupakan data primer. Pengambilan data dilakukan dalam 2 kondisi yaitu dibawah naungan dan tanpa naungan. Naungan yang terdapat pada kawasan Candi Borobudur berupa vegetasi. Data termal meliputi kecepatan angin, suhu udara dan suhu bola hitam ( $T_{rad}$  /Globe Temperature). Pengambilan data kecepatan angin menggunakan alat thermometer. Pengambilan data suhu udara menggunakan alat thermohyrometer. Selain itu juga membutuhkan data diri aktifitas manusia berupa luas kulit tubuh untuk menghasilkan nilai suhu bola hitam ( $T_{rad}$ ), terdapat pada persamaan berikut :

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

Untuk mendapatkan nilai  $T_w$  dapat dilihat dari Gambar 3.

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																	
Temperature in Degrees Celsius																	
Relative Humidity (%)		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

Keterangan :

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

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

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

Keterangan;

- $Adu$  = Luas kulit tubuh manusia (m<sup>2</sup>)
- $P$  = Berat badan (kg)
- $H$  = Tinggi badan (m)

Kemudian nilai perpepsi kenyamanan termal pada titik pengukuran dikategorikan sesuai skala kenyamanan termal. Skala kenyamanan termal yang digunakan merupakan skala kenyamanan termal hasil penelitian dan pengukuran Sangkertadi (2013) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. 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 Yjs dan Yds maka akan diketahui perbedaan nilai suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) di bawah naungan dan tanpa naungan. Menurut Abreau-Harbich *et al.* (2015), tinggi pohon, ukuran dan bentuk tajuk merupakan fitur yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal lingkungan. Ukuran dimensi serta karakteristik pohon tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. 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)
4	<i>Bucida molineti</i>	Kubah Terbuka	8	2	7	3.5
7	<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**

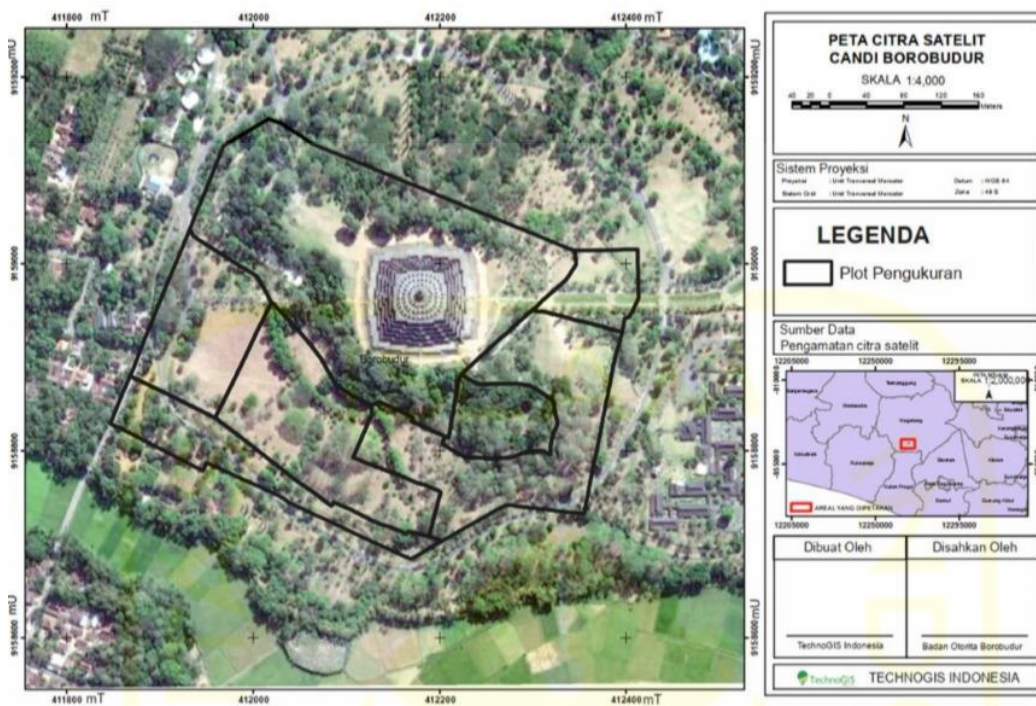
Candi Borobudur termasuk candi terbesar di dunia. Berdirinya Candi Borobudur ini diperkirakan sekitar 750 - 800 masehi. Asal nama Candi Borobudur dari kata *bara* dan *budur* yang mana *bara* memiliki arti kompleks biara dan kata *budur* yang mempunyai arti atas. Kedua kata digabungkan menjadi *barabudur* yang berarti kompleks biara dan dibaca Borobudur. Candi Borobudur ini disusun menggunakan batu andesit yang berbentuk persegi. Bentuk strukturnya seperti punden berundak yang semakin ke atas semakin mengecil dengan empat buah tangga yang terdapat di setiap sisi mata angin. Candi Borobudur memiliki panjang 121,66 meter, lebar 121,38 meter, dan tinggi 35,40 meter.

Candi Borobudur merupakan salah satu tempat wisata yang terletak di Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Candi Borobudur ini berada 100 km dari Kota Semarang, 86 km dari Surakarta dan 40 km dari Yogyakarta. Posisi Candi Borobudur terletak dikelilingi dua gunung kembar yaitu Gunung Sindoro-Sumbing di sebelah barat laut dan Merbabu-Merapi di sebelah timur laut, kemudian di sebelah utara terdapat bukit Tidar.

Pada tempat wisata Candi Borobudur ini memiliki sistem zonasi. Zonasi dibagi menjadi 5 zona. Zona 1 merupakan zona perlindungan dan pencegahan perusakan lingkungan fisik lingkungan arkeologi. Zona 2 merupakan zona untuk penyediaan fasilitas paker untuk kenyamanan pengunjung dan pelestarian lingkungan sejarah. Zona 3 merupakan zona untuk regulasi dan penggunaan lahan di sekitar taman dan pelestarian lingkungan sekaligus mengontrol pembangunan di daerah sekitar taman. Zona 4 merupakan zona untuk pemeliharaan pemandangan historis dan pencegahan perusakan pemandangan. Zona 5 merupakan zona untuk melakukan survei arkeologi di wilayah yang luas dan pencegahan kerusakan monument arkeologi yang belum ditemukan. Dalam penelitian ini pengukuran lapangan dilakukan pada zona 1. Peta zona dapat dilihat pada gambar 4. Pengukuran dilakukan pada zona 1 dikarenakan zona 1 merupakan lingkungan fisik arkeologi.

Berdasarkan perhitungan Mohr (1933) kondisi iklim dalam kurun waktu 10 tahun terakhir diketahui terdapat 8 bulan basah, 2 bulan lembab dan 2 bulan iklim. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kondisi iklim di Candi Borobudur termasuk kategori kelas 1 (Bulan basah). Pengambilan data dilakukan pada Desember hingga Januari. Desember hingga Januari ini merupakan musim puncak libur maka dari itu penelitian dilakukan pada bulan tersebut. Kondisi iklim pada Desember dan Januari ini pun dikategorikan bulan basah. Data lengkap klasifikasi iklim dapat dilihat pada lampiran 2.

Kawasan wisata Candi Borobudur memiliki stasiun klimatologi. Stasiun klimatologi tersebut berada di depan balai konservasi Candi Borobudur yang memiliki radius  $\pm 10$  km. Stasiun klimatologi digunakan untuk memantau kondisi cuaca.

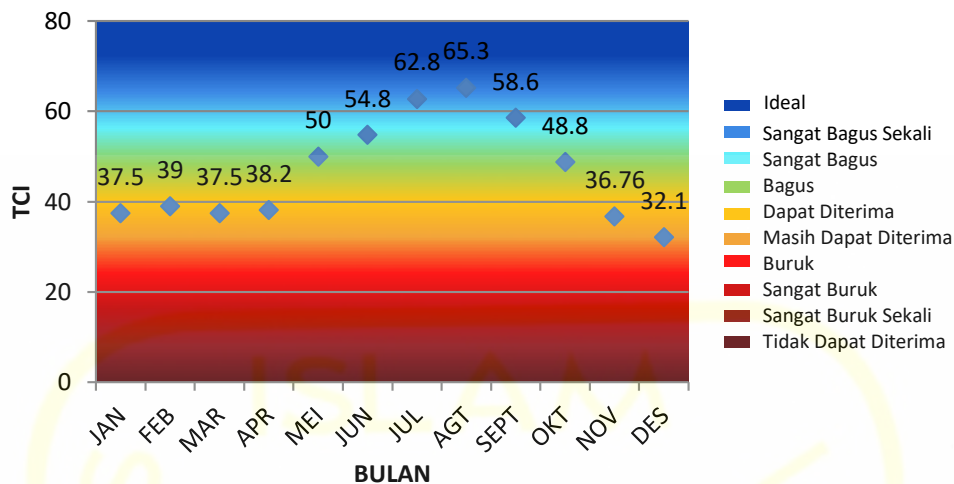


Gambar 3 Peta Zona 1 Kawasan Candi Borobudur

## 4.2 Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim

Perhitungan tingkat kenyamanan pada metode TCI ini menggunakan parameter suhu max, suhu rata-rata, kelembaban udara rata-rata, kelembaban udara min, curah hujan, kecepatan angin dan lama penyinaran. Berdasarkan data BMKG 10 tahun terakhir di kawasan Candi Borobudur memiliki suhu maksimum 33,2 °C, suhu rata-rata 26,3 °C dan suhu minimum 21 °C. Pada kelembaban udara rata-rata 80,1% dan kelembaban udara min 53,8%. Kemudian pada curah Hujan 185 mm/hari, Kecepatan angin 2,64 km/jam, lama penyinaran 5,95 jam/hari. Hasil perhitungan kenyamanan iklim berdasarkan data sekunder dari BMKG dengan kurun waktu 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.

Nilai TCI didapatkan menggunakan perhitungan pada rumus persamaan (1). Berdasarkan rumus dibutuhkan nilai CID, CIA, P, S dan W. Menentukan nilai CID dari hasil kombinasi suhu maksimum dengan kelembaban relatif minimum, kemudian untuk menentukan CIA dari hasil kombinasi suhu rata-rata dengan kelembaban relatif rata-rata. Hasil kombinasi diketahui dengan melihat grafik pada lampiran 1. Menentukan nilai P dengan melihat data curah hujan dari BMKG yang kemudian dirating pada tabel 1. Menentukan nilai S dengan melihat data lama penyinaran dari BMKG kemudian di rating. Menentukan nilai W dengan melihat data kecepatan angin dari BMKG yang kemudian di rating. Nilai yang telah diketahui dimasukkan pada persamaan (1). Nilai TCI dihitung perbulan dari tahun 2010-2019 setelah itu dirata-ratakan perbulannya. Data lengkap perhitungan nilai TCI perbulan dapat dilihat pada lampiran 3.

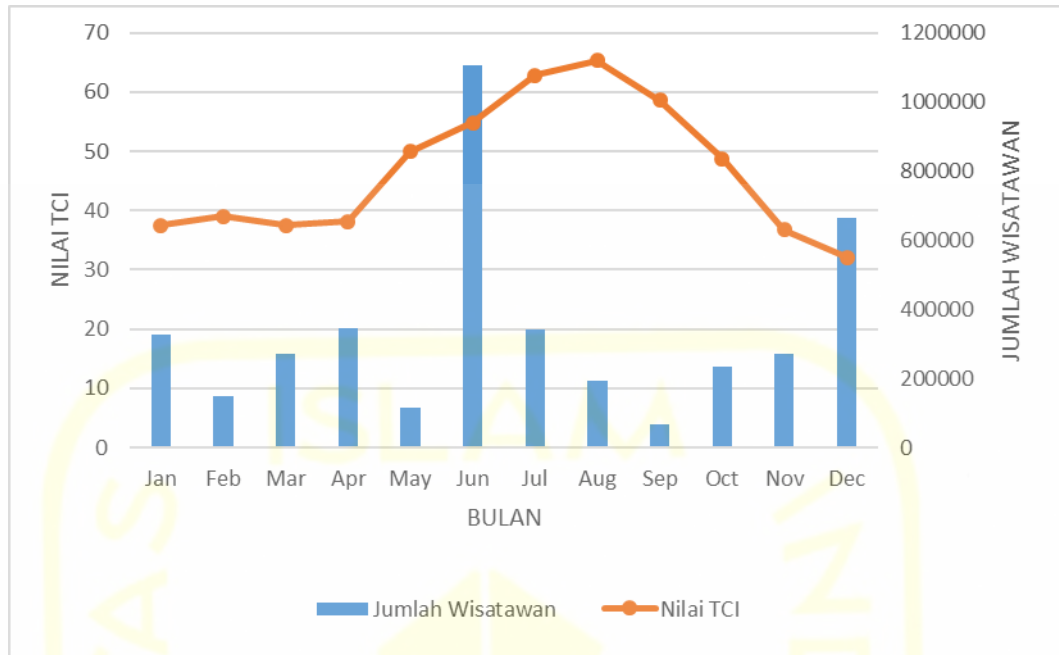


Gambar 4 Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim Berdasarkan Metode TCI Pada Tahun 2010-2019 di Candi Borobudur

Berdasarkan grafik tingkat kenyamanan iklim di Candi Borobudur dinyatakan nyaman pada bulan Juli dan Agustus dengan nilai TCI 62,8 dan 65,3. Skala nyaman dari 60-100 sedangkan tidak nyaman dalam skala -9 – 59. Berdasarkan grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa dalam 10 tahun terakhir terjadi peningkatan pada Mei hingga Agustus kemudian terjadi penurunan pada September hingga Desember. Januari hingga April memiliki tingkat kenyamanan yang tidak jauh beda maka tingkat kenyamanan pada 4 bulan ini setara. Beberapa faktor terjadinya peningkatan dan penurunan tingkat kenyamanan adalah suhu, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran. Pada Juli dan Agustus yang dikategorikan nyaman memiliki suhu 25,5 °C dan 25,48 °C, kelembaban relative 78,34% dan 74,35%, curah hujan 48 mm dan 16,2 mm, kecepatan angin 26,7 m/s dan 2,92 m/s dan lama penyinaran 7,75 jam dan 7,71 jam.

Menurut perhitungan Mohr (1933) pada Oktober hingga Mei dikategorikan bulan basah. Juni dan September dikategorikan bulan lembab. Juli dan Agustus dikategorikan bulan kering. Berdasarkan hasil klasifikasi bulan tersebut maka dapat dikatakan pada Juni hingga September dikategorikan nyaman untuk berkunjung. Wisatawan masih dapat menerima dan menyesuaikan diri terhadap kondisi iklim pada Juni, Juli, Agustus dan September.

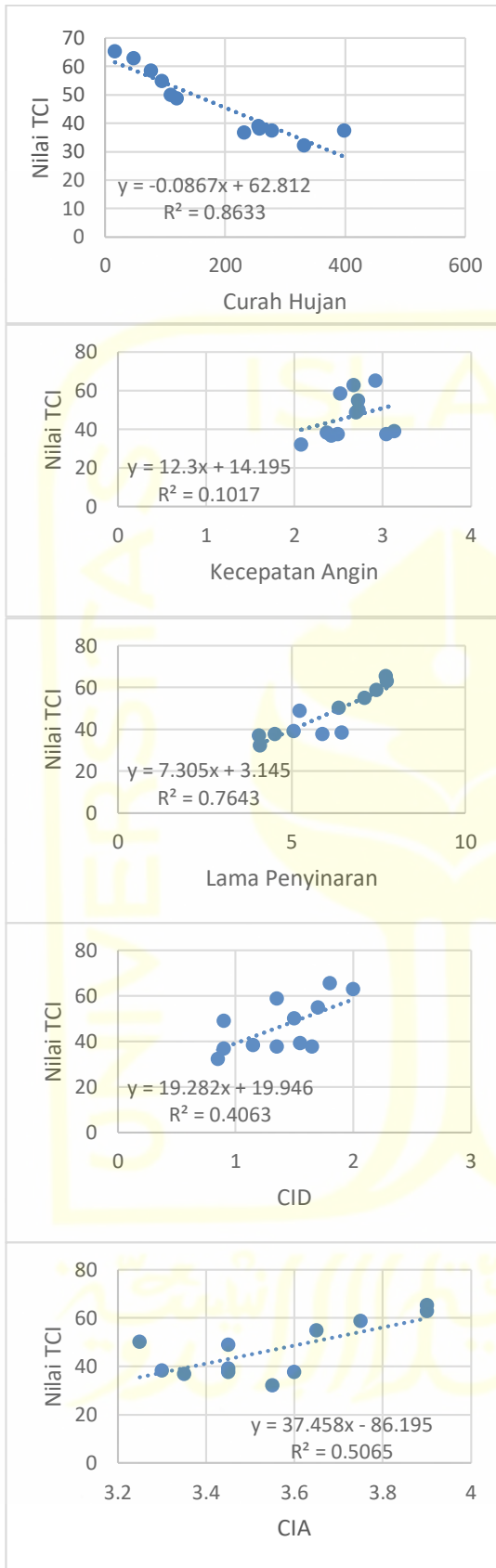
Pada gambar 5 dapat dilihat pengunjung meningkat pada Juni dan Desember sedangkan kenyamanan iklim dinyatakan nyaman pada pada bulan Juli dan Agustus. Menurut Haryadi *et al.* (2019) tidak ada korelasi antara jumlah pengunjung dan nilai TCI. Berdasarkan grafik pada gambar 5 tersebut diketahui peningkatan pengunjung berdasarkan musim libur sekolah namun, anantara Juni dan Desember peningkatannya pada juni lebih tinggi dan tingkat kenyamanannya pada bulan tersebut dikategorikan dapat diterima. Menurut perhitungan Mohr (1933) dinyatakan bahwa pada bulan juni termasuk dalam kategori bulan lembab yang mana dapat berpengaruh pada peningkatan pengunjung disamping musim libur sekolah. Menurut Aylen *et al.* (2014) perubahan curah hujan mempengaruhi jumlah pengunjung dalam skala pendek. Dilihat dari kenyamanan iklim pengunjung nyaman berwisata pada bulan Juli dan Agustus karena termasuk dalam bagus.



Gambar 5 Hubungan nilai TCI dan jumlah wisatawan

Parameter untuk mendapatkan nilai TCI yakni CID, CIA, curah hujan, kecepatan angin dan lama penyinaran yang mana dapat diketahui berapa pengaruhnya terhadap perhitungan nilai TCI berdasarkan hasil  $R^2$  pada gambar 6. Dilihat dari gambar 6 pengaruh masing-masing parameter terhadap nilai TCI yaitu curah hujan 86%, lama penyinaran 76%, CIA 50%, CID 40% dan kecepatan angin 10%. Grafik hubungan curah hujan terhadap nilai TCI berbanding terbalik dikarenakan ketika curah hujan meningkat maka nilai TCI menurun namun, curah hujan sangat berpengaruh terhadap nilai TCI berdasarkan hasil nilai  $R^2$  yaitu sebesar 86%. Dilihat hubungan nilai TCI terhadap parameter lainnya berbanding lurus namun, kurang berpengaruh terhadap nilai TCI. Hasil penelitian Kurnia (2016) juga menyatakan bahwa curah hujan sangat berpengaruh terhadap nilai TCI. Pada saat sering terjadi hujan dalam satu bulan maka, jumlah curah hujan akan semakin besar sehingga berpengaruh terhadap nilai TCI yang turun. Menurut Yulianti (2014) curah hujan yang cukup tinggi akan memberikan nilai kadar air tanah serta kelembaban tanah cukup tinggi yang mana secara tidak langsung akan mempengaruhi keadaan unsur iklim.





Gambar 6 Hasil regresi linier curah hujan, kecepatan angin, lama penyinaran, CIA, dan CID terhadap nilai TCI

Pada penelitian ini menggunakan metode TCI dikarenakan metode ini dirancang khusus untuk daerah pariwisata selain itu, penerapannya juga cukup baik pada daerah tropis. Pertimbangan menggunakan metode ini dilihat dari keunggulannya membutuhkan banyak parameter yakni suhu rata-rata, suhu maksimum, kelembaban relatif rata-rata, kelembaban relative minimum, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran sehingga hasil yang didapatkan akan lebih akurat. Kelemahan metode ini ketika menentukan indeks untuk nilai CID dan CIA, karena untuk menentukan nilai tersebut membutuhkan grafik yang mana grafik sulit untuk dibaca dan kemungkinan dapat terjadi *human error*.

### 4.3 Analisis Tingkat Kenyamanan Termal

Pengukuran data primer dilakukan pada tanggal 23 Desember 2019 s/d 3 Januari 2020 dengan parameter kelembaban udara, kecepatan angin dan suhu udara. Pengambilan data terbagi dalam 2 kondisi yaitu dibawah naungan dan tanpa naungan. Data lengkap pengukuran terdapat pada lampiran 4, lampiran 5, dan lampiran 6. Naungan yang terdapat pada kawasan Candi Borobudur berupa vegetasi. Vegetasi sekitar lokasi pengambilan berupa pohon. Menurut Tjasyono (2004), bayangan dari pepohonan dapat mengurangi suhu udara sehingga penguapan menjadi lebih kecil. Menurut Lakitan (2002), suhu vegetasi pada siang hari di atas permukaan tanah terbuka akan lebih tinggi dibandingkan suhu di bawah naungan karena radiasi matahari yang diterima oleh tanaman tidak dapat dipantulkan kembali.

Dalam menghitung tingkat kenyamanan termal terbagi 2 aktivitas yaitu berjalan dan duduk. Salah satu komponen untuk menghitung tingkat kenyamanan ini menggunakan perhitungan luas kulit tubuh manusia yang meliputi berat badan dan tinggi badan. Pengunjung Candi Borobudur tidak hanya wisatawan lokal, namun juga terdapat wisatawan mancanegara. Tinggi badan dan berat badan wisatawan lokal dan mancanegara tentu berbeda. Menurut Bentham (2016) rata-rata tinggi badan Belanda dalam 100 tahun ini 182,5 cm dan berat badan 68 kg. Menurut Sangkertadi (2013) rata rata tinggi badan orang Indonesia 165 cm dan berat badan 70 kg.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal

	Yjs		Yds	
	Lokal	Mancanegara	Lokal	Mancanegara
Naungan	0,64	0,75	0,29	0,45
Tanpa Naungan	1,33	1,08	1,21	1,37

Pengukuran tingkat nyaman dapat dilihat pada tabel 5. Hasil pengukuran lokasi di bawah naungan pada saat berjalan bagi wisatawan lokal tingkat kenyamanannya 0,64 dan mancanegara tingkat kenyamanannya 0,75 yang dinyatakan agak panas. Pada saat duduk terdapat tingkat kenyamanan bagi wisatawan lokal 0,29 dan wisatawan mancanegara 0,45 yang dinyatakan nyaman. Hasil pengukuran ini menyatakan bahwa pada saat duduk lebih nyaman dibandingkan pada saat berjalan. Menurut Manembu *et al.* (2015) secara teoritis tekanan darah pada posisi berdiri lebih tinggi dari pada posisi duduk yang

diakibatkan karena pada posisi berdiri tekanan darah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan otot yang sedang berkontraksi dan pada saat duduk anggota tubuh dalam keadaan rileks.

Hasil pengukuran lokasi tanpa naungan didapatkan tingkat kenyamanannya pada saat berjalan bagi wisatawan lokal 1,33 dan mancanegara 1,08 yang dinyatakan agak panas. Pada saat duduk terdapat tingkat kenyamanan bagi wisatawan lokal 1,21 dan wisatawan mancanegara 1,37 yang dinyatakan agak panas. Dari hasil diatas maka diketahui lokasi pada saat tanpa naungan agak panas dibandingkan di bawah naungan. Menurut Zahra (2014) vegetasi memiliki kemampuan mengurangi peningkatan suhu karena menyerap radiasi matahari yang tinggi.

Berdasarkan hasil perhitungan iklim sebelumnya, dapat diketahui potensi kenyamanan termal di bawah naungan pada bulan lain. Pada Januari hingga April dan November hingga Desember dinyatakan dalam kategori tingkat kenyamanan iklimnya buruk dengan diberi warna merah. Pengambilan data untuk kenyamanan termal dilakukan pada Desember hingga Januari yang mana termasuk dalam kategori buruk dengan diberi warna merah. Dari kondisi iklim 2 bulan tersebut diketahui bahwa kenyamanan termalnya dalam kategori nyaman diberi warna hijau dan agak panas diberi warna oranye. Melihat potensi pada Februari dan April hingga Oktober pada kenyamanan termal dapat dinyatakan dalam kategori agak dingin dengan diberi warna biru dan nyaman dengan diberi warna hijau, namun untuk kategori iklimnya oktober dalam kategori masih dapat diterima dengan diberi warna oranye, Mei hingga Juni dan September dalam kategori dapat diterima dengan diberi warna kuning, dan Juli hingga Agustus dalam kategori bagus dengan diberi warna hijau. Potensi kenyamanan termal di bawah naungan dapat dilihat pada tabel 6.

Potensi kenyamanan termal tanpa naungan diketahui tingkat kenyamanan iklim masih sama dengan keterangan sebelumnya, namun untuk kenyamanan termal terdapat 2 kategori tingkat kenyamanan. Pada Februari dan April hingga Oktober dinyatakan dalam kategori nyaman dengan diberi warna hijau. Januari, Maret, November dan Desember dinyatakan dalam kategori agak panas diberi warna oranye. Data lengkap potensi kenyamanan tanpa naungan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 6 Potensi Kenyamanan Termal di Bawah Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	37,5	0,29	0,64	0,45	0,75
Februari	39	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Maret	37,5	0,29	0,64	0,45	0,75
April	38,2	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Mei	50	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Juni	54,8	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Juli	62,8	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Agustus	65,3	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
September	58,6	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
Oktober	48,8	< 0,29	< 0,64	< 0,45	< 0,75
November	36,76	0,29	0,64	0,45	0,75
Desember	32,1	0,29	0,64	0,45	0,75

Tabel 7 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	37,5	1,21	1,33	1,37	1,08
Februari	39	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Maret	37,5	1,21	1,33	1,37	1,08
April	38,2	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Mei	50	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Juni	54,8	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Juli	62,8	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Agustus	65,3	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
September	58,6	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Oktober	48,8	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
November	36,76	1,21	1,33	1,37	1,08
Desember	32,1	1,21	1,33	1,37	1,08

Keterangan :

Tingkat Kenyamanan iklim untuk wisata berdasarkan TCI	
Nilai Indeks	Deskripsi dari Tingkat Kenyamanan Iklim
90-100	Ideal
80-89	Sangat Bagus Sekali ( <i>Excellent</i> )
70-79	Sangat Bagus ( <i>Very Good</i> )
60-69	Bagus ( <i>Good</i> )
50-59	Dapat Diterima ( <i>Acceptable</i> )
40-49	Masih Dapat Diterima ( <i>Marginal</i> )
30-39	Buruk ( <i>Unfavorable</i> )
20-29	Sangat Buruk ( <i>Very Unfavorable</i> )
10-19	Sangat Buruk Sekali ( <i>Extremly Unvfavorable</i> )
-3-9	Tidak Dapat Diterima ( <i>Impossible</i> )

Skala Kenyamanan termal	
Nilai Y	Persepsi
-1	Agak Dingin
0	Nyaman
1	Agak panas
2	Panas

Perbedaan warna pada potensi kenyamanan termal terjadi dikarenakan mengacu pada hasil kenyamanan iklim Desember dan Januari. Desember dan Januari dijadikan sebagai acuan dikarenakan pengukuran dilakukan pada bulan tersebut. Berdasarkan acuan kenyamanan iklim Desember dan Januari maka dapat ditentukan potensi kenyamanan termal pada bulan lain. Penentuan potensi kenyamanan termal akan lebih nyaman jika nilai kenyamanan iklim diatas Desember dan Januari dan agak panas jika nilai kenyamanan iklimnya di bawah Desember dan Januari.

#### 4.4 Analisis Tingkat Kenyamanan Termal

Rekayasa lingkungan merupakan upaya dasar manusia untuk merekayasa hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan. Rekayasa yang dapat direncanakan seperti membangun *canopy*, *blower*, ataupun menanam vegetasi. Namun dalam penelitian ini hanya memanfaatkan vegetasi dikarenakan kawasan Candi Borobudur merupakan cagar budaya. Menurut Hatmanendra (2016), vegetasi merupakan bagian hidup yang tersusun dari tumbuhan yang menempati suatu ekosistem.

Berdasarkan hasil tingkat kenyamanan iklim dan termal sebelumnya diketahui masih banyak kondisi yang dikategorikan tidak nyaman. Kondisi tidak nyaman bisa dikarenakan beberapa faktor seperti parameter suhu, kelembaban

udara dan kecepatan angin. Beberapa faktor yang tersebut dapat dipengaruhi oleh vegetasi. Menurut Iswanto (2006), tanaman akan menyerap panas dari pancaran sinar matahari dan memantulkannya sehingga dapat menurunkan suhu dan iklim.

Vegetasi yang bisa jadi pertimbangan untuk dilakukannya rekayasa lingkungan pada kawasan Candi Borobudur yaitu jenis vegetasi *Bucida molineti* dan *Thuja orientalis*. Tanaman *Bucida molineti* atau dapat dibidang pohon ketapang kencana bisa dijadikan sebagai rekayasa lingkungan dikarenakan menurut Lestari *et al.* (2008), umumnya pohon ini memiliki fungsi sebagai peneduh dan sebagai tanaman pelindung yang efektif. Tanaman *Thuja orientalis* atau dapat dibidang pohon cemara kipas bisa dijadikan sebagai rekayasa lingkungan dikarenakan pohon tersebut termasuk pohon peneduh.

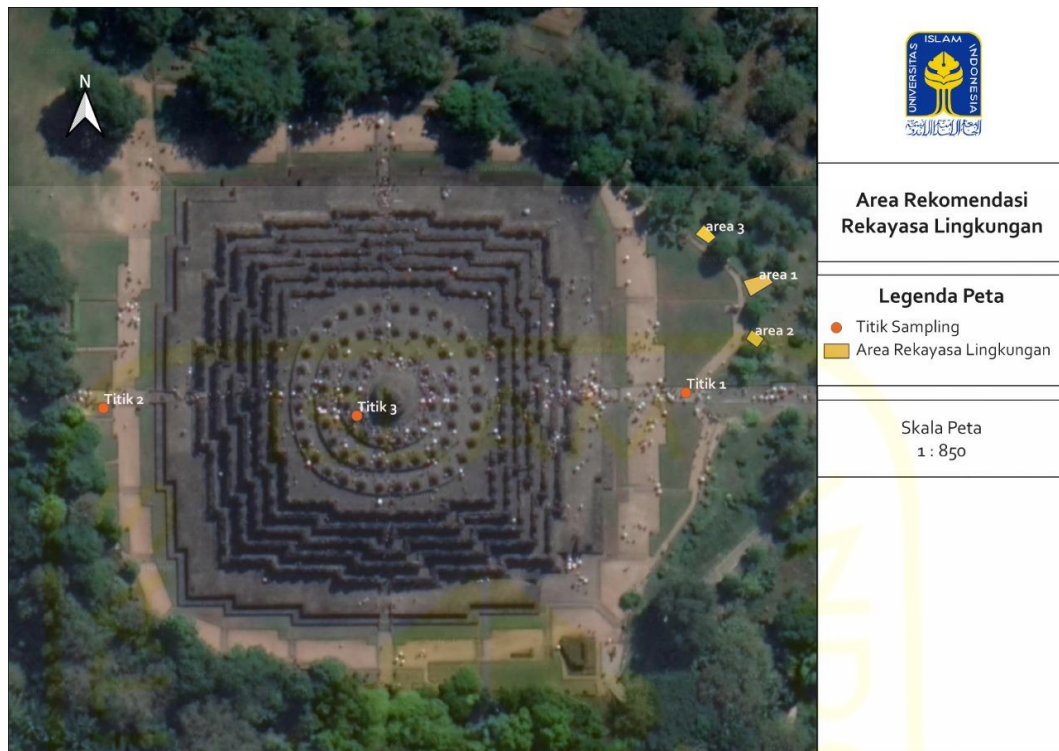
Tabel 8 Rekomendasi Jenis Vegetasi untuk Rekayasa Lingkungan

No	Jenis Vegetasi	Bentuk Tajuk	Dimensi Pohon			Jari-Jari Tajuk (m)	Penurunan suhu (°C)
			Tinggi Pohon (m)	Cabang Terendah (m)	Diameter Tajuk (m)		
1	<i>Bucida molineti</i>	Kubah Terbuka	8	2	7	3.5	2,35
2	<i>Thuja orientalis</i>	Kerucut Tertutup	7	1.6	6	3	2

Sumber: Fadhlurrahman, 2018

Berdasarkan tabel 8 diketahui bahwa *Bucida molineti* lebih banyak menurunkan suhu dibandingkan *Thuja orientalis*. *Bucida molineti* menurunkan suhu 2,35°C sedangkan untuk *Thuja orientalis* menurunkan suhu 2°C. Turunnya suhu pada *Bucida molineti* ini dapat dikarenakan bentuk tajuk yang berbentuk kubah terbuka dengan tinggi pohon 8 m, cabang terendah 2 m, diameter tajuk 7 m dan jari-jari tajuk 3,5 m. Penurunan suhu yang cukup banyak pada jenis tanaman *Bucida molineti* maka dapat direkomendasikan tumbuhan ini untuk kawasan Candi Borobudur.

Peta penyebaran vegetasi pada kawasan Candi Borobudur terdapat pada lampiran 7, sedangkan lokasi penanaman vegetasi yang direkomendasikan dapat dilihat pada gambar 6. Lokasi yang direkomendasikan untuk menanam pohon terdapat 3 bagian pada pintu masuk dengan luas area 1,2 dan 3 berturut-turut 24,3 m<sup>2</sup>, 11,4 m<sup>2</sup> dan 13,1 m<sup>2</sup>. 3 lokasi yang direkomendasikan untuk ditanam karena daerah tersebut berada pada pengukuran termal. Berdasarkan luas tersebut dengan jarak tanam pada umumnya 3m x 3m maka total pohon yang dapat di tanam 2 pohon pada area 2, 1 pohon pada area 2 dan 1 pohon pada area 3.



Gambar 7 Rekomendasi penanaman vegetasi

Perhitungan kenyamanan termal pada titik 1 (Pintu Masuk) dalam keadaan jalan untuk wisatawan lokal dan mancanegara berturut-turut adalah 1,51 dan 1,58. Tingkat kenyamanan dalam keadaan duduk untuk wisatawan lokal dan mancanegara berturut-turut 1,56 dan 1,72. Berdasarkan hasil perhitungan kenyamanan termal pada pintu masuk didapatkan semua dalam kategori panas. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 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

Berdasarkan rekomendasi pohon yang akan ditambahkan pada pintu masuk perlu diketahui berapa pengaruhnya. Menurut Fadhlurahman (2018), pohon ketapang kencana ini dapat menurunkan suhu 2,35°C. Menurut Femy (2014), secara umum peningkatan RH rata-rata 5%. Nilai tingkat kenyamanan bila diberi naungan pohon ketapang kencana dapat dihitung dengan menggunakan data suhu pengukuran termal pada titik 1 (Pintu Masuk) dikurangi 2,35 °C dan kelembaban udara yang telah dinaikan 5%. Hasil perhitungan diketahui tingkat kenyamanan dalam kondisi jalan bagi wisatawan lokal dan mancanegara berturut-turut adalah 1,20 dan 1,28. Hasil perhitungan tingkat kenyamanan dalam kondisi duduk bagi wisatawan lokal dan mancanegara berturut-turut adalah 1,06 dan 1,22. Berdasarkan hasil tingkat kenyamanan setelah dilakukan rekayasa lingkungan, nilai tingkat

kenyamanannya meningkat menjadi kategori agak panas. Hasil perhitungan kenyamanan termal setelah diberi rekayasa lingkungan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 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

Pengukuran yang dilakukan pada titik 1 (Pintu Masuk) tanpa naungan sebelum diberi rekayasa lingkungan diketahui potensi kenyamanan termalnya dalam 2 kategori. Pada Januari, Maret, November dan Desember didapatkan tingkat kenyamanan dalam kategori panas dengan diberi warna merah. Februari dan April hingga Oktober didapatkan tingkat kenyamanan dalam kategori agak panas dengan diberi warna oranye. Adapun dilihat dari tingkat kenyamanan iklim November hingga April dinyatakan dalam kategori buruk dengan diberi warna merah. Tingkat kenyamanan iklim Mei, Juni dan September dinyatakan dalam kategori dapat diterima dengan diberi warna kuning. Tingkat kenyamanan iklim Oktober dinyatakan dalam kategori masih dapat diterima dengan diberi warna oranye, kemudian tingkat kenyamanan iklim Juli dan Agustus dalam kategori bagus dengan diberi warna hijau. Hasil analisis potensi kenyamanan termal dapat dilihat tabel 11.

Tabel 11 Hasil perhitungan potensi kenyamanan termal tanpa naungan sebelum diberi rekayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)

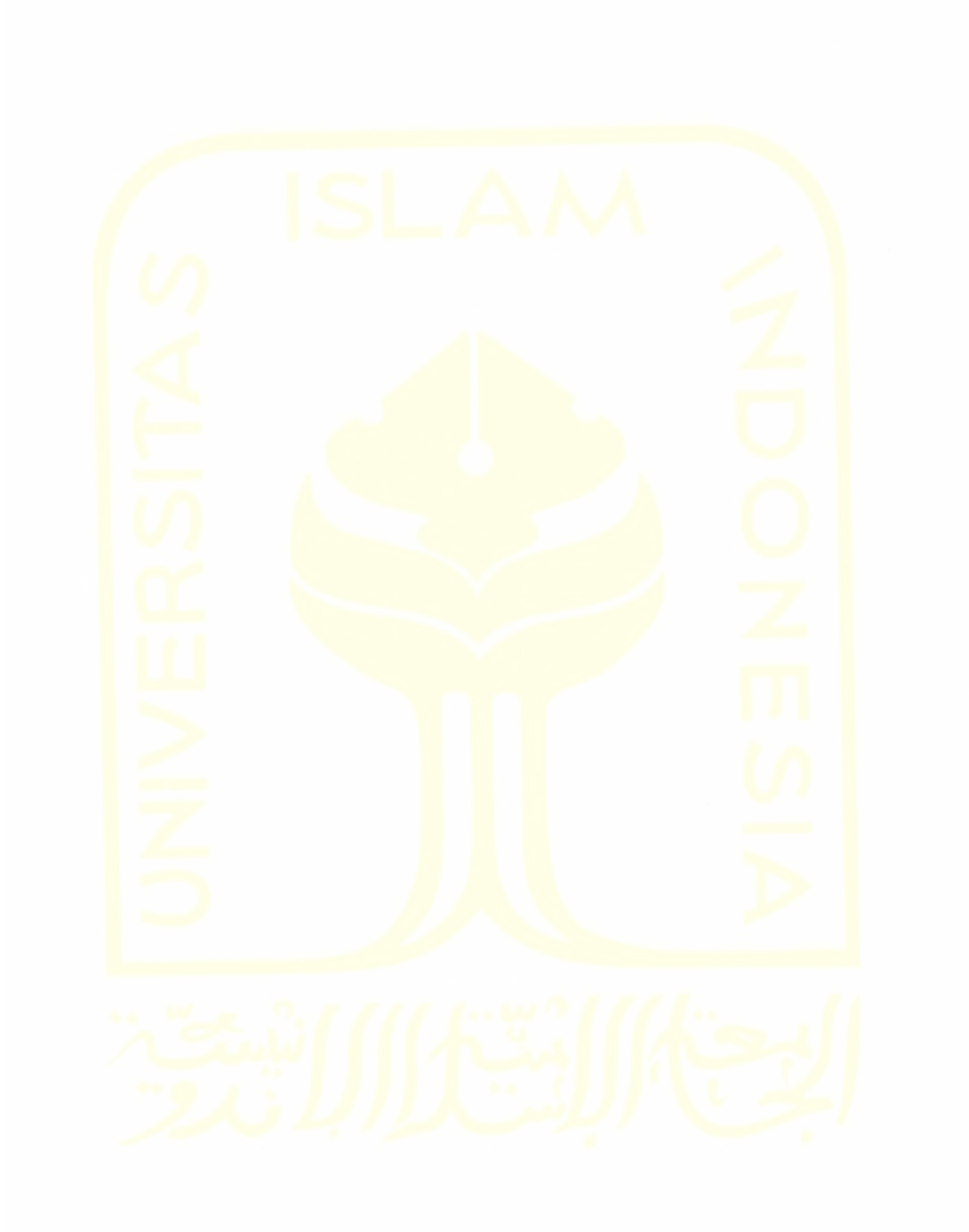
Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	37,5	1,56	1,51	1,72	1,58
Februari	39	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Maret	37,5	1,56	1,51	1,72	1,58
April	38,2	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Mei	50	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Juni	54,8	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Juli	62,8	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Agustus	65,3	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
September	58,6	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
Oktober	48,8	< 1,56	< 1,51	< 1,72	< 1,58
November	36,76	1,56	1,51	1,72	1,58
Desember	32,1	1,56	1,51	1,72	1,58



Dalam pengukuran potensi kenyamanan termal tanpa naungan pada titik 1 (Pintu masuk) diketahui Januari, Maret, November dan Desember dikategorikan agak panas dengan diberi warna oranye. Februari dan April hingga Oktober potensi kenyamanan termal dikategorikan nyaman dengan diberi warna hijau. Hasil analisis potensi kenyamanan termal setelah rekayasa lingkungan dapat dilihat pada tabel 12. Berdasarkan hasil sebelum diberi rekayasa lingkungan dan setelah diberi rekayasa lingkungan dapat disimpulkan bahwa setelah diberi rekayasa lingkungan lebih meningkat kenyamanan termalnya menjadi kategori nyaman dan agak panas.

Tabel 12 Hasil perhitungan potensi kenyamanan termal tanpa naungan setelah diberi rekayasa lingkungan pada titik 1 (Pintu Masuk)

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	37,5	1,06	1,20	1,22	1,28
Februari	39	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Maret	37,5	1,06	1,20	1,22	1,28
April	38,2	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Mei	50	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Juni	54,8	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Juli	62,8	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Agustus	65,3	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
September	58,6	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
Oktober	48,8	<1,06	<1,20	<1,22	<1,28
November	36,76	1,06	1,20	1,22	1,28
Desember	32,1	1,06	1,20	1,22	1,28



## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

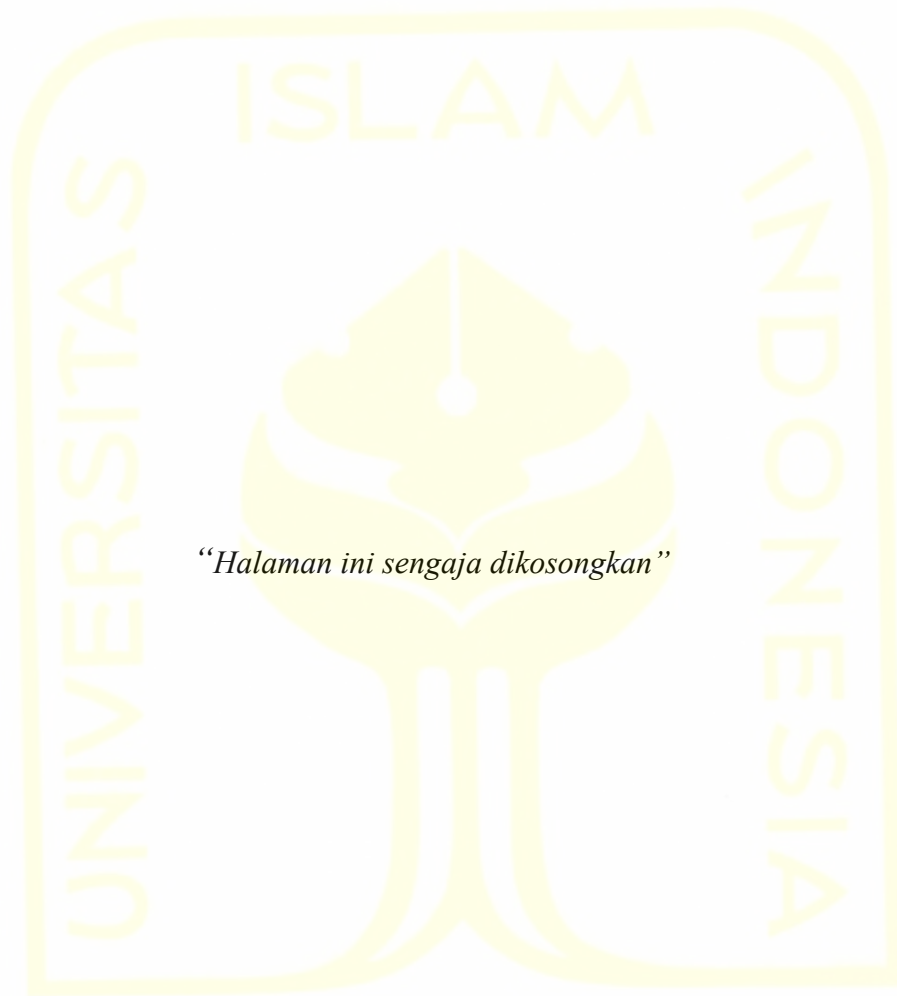
Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat kenyamanan termal dan iklim di lokasi wisata Candi Borobudur sebagai berikut:

1. Tingkat kenyamanan iklim di Candi Borobudur didapatkan nyaman pada bulan Juli dan Agustus sedangkan paling rendah pada bulan Desember.
2. Tingkat kenyamanan termal di Candi Borobudur didapatkan wisatawan lokal dan mancanegara lebih nyaman dalam kondisi duduk dan di bawah naungan, namun agak panas pada saat jalan dan tanpa naungan.
3. Rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan dengan memberi rekomendasi dengan menanam vegetasi jenis *Bucida molineti* berdasarkan hasil kenyamanan termal. Pada area 1 dengan luas 24,3 m<sup>2</sup> dapat ditanam 2 pohon, area 2 dengan luas 11,4 m<sup>2</sup> dapat di tanam 1 pohon dan area 3 dengan luas 13,1 m<sup>2</sup> dapat ditanam 1 pohon.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penilitan ini adalah:

1. Bagi pihak pengelola Candi Borobudur  
Potensi peningkatan kenyamanan termal pada kawasan Candi Borobudur yang dapat dilakukan yakni penambahan vegetasi jenis pohon *Bucida molineti* dengan penurunan suhu 2.35 °C (Fadhlurrahman, 2018) dan peningkatan kelembababan relatif 5% (Femy, 2014). Area 1 dengan luas 24,3 m<sup>2</sup> di tanam 2 pohon yang mana pohon ditanam berturu-turut, area 2 dengan luas 11,4 m<sup>2</sup> ditanam 1 pohon di bagian tengah area kemudian, area 3 dengan luas 13,1 m<sup>2</sup> ditanam 1 pohon di bagian tengah area.
2. Bagi peneliti selanjutnya  
Saran yang dapat diberikan pada peneliti selanjutnya dengan melakukan penelitian yang melibatkan pengunjung. Adapun saran lain dapat dilakukan pada musim hujan maupun musim kemarau.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

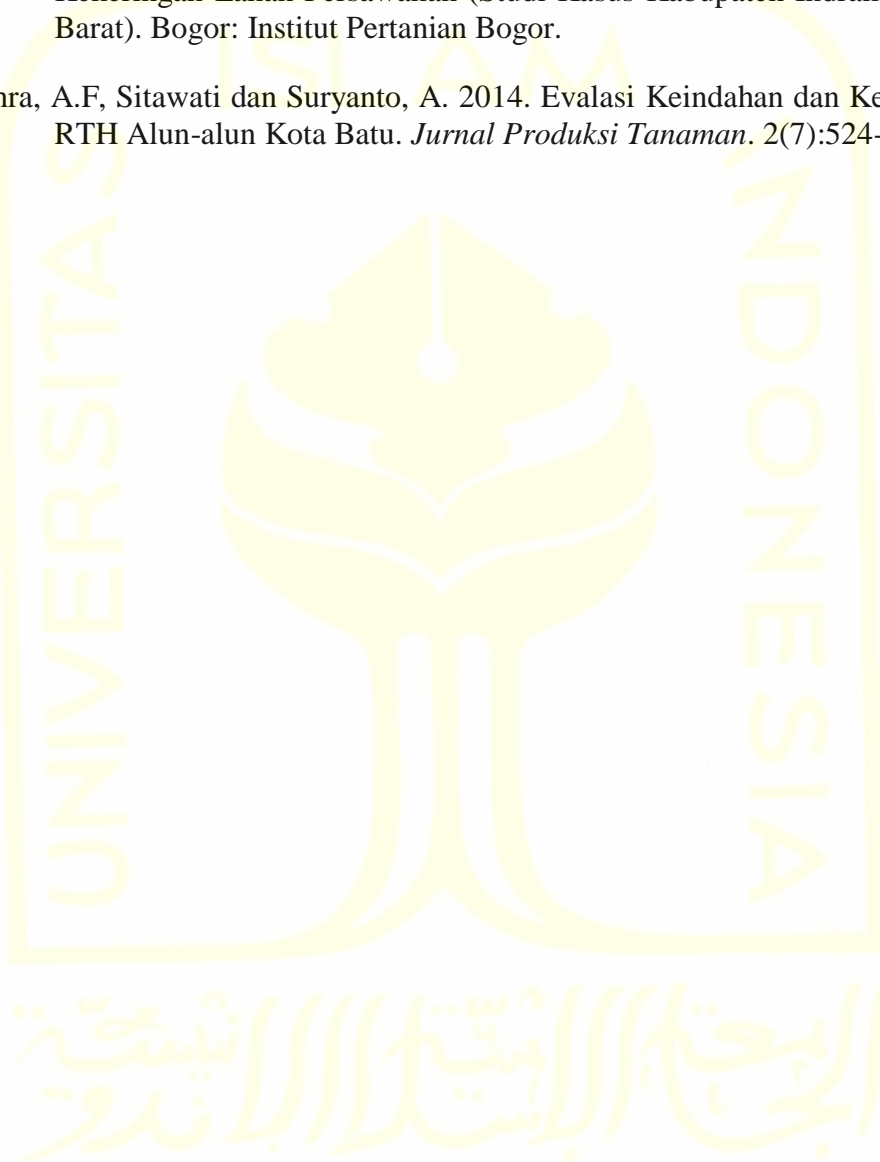
الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## 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.
- ASHRAE, 2017. *American Society of Heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55)*. ASHRAE: Atlanta US
- Arens E, Ballanti D. 1997. Outdoor Comfort of Pedestrians in Cities, Proceedings of The Conference on Physical Environment, Upper Derby, PA, US.
- Aylen, Jonathan., Kevin Albertson dan Gina Cavan. 2014. *The impact of weather and climate on tourist demand: the case of Chester Zoo*. The University Of Manchester.
- 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.
- Bohemen, HD van. 2004. *Ecological Engineering and Civil Engineering Works – A Practical Set of Ecological Engineering Principles for Road Infrastructure and Coastal Management*. PhD Thesis. Delft University of Technology.
- C. Amin. 2004. Pengaruh Bukaian Terhadap Kenyamanan Thermal Pada Bangunan Publik Di Daerah Tropis. Medan.
- D. Scott, C.M. Hall, dan S. 2012. Gössling, “*Tourism and Climate Change: Impacts, Adaptation and Mitigation*,” London: Routledge, 2012.
- Effendy S. dan Aprihatmoko F. 2014. Kaitan Ruang Terbuka Hijau Dengan Kenyamanan Termal Perkotaan. *J Agromet Indonesia*.
- Fadhlurrahman, M.M. 2018. *Pengaruh Naungan Pohon dengan Perbedaan Bentuk Tajuk dan Jarak dari Pohon Terhadap Kenyamanan Termal di Pustepiptek Serpong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering*. USA: McGraw-Hill Book Co.
- Femy, et al. 2014. *Pengaruh Tata Hijau Terhadap Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Pada Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian Serpong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Harrison, S., Winterbottom, S. and Sheppard, C. (1999). The Potential Effects of Climate Change on the Scottish Tourist Industry, *Tourism Management* 20: 203211.

- Haryadi, Adhityo., Eko Kusratmoko dan Asep Karsidi. 2019. *Climate Comfort Analysis for Tourism in Samosir District*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hatmanendra, Alvin. 2016. *Analisis Vegetasi RPH Selorejo dan RPH Wagir BKPH Kepanjen KPH Malang*. Malang. Universitas Muhammadiyah Malang.
- 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*.
- Iswanto. D. 2006. Pengaruh Elemen-Elemen Pelengkap Jalur Pedestrian Terhadap Kenyamanan Pejalan Kaki. *Enclosure*. 5 (1): hal. 21- 22).
- Kartasapoetra, A.G., 2004. *Klimatologi Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Kurnia R.F.A. 2016. *Analisis Indeks Kenyamanan Iklim. Studi Kasus: taman Wisata Jatim Park 2 dan Karangates*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lakitan, B., 2002. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lestari G, Kencana IP. 2008. *Galeri Tanaman Hias Lanskap*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Manembu *et al.* 2015. *Pengaruh Posisi Duduk dan Berdiri Terhadap Tekanan Darah Sistolik dan Diastolik Pada Pegawai Negeri Sipil kabupaten Minahasa Utara*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Mieczkowski, Z. 1985. The Tourism Climate Index: A Method for Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer* 29: 220-233.
- Noviady, I. dan Reza R. R. 2015. Identifikasi Kondisi Kesehatan Pohon Peneduh di Kawasan Ecopark, *Cibinong Science Center-Botanic Gardens*. Vol. 1 No. 6 Hal. 1385-1391.
- Sangkertadi, 2013. *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sangkertadi, 2011. *Perumusan Kenyamanan Termis Ruang Luar Iklim Tropis Lembab*. Laporan Penelitian Fundamental – Tahun ke 1. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Sudiby. 1996. *Balai Studi dan Konservasi Borobudur*. Magelang.
- Tjasjono, B. 2004. *Klimatologi*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Trewartha, G.T., dan Horn, LH. 1995. *Pengantar Iklim*. Penerjemah: Sri Andani. Edisi kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Turco, S.H.N., Silva, T.G.F., Oliveira, G.M., Leilatao, M.M.V.B.R., Moura, M.S.B., Pinheiro, C., Padilha, C.V.S. 2008. Estimating black globe temperature based on meteorological data. In: International Conference Of Agricultural Engineering. *Brazilian Congress Of Agricultural Engineering*, 37.
- Vidian IR. 2015. *Analisis Indeks Iklim Sektor Pariwisata di Citeko Jawa Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yulianti, Linda. 2014. *Analisis Temporal Vegetation Health Index (VHI) untuk Kekeringan Lahan Persawahan (Studi Kasus Kabupaten Indramayu, Jawa Barat)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Zahra, A.F, Sitawati dan Suryanto, A. 2014. Evalasi Keindahan dan Kenyamanan RTH Alun-alun Kota Batu. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(7):524-532.

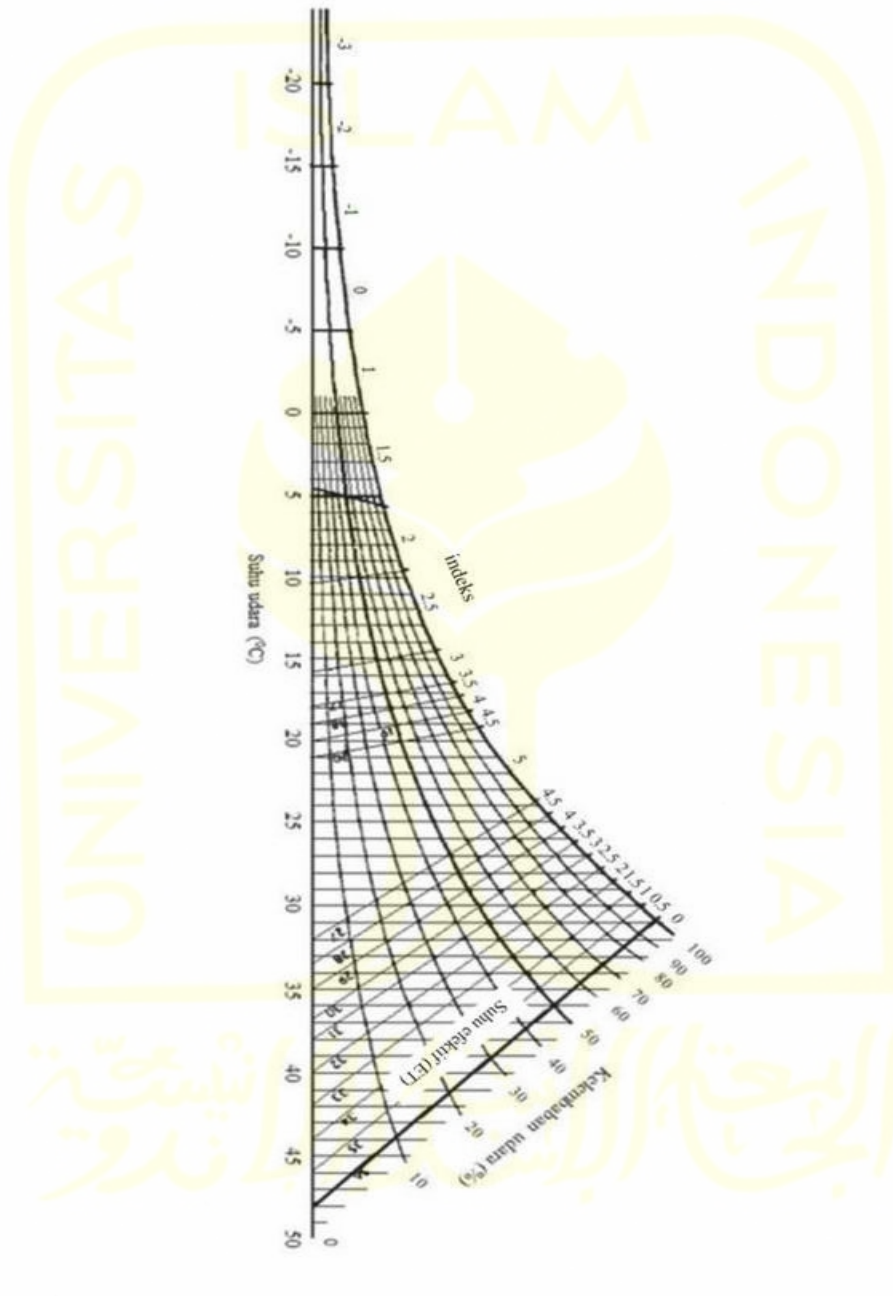






## LAMPIRAN

Lampiran 2 Grafik kombinasi suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban udara (%) untuk menghitung CIA dan CID



Lampiran 2 Klasifikasi iklim di Candi Borobudur pada tahun 2010-2019 berdasarkan perhitungan 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 3 Hasil perhitungan nilai TCI dari tahun 2010-2019 setiap bulannya

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
2010	50	44	40	35	35	45	57	50	39	41	38	42
2011	47	46	42	44	51	69	68	66	56	36	32	34
2012	31	34	34	36	49	68	64	66	65	50	32	33
2013	32	30	34	38	41	40	51	68	64	49	35	26
2014	33	36	36	38	53	29	56	66	69	60	36	38
2015	39	37	37	37	66	65	68	68	65	59	47	31
2016	40	47	36	32	40	45	47	57	48	31	30	27
2017	38	44	42	40	39	49	66	66	55	39	29,6	28
2018	34	32	39	48	63	67	74	72	58	62	30	31
2019	31	40	35	34	63	71	77	74	67	61	58	31
Rata-rata	37,5	39	37,5	38,2	50	54,8	62,8	65,3	58,6	48,8	36,76	32,1

Lampiran 4 Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur 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 Naungan	RH (%)	27,6
	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
	RH (%)	44,5

Tanpa Naungan	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 5 Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur 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 Naungan	RH (%)	72,1
	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 (Km/h)	2,4
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 (Km/h)	2,0
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 Naungan	RH (%)	66,9
	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 6 Hasil pengukuran termal di Candi Borobudur sore hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata			Kec.angin (Km/h)	1,3	
Titik 1 (Pintu Masuk)				16.00-16.10			
16.05-16.15				Tanpa Naungan	RH (%)	80,9	
Naungan	RH (%)	76,5			Suhu (°C)	27,5	
	Suhu (°C)	28,7			Kec.angin (Km/h)	1,4	
16.17-16.27				Titik 2 (Pintu Keluar)			
16.14-16.24				16.14-16.24			
Tanpa Naungan	RH (%)	78,9		Naungan	RH (%)	67,9	
	Suhu (°C)	28,9			Suhu (°C)	28,7	
	Kec.angin (Km/h)	2,2			Kec.angin (Km/h)	0,3	
Titik 2 (Pintu Keluar)				16.27-16.37			
16.32-16.42				Tanpa Naungan	RH (%)	88,9	
Naungan	RH (%)	76,0			Suhu (°C)	25,8	
	Suhu (°C)	29,0			Kec.angin (Km/h)	1,9	
16.44-16.54				Titik 3 (Stupa)			
16.44-16.54				16.44-16.54			
Tanpa Naungan	RH (%)	73,0		Tanpa Naungan	RH (%)	83,1	
	Suhu (°C)	29,8			Suhu (°C)	25,4	
	Kec.angin (Km/h)	2,5			Kec.angin (Km/h)	0,1	
Titik 3 (Stupa)				Hari/Tanggal : 25/12/2019			
17.00-17.10				Titik 1 (Pintu Masuk)			
15.55-16.05				15.55-16.05			
Tanpa Naungan	RH (%)	66,4		Naungan	RH (%)	83,1	
	Suhu (°C)	29,3			Suhu (°C)	25,4	
	Kec.angin (Km/h)	4,2			Kec.angin (Km/h)	0,1	
Hari/Tanggal : 24/12/2019				16.08-16.18			
Titik 1 (Pintu Masuk)				16.08-16.18			
15.48-15.58				Tanpa Naungan	RH (%)	90,0	
Naungan	RH (%)	79,7			Suhu (°C)	25,1	
	Suhu (°C)	27,3			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		
	RH (%)	66,5

Tanpa Naungan	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		
	RH (%)	67,1



Tanpa Naungan	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 Naungan	RH (%)	50,4
	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 7 Peta vegetasi di zona 1 di kawasan Candi Borobudur



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Duri, pada tanggal 4 September 1997 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Orang tua penulis Bapak Indrianof dan Ibu Muliarni. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis, yaitu SD Cendana Duri (2004-2010). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Cendana Rumbai (2010-2013) dan SMA Cendana Rumbai (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 aktif dalam berbagai macam kepanitiaan, beberapa kepanitiaan yang telah diikuti yaitu diantaranya ialah *Enviro Champions 2017*, *Lintas Lingkungan 2017*, *Explore FTSP 2018* dan *Enviro Youth Project 2018*. Selain itu peneliti pernah membantu dosen sebagai asisten plumbing. Untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, penulis melaksanakan penelitian yang berjudul “**Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Tourism Climate Index (Tci)* di Candi Borobudur**”.

