

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

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



DEVIANTI MARYETNOWATI
16513039

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


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

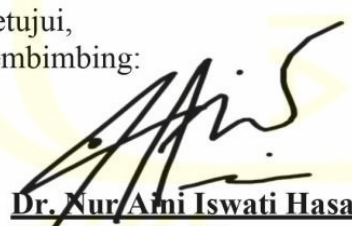
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



DEVIANTI MARYETNOWATI
16513039


Disetujui,
Dosen Pembimbing:


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


Dr. Nur Anis Iswati Hasanah, S.T., M.Si
NIK. 185130403
Tanggal: 9 Juni 2020

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII




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

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS TINGKAT KENYAMANAN IKLIM DAN
TERMAL BERDASARKAN *HOLIDAY CLIMATE
INDEX (HCI)* DI CANDI BOROBUDUR**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 15 Juni 2020

Disusun Oleh:


**DEVIANTI MARYETNOWATI
16513039**

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

()

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Desember 2019 ini ialah **Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Holiday Climate Index* (HCI) di Candi Borobudur.**

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual, sehingga 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 moral, materil maupun spiritual,
4. Bapak Habibi, dari pihak Balai Konservasi Borobudur selaku pembimbing penelitian di Candi Borobudur, Magelang, Jawa Tengah yang telah memberikan arahan kepada penulis dari awal masuk sampai selesai melaksanakan penelitian,
5. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2016 yang telah mendukung selama perkuliahan baik akademis maupun non akademis,
6. Teman-teman seperjuangan dari semasa sekolah hingga saat ini yang telah mendukung selama perkuliahan baik akademis maupun non akademis,
7. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal hingga tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak

Yogyakarta, 12 Maret 2020

Devianti Maryetnowati



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

ABSTRAK

DEVIANTI MARYETNOWATI. Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan Indeks *Holiday Climate Index* (HCI) di Candi Borobudur. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. dan Dr. NUR ANI ISWATI HASANAH, S.T., M.Si.

Berkembangnya suatu kawasan wisata dapat memberikan dampak positif sekaligus dampak negatif. Informasi iklim dan termal menjadi faktor utama dalam memilih tujuan perjalanan wisata. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kenyamanan iklim dan termal Candi Borobudur berdasarkan *Holiday Climate Index* (HCI). HCI menggunakan parameter kenyamanan iklim yang berasal dari suhu udara maksimum dan rata-rata harian, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin dan tutupan awan. Data perhitungan HCI berupa data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang dalam periode 2010-2019, sedangkan data tutupan awan diperoleh berdasarkan perkiraan jumlah awan dari durasi sinar matahari. Parameter untuk kenyamanan termal dilakukan pengukuran secara langsung berupa suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin yang dilakukan selama 14 hari. Hasil analisa HCI menunjukkan bulan yang paling nyaman untuk mengunjungi Candi Borobudur adalah September dengan nilai HCI sebesar 70 sedangkan nilai HCI terendah berada pada Mei. Hasil kenyamanan termal didapatkan rasa nyaman pada kondisi duduk santai di bawah naungan. Dengan demikian, HCI dapat digunakan sebagai salah satu sumber informasi untuk mengetahui nilai kenyamanan iklim pada suatu kawasan wisata di Indonesia. Rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan berupa vegetasi pepohonan yang dapat meningkatkan kenyamanan termal.

Kata kunci: Candi Borobudur, HCI, Kenyamanan Iklim, Kenyamanan Termal

ABSTRACT

DEVIANTI MARYETNOWATI. *Analysis of Climate and Thermal Comfort Level in Borobudur Temple Based on the Holiday Climate Index (HCI) Index. Supervised by EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. and Dr. NUR ANI ISWATI HASANAH, S.T., M.Sc.*

The development of a tourist area can have both positive and negative impacts. Climate and thermal information is a major factor in choosing a travel destination. Borobudur based on the Holiday Climate Index (HCI). HCI uses comfort parameters that contain maximum and average daily air temperatures, humidity, rainfall, wind speed and cloud cover. HCI calculated data consists of secondary data obtained from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) Semarang in the 2010-2019 period, while cloud cover data was obtained based on the calculation of the number of clouds from sunshine. The parameters for thermal comfort were measured in air temperature, relative temperature and wind speed for 14 days. The results of the HCI analysis showed

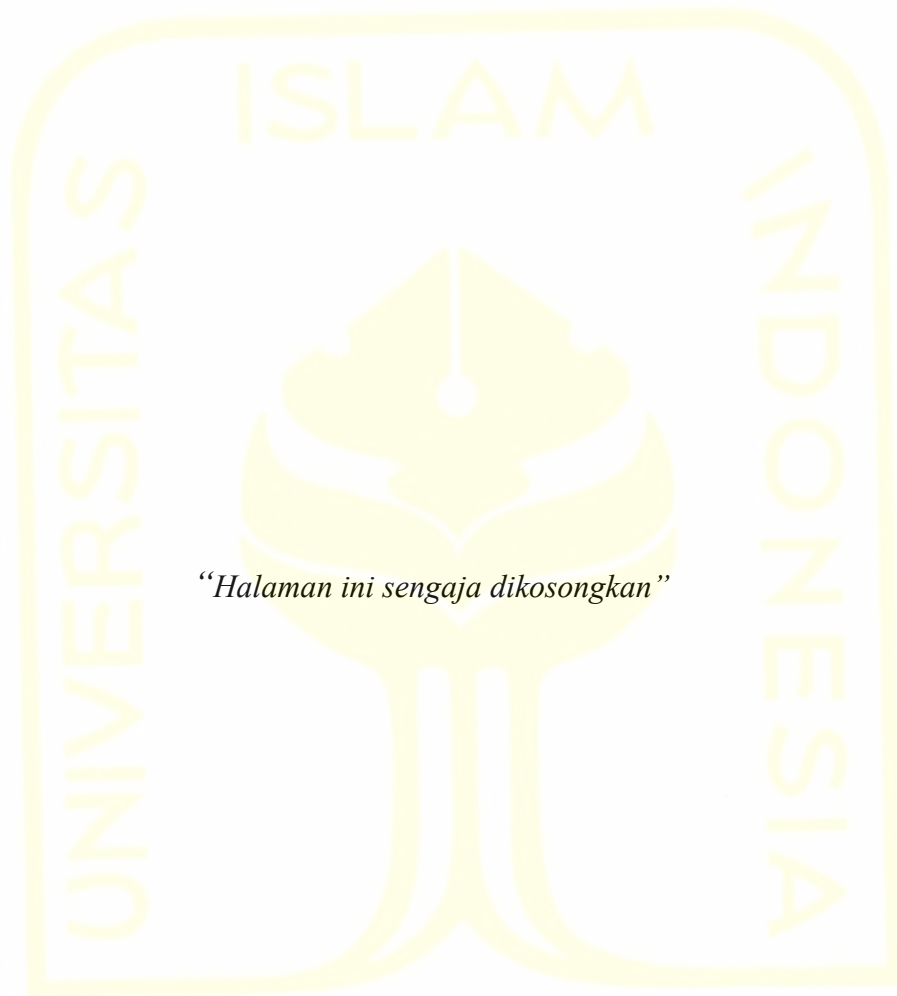
that the most comfortable month to visit Borobudur Temple was September with a HCI value of 70 while the lowest HCI value was in May. Thermal comfort results obtained a sense of comfort when sitting relaxed in the shade. Therefore, HCI can be used as a source of information to determine the value of comfort in a tourist area in Indonesia. Environmental engineering can be done in the form of planting tree vegetation to increase thermal comfort.

Keywords: Borobudur Temple, HCI, Climate Comfort, Thermal Comfort



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Hipotesis Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kenyamanan Iklim	5
2.2 Kenyamanan Termal	6
2.3 Faktor Penentu Kenyamanan Termal pada Ruang Luar	6
2.4 <i>Holiday Climate Index (HCI)</i>	7
2.5 Rekayasa Lingkungan	8
2.6 Penelitian Terdahulu	8
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Gambaran Umum Candi Borobudur	17
4.2 Analisis Kenyamanan Iklim	18
4.3 Analisis Kenyamanan Termal	22
4.4 Rekayasa Lingkungan di Candi Borobudur	25
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	56

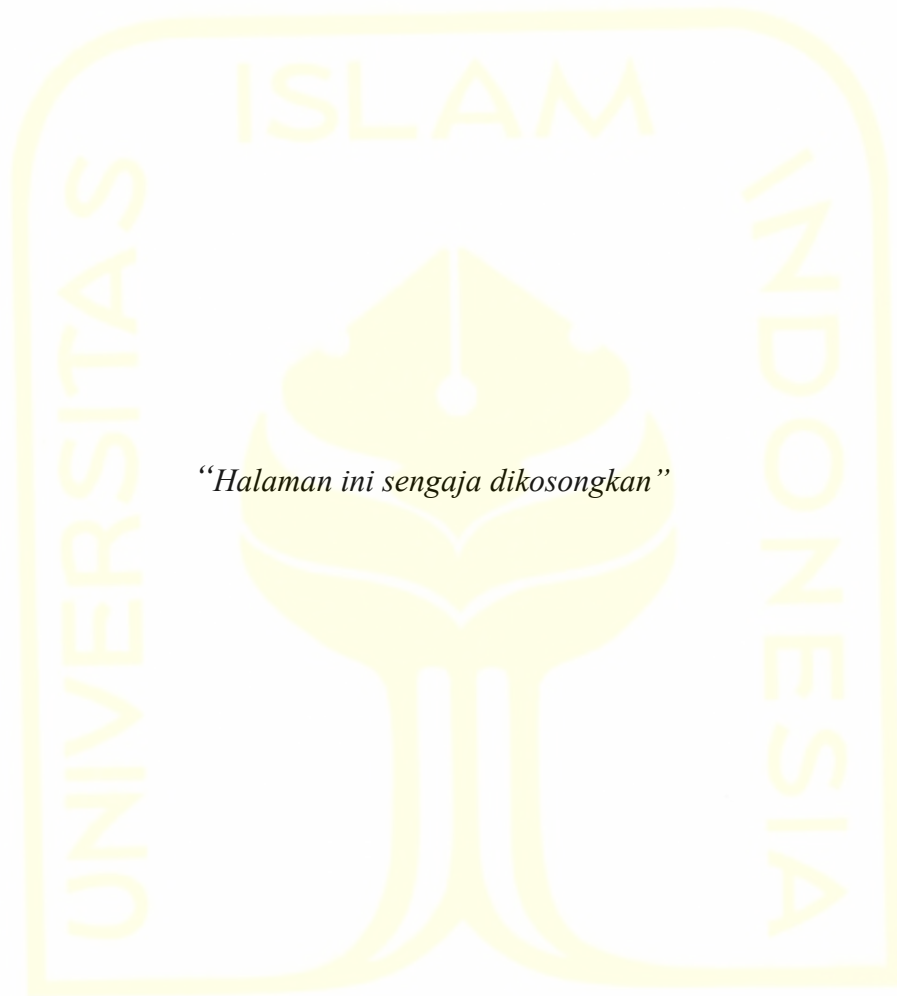


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR TABEL

1	Aspek Kenyamanan Iklim dan Pengaruhnya	5
2	Informasi Survei yang Dilakukan Untuk Merancang HCI	7
3	Penelitian Terdahulu	8
4	Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Diteliti oleh Penulis	10
5	Komponen HCI	12
6	Skema <i>Rating</i> Variabel di HCI	13
7	Kategori Kenyamanan	14
8	Skala Kenyamanan Termal	15
9	Karakter Fisik dan Dimensi Pohon	16
10	Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal	20
11	Potensi Kenyamanan Termal Di Bawah Naungan	21
12	Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan	22
13	Rekomendasi Jenis Vegetasi untuk Rekayasa Lingkungan	23
14	Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Sebelum Dilakukan Rekayasa Lingkungan	24
15	Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Setelah Dilakukan Rekayasa Lingkungan	25
16	Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Sebelum Dilakukan Rekayasa Lingkungan	26
17	Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Setelah Dilakukan Rekayasa Lingkungan	26

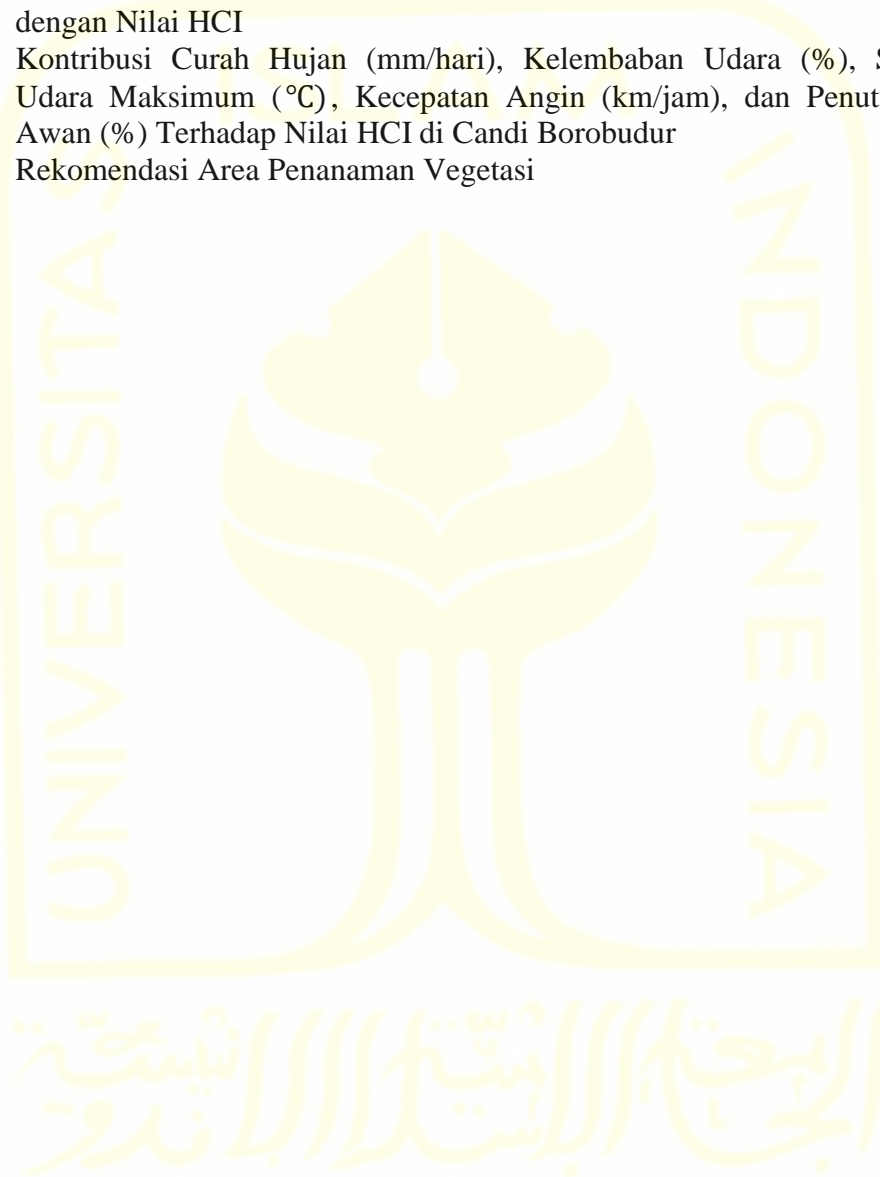


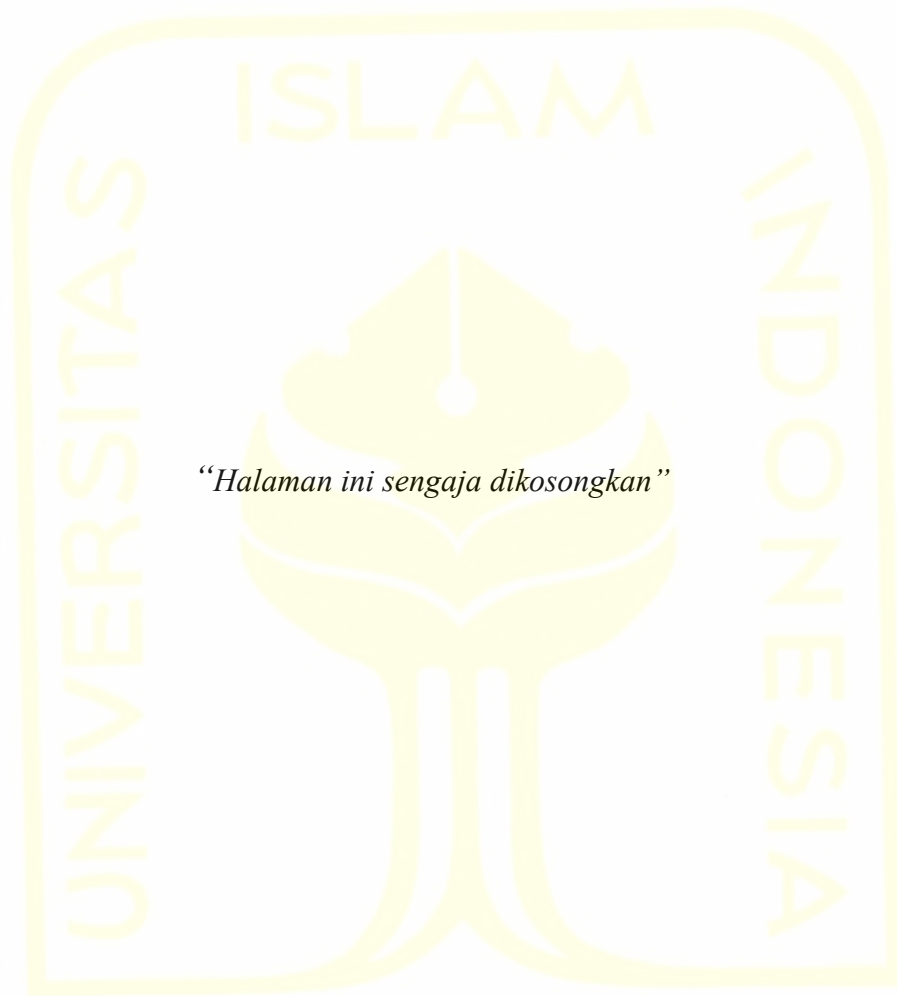
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi Titik Pengambilan Data	11
2	<i>Wet Bulb Globe Temperature</i> (WBGT) dari Suhu dan Kelembaban Relatif	16
3	Peta Zona Kawasan Wisata Candi Borobudur	18
4	Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim Berdasarkan <i>Holiday Climate Index</i> Tahun 2010-2019 di Candi Borobudur	19
5	Nilai Bulanan Jumlah Wisatawan Domestik dan Wisatawan Asing dengan Nilai HCI	20
6	Kontribusi Curah Hujan (mm/hari), Kelembaban Udara (%), Suhu Udara Maksimum (°C), Kecepatan Angin (km/jam), dan Penutupan Awan (%) Terhadap Nilai HCI di Candi Borobudur	21
7	Rekomendasi Area Penanaman Vegetasi	27





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN

1	Klasifikasi Iklim Tahun 2010-2019 Berdasarkan Mohr (1933)	37
2	Nilai Perhitungan HCI	38
3	Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Pagi Hari	39
4	Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Siang Hari	44
5	Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Sore Hari	49
6	Peta Vegetasi Pada Zona 1 Kawasan Candi Borobudur	54



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya suatu kawasan wisata dapat memberikan dampak positif sekaligus dampak negatif. Dalam hal ini, peningkatan jumlah wisatawan dapat memberikan dampak negatif jika wisatawan menggunakan potensi wisata lebih besar daripada kapasitas yang dimiliki oleh suatu wisata (Belsoy *et al.*, 2012). Matzarakis *et al.* (2004) menyatakan bahwa selain faktor topografi, geografi, *landscape*, vegetasi dan fauna, faktor cuaca/iklim mempengaruhi daya tarik pariwisata di suatu wilayah. Menurut Hamilton dan Lau (2006), informasi iklim menjadi faktor utama dalam memilih tujuan perjalanan wisata.

Kondisi iklim menentukan kenyamanan suatu tempat karena akan memengaruhi aktivitas manusia secara langsung. Kenyamanan dalam hal ini merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan pengaruh keadaan lingkungan fisik atmosfer atau iklim terhadap manusia. Selain dipengaruhi oleh kondisi iklim, kenyamanan juga ditentukan oleh aktivitas fisik manusia (Scott *et al.*, 2016). Kenyamanan berwisata dapat dikaitkan dengan kondisi iklim dan cuaca karena dua faktor inilah yang saling mempengaruhi wisatawan dalam menentukan destinasi wisata (Moreno, 2009).

Selain indeks kenyamanan iklim juga ada indeks kenyamanan termal. Indeks ini hanya mempertimbangkan faktor termal tanpa memasukan faktor estetika dan fisik. Kenyamanan termal didefinisikan oleh *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) sebagai keadaan yang memperlihatkan kepuasan terhadap lingkungan termal. Terdapat empat jenis kenyamanan manusia berkaitan dengan keberadaan taman wisata, yakni kenyamanan spasial, kenyamanan visual, kenyamanan audial, dan kenyamanan termal. Tingkat kenyamanan termal pada manusia di berbagai wilayah telah dirumuskan melalui parameter iklim seperti suhu udara, kelembaban relatif, radiasi matahari, dan kecepatan angin (Karyono, 2005).

Penelitian tentang keterkaitan antara kenyamanan iklim dan termal dalam berwisata sangat menarik untuk dilakukan terutama di Indonesia. Seperti halnya kawasan wisata Borobudur yang termasuk ke dalam wisata warisan budaya di mana di dalamnya terdapat peninggalan sejarah yaitu Candi Borobudur yang merupakan candi Buddha terbesar di Indonesia (Soekmono, 1976). Hasil survei lapangan yang dilakukan pada musim kemarau bulan Oktober 2019 menunjukkan bahwa suhu udara di wilayah Candi Borobudur mencapai rentang 35-40 °C. Kondisi ini disebabkan oleh wilayah di sekitar candi bersifat terbuka (*outdoor*) sehingga pengunjung dapat merasakan langsung paparan panas matahari pada permukaan kulit. Belum adanya penelitian mengenai kondisi kenyamanan iklim dan cuaca pada kawasan wisata Candi Borobudur ini juga menjadi dasar atas penelitian ini.

Salah satu metode untuk mengetahui indeks kenyamanan wisatawan yakni didasari oleh variabel iklim yang telah dikembangkan oleh Mieczkowski (1985) yang dikenal dengan istilah *Holiday Climate Index* (HCI) (Scott *et al.*, 2016). HCI merupakan indeks iklim yang dikembangkan untuk pariwisata yang berupaya

menilai kenyamanan iklim untuk tujuan pariwisata yang dikembangkan menggunakan parameter iklim seperti suhu, curah hujan, kelembaban relatif, lama penyinaran dan kecepatan angin.

Untuk mencapai standar kenyamanan iklim dan termal perlu dilakukan usaha pengendalian untuk memperbaiki lingkungan alam, seperti menerapkan ilmu rekayasa lingkungan yang dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan kerusakan alam. Rekayasa lingkungan juga merupakan integrasi prinsip-prinsip ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memperbaiki lingkungan alam. Salah satu usaha yang dapat dilakukan dengan penambahan vegetasi peneduh pada area sekitar taman wisata.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi kenyamanan iklim di kawasan wisata Candi Borobudur?
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

Tujuan yang ingin dicapai berdasarkan pertanyaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi kenyamanan iklim di kawasan wisata Candi Borobudur.
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

Penelitian sebagai salah satu syarat dalam memenuhi gelar sarjana Teknik Lingkungan dari Universitas Islam Indonesia serta meningkatkan keterampilan mahasiswa di lapangan, memperluas wawasan, dan menambah pengetahuan terutama tentang kondisi kenyamanan iklim dan 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 di kawasan wisata Candi Borobudur sehingga mempermudah pengelolaan serta pengembangan Candi Borobudur.

- c. Pihak Berkepentingan Lain
Memberikan kontribusi data sekunder dalam bidang Meteorologi dan Klimatologi sehingga dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya

1.5 Hipotesis Penelitian

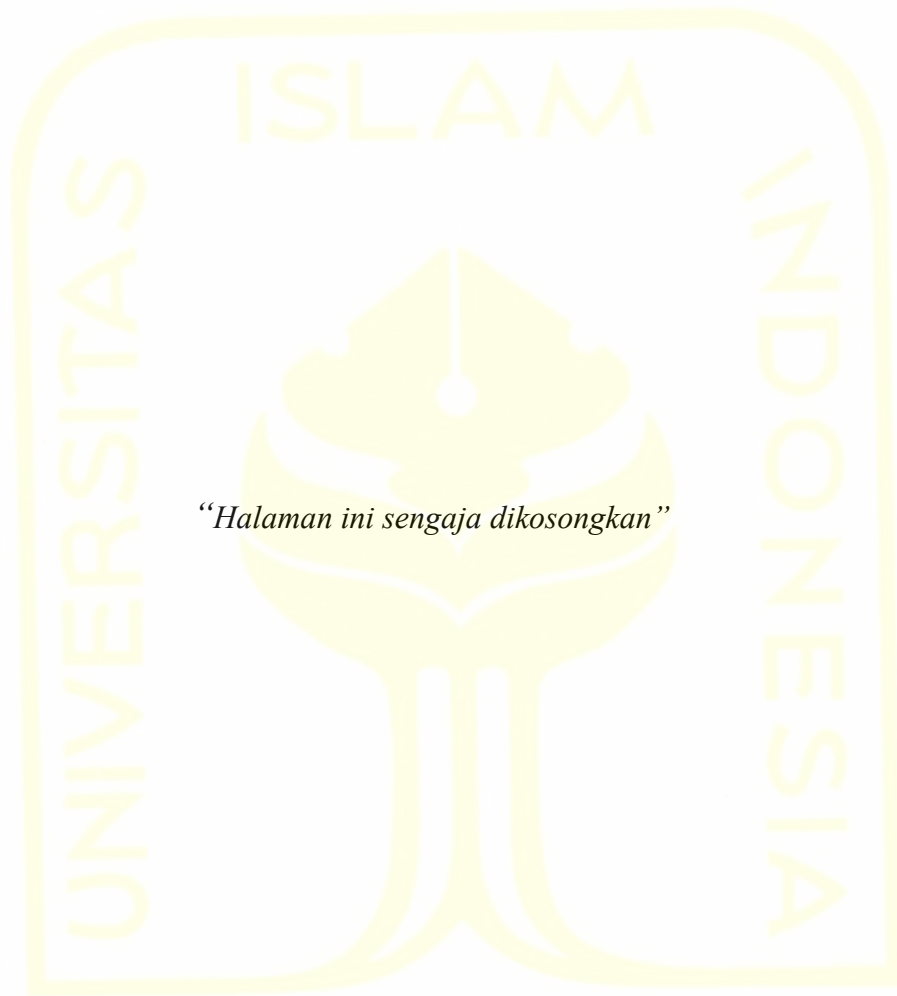
Mengacu pada rumusan masalah dan tujuan dari penelitian yang dilakukan, dimana hipotesis yang diberlakukan adalah sebagai berikut:

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 berpengaruh terhadap peningkatan kenyamanan termal.

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, kelembaban relatif, dan kecepatan angin, pada bulan Desember 2019 s/d Januari 2020 dan data sekunder berupa data suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, penutupan awan dan curah hujan harian yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi BMKG Candi Borobudur tahun 2010-2019. Dalam menentukan indeks kenyamanan iklim digunakan metode *Holiday Climate Index* (HCI).
2. Parameter yang digunakan dalam menentukan indeks kenyamanan termal ialah suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, penutupan awan dan curah hujan harian.
3. Parameter yang dihitung dalam menentukan kondisi kenyamanan termal ialah suhu udara, suhu radiasi global, suhu permukaan, radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin dan luas kulit tubuh dewasa wisatawan lokal dan mancanegara pada kondisi jalan santai dan duduk santai.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية
الاسلامية

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kenyamanan Iklim

Iklim merupakan salah satu faktor alam penting yang menjadi perhatian bagi para wisatawan. Menurut Aguiló *et al* (2005) wisatawan umumnya mencari tempat wisata dengan kondisi iklim yang lebih nyaman dan berbeda dibandingkan dengan kondisi iklim tempat tinggalnya. Mereka yang tinggal di wilayah yang dingin dan jarang mendapat pancaran sinar matahari cenderung berwisata ke wilayah iklim tropis yang lebih hangat. Sebaliknya, mereka yang tinggal di iklim yang cenderung panas, akan mencari daerah tujuan wisata yang sejuk untuk berwisata. Setiap parameter iklim memiliki pengaruh tersendiri terhadap para wisatawan. Beberapa aspek iklim pariwisata dan pengaruhnya terdapat pada Tabel 1. Pemanfaatan informasi iklim tersebut di sektor pariwisata berguna bagi para wisatawan yakni untuk prakiraan cuaca di wilayah tujuan wisata dan kondisi cuaca di sepanjang perjalanan menjadi sangat penting untuk para wisatawan (Scoot dan Lemieux, 2010).

Tabel 1 Aspek Kenyamanan Iklim dan Pengaruhnya

Aspek Iklim	Dampak
Termal Efek suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, radiasi gelombang panjang dan pendek serta respons pribadi terhadap iklim	Dampak fisiologi signifikan Sensasi panas, kenyamanan termal dan stres secara psikologi akibat iklim
Fisik Angin Hujan Salju Es Kualitas udara Radiasi UV	Dampak fisik Membawa debu, pasir dan merusak properti Basah, mengurangi jarak pandang dan aktivitas Mengurangi aktivitas <i>outdoor</i> Cedera dan kerusakan properti Kesehatan, alergi dan kesejahteraan Kesehatan dan kulit terbakar saat berjemur
Estetika Lama penyinaran/penutupan awan Visibilitas Panjang hari	Dampak psikologi Daya tarik dan kenikmatan Daya tarik dan kenikmatan Periode kegiatan dan kenyamanan

Sumber: De Freitas (2003)

Menurut Frick (2007), kenyamanan dalam melakukan aktivitas di dalam maupun di luar gedung dapat dilakukan dalam pendekatan iklim lingkungan yang ada. Pendekatan iklim dalam gedung lebih banyak dipengaruhi oleh iklim di luar

gedung. Tubuh manusia dalam kondisi nyaman berada pada suhu 37°C, suhu tersebut dapat dipertahankan dengan mengikuti kondisi lingkungan dan pakaian yang digunakannya. Tubuh merasa kepanasan apabila tidak dapat melepaskan panas dalam waktu yang tepat. Panas tubuh yang dikeluarkan dapat melalui radiasi panas ke udara sekeliling yang lebih sejuk sebesar 40% - 60%, penyaluran panas secara langsung (konduksi) melalui telapak kaki, perpindahan kalor 25% - 30% ke udara secara konveksi dan penguapan keringat dan pernafasan 25% - 30%.

2.2 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal menurut Sangkertadi (2013) adalah kondisi saat seseorang merasa puas menghadapi lingkungan termisnya atau dapat dikatakan situasi dengan rasa tidak nyaman. Pada teori kenyamanan termal, kondisi termal seperti merasa dingin atau panas yang dirasakan oleh indra peraba yaitu kulit terhadap kondisi suhu lingkungan disekelilingnya (Amin, 2004). Walaupun dalam kondisi sedang beraktivitas, manusia tetap ingin berada pada kondisi nyaman. Apabila dalam kondisi yang tidak nyaman atau panas saat melakukan aktivitas, akan menimbulkan rasa lelah, mengantuk, dan berkurangnya tingkat konsentrasi.

2.3 Faktor Penentu Kenyamanan Termal pada Ruang Luar

Kenyamanan termal dapat diartikan sebuah situasi pemikiran yang memperlihatkan kepuasan terhadap lingkungan termal. Sedangkan kenyamanan termal di luar ruang muncul melalui pengaruh bentuk massa bangunan terhadap temperatur pada kawasan sekitar, kemudian didapatkan nilai kenyamanan termal lingkungan (Wonorahadjo dan Koerniawan, 2005). Kenyamanan termal seseorang dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu:

a. Kondisi Iklim

1. Kecepatan angin adalah perpindahan udara dari kondisi yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang memiliki tekanan lebih rendah. Kecepatan angin juga disebut gerak laju udara pada titik tertentu, dengan mengabaikan arah. Kecepatan angin dapat diukur menggunakan Anemometer.
2. Suhu udara adalah suhu rata-rata udara sekitarnya penghuni. Suhu udara terditi dari suhu konvektif dan radiatif. Gabungan antar kedua suhu disebut suhu resultan (*Tres*) atau suhu operatif.
3. Suhu radiasi bola hitam dan suhu radiasi rata-rata dapat diukur menggunakan alat *globe thermometer*. Melalui termometer yang ada pada *globe thermometer*, pengukuran suhu radiasi (*Tg*) pada bola tembaga hitam dapat diketahui nilainya.
4. Kelembaban relatif (*RH*) dapat dilakukan pengukuran menggunakan *hygrometer*. Pengukuran kelembaban udara dilakukan di waktu yang sama pada setiap titik .

b. Faktor Individu

Faktor individu yakni berbagai jenis pakaian yang dikenakan serta aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Hal yang dapat dilakukan untuk

penyesuaian diri bagi manusia terhadap kondisi termal yakni dengan keragaman jenis pakaian yang digunakan (Henry dan Nyuk, 2004). Alasan lain yang bisa memberikan efek terhadap kenyamanan termal yakni jenis dan bahan dari pakaian yang dikenakan. Insulasi pada pakaian berpengaruh terhadap besarnya resistansi transfer panas dari tubuh ke lingkungan luar. Insulasi dapat didefinisikan sebagai besarnya hambatan pakaian yang menghalangi perpindahan panas tubuh. Begitu juga dengan aktivitas yang dilakukan manusia dapat menyebabkan meningkatnya proses metabolisme tubuhnya. Semakin banyak beraktivitas, efek yang muncul dapat berupa peningkatan metabolisme pada tubuh, kondisi ini juga dapat mengeluarkan energi panas yang semakin besar.

2.4 Holiday Climate Index (HCI)

HCI merupakan indeks iklim pariwisata terbaru yang dirancang khusus untuk kegiatan rekreasi *outdoor* wisatawan. Tabel 2 menampilkan beberapa survei yang telah dilakukan oleh beberapa ilmuwan dalam merancang HCI :

Tabel 2 Informasi survei yang dilakukan untuk merancang HCI

Penulis	Wilayah kajian	Jumlah sample	Kelompok sasaran	Segmen pasar
Scott <i>et al.</i> (2008)	Kanada, Selandia Baru dan Swedia	863 (333 dari Kanada, 207 dari Selandia Baru dan 291 dari Swedia)	Mahasiswa	Muda-Dewasa
Moreno (2010)	Belgia dan Bandara di Belanda	115	Wisatawan	Dewasa
Rutty & Scott (2010)	Negara-negara Eropa Utara	850 (230 dari Austria, 303 dari Jerman, 163 dari Belanda, 81 dari Swedia dan 89 dari Swiss)	Mahasiswa	Muda-Dewasa

Sumber : Mantao (2013)

HCI menjadi indeks yang dianggap paling baik karena menggunakan data harian. HCI dapat membantu dalam hal mempermudah peneliti dalam menilai kawasan wisata berdasarkan tingkat kenyamanan dikarenakan HCI dapat menjadi salah satu pilihan untuk menilai kawasan wisata yang cocok. HCI dapat dijadikan referensi dalam melakukan kunjungan ke daerah pariwisata yang diinginkan. Parameter yang digunakan HCI berdasarkan parameter termal yakni suhu udara maksimum, kelembaban udara harian, curah hujan, kecepatan angin serta tutupan awan dalam memperhitungkan tempat berwisata yang sesuai (Mantao, 2013). Data suhu udara maksimum, kelembaban udara harian, curah hujan dan kecepatan

angin didapatkan dari Stasiun Klimatologi Borobudur sedangkan data tutupan awan diperoleh dari persamaan Angstrom-Savinov.

2.5 Rekayasa Lingkungan

Rekayasa lingkungan adalah usaha dalam memulihkan lingkungan alam yang di dalamnya terdiri dari udara, air dan sumber daya lahan dengan memegang prinsip-prinsip ilmu pengetahuan. Salah satu bentuk rekayasa lingkungan yakni rekayasa vegetasi yang mampu menanggulangi lingkungan termal dengan metode penguapan air ke udara (evapotranspirasi) sehingga proses penguapan pada permukaan daun akan terjadi lebih cepat yang dapat mengakibatkan suhu udara menurun. Pohon dan tanaman dapat menurunkan suhu udara dengan cara menciptakan teduhan dari *canopy* yang dapat menghalangi masuknya sinar matahari menuju tanah. Banyaknya sinar matahari yang mampu menembus *canopy* memiliki nilai transmitansi yang bervariasi dari 0 – 100%. Sinar matahari yang terhalangi oleh *canopy* bernilai 0, nilai 100 diberikan untuk seluruh sinar matahari berhasil menembus *canopy* (Hig, 2004).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini merupakan referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperluas teori yang digunakan dalam membahas serta meneliti penelitian yang dilakukan. Penelitian terdahulu mempermudah penulis dalam penyusunan penelitian dari segi teori maupun konsep. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 3 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kurnia, Ridwan (2016)	Analisis Indeks Kenyamanan Iklim (Studi Kasus: Taman Wisata Jatim Park 2 dan Karangates)	Hasil dari metode TCI dan HCI, Jatim Park 2 memiliki puncak kenyamanan iklim pada bulan Juni hingga September sedangkan Taman Wisata Karangates pada bulan Juli dan Agustus.
2	Scott <i>et al.</i> (2016)	An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe	Skor HCI secara konsisten lebih tinggi daripada skor TCI, dan tidak menggemakan efek merugikan dari perubahan iklim pada kondisi musim panas.

Lanjutan Tabel 3 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
3	Muhaling <i>et al.</i> (2017)	Analisis Kenyamanan Termal Ruang Luar di Kawasan Kampus Unsrat	Pada area dengan kenyamanan termal berkategori sangat panas menunjukkan persentase jalan 6,06% dengan tutupan pohon 15,21%. Dari hasil nilai persentase yang didapatkan, dinyatakan bahwa persentase perbandingan luas lahan dengan pohon dan bangunan dapat mempengaruhi nilai kenyamanan termal.
4	Khadijeh, Javan (2017)	Comparison of Holiday Climate Index (HCI) and Tourism Climate Index (TCI) in Urmia	Membandingkan perbedaan peringkat antara dua indeks dalam kondisi cuaca tertentu dan membandingkan peringkat terhadap data kunjungan.
5	Öztürk, Aziz (2018)	Climatic Suitability in Destination Marketing and Holiday Climate Index	Temuan menunjukkan bahwa İzmir memiliki kenyamanan iklim yang nyaman sepanjang tahun dalam hal pariwisata perkotaan.
6	Noor <i>et al.</i> (2018)	Pemanfaatan Informasi <i>Holiday Climate Index</i> (HCI) dalam Sektor Pariwisata (Studi Kasus: Kota Banjarmasin)	Kategori kenyamanan wisata berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode HCI di Kota Banjarmasin adalah dapat diterima sampai sangat bagus sehingga dapat juga dikatakan Kota Banjarmasin nyaman untuk berlibur sepanjang tahun.

Tabel 4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Diteliti oleh Penulis

No	Perbedaan Penelitian
1	Penelitian yang dilakukan Ridwan menggunakan tiga metode perbandingan dengan indeks THI, TCI, HCI. Peneliti melakukan perbandingan antara tiga metode dengan tujuan untuk mengetahui metode terbaik yang bisa diterapkan. Sedangkan penulis hanya membahas penggunaan indeks HCI untuk mengetahui indeks ini baik atau tidak diterapkan di daerah yang memiliki suhu udara dan curah hujan yang relatif tinggi (Kurnia, 2016).
2	Penelitian yang dilakukan Mantao yakni membandingkan metode HCI dan TCI di kawasan Eropa dimana metode HCI adalah alasan untuk metode TCI harus dihentikan. Sedangkan penulis menggunakan metode HCI untuk pengukuran kenyamanan iklim di kawasan wisata Indonesia (Scott <i>et al.</i> , 2016).
3	Peneliti menggunakan metode penelitian menggunakan data primer yang langsung melakukan observasi ke lokasi penelitian dan melakukan pemetaan lokasi menggunakan Geografi Informasi Sistem (GIS). Membuat studi kasus mengenai bagaimana aktivitas manusia ketikaberjalan santai. Sedangkan penulis tidak melakukan pemetaan dan pengambilan studi kasus di kawasan wisata dengan berbagai aktivitas manusia (Muhaling <i>et al.</i> , 2017).
4	Peneliti membandingkan antara dua metode yakni TCI dan HCI untuk dapat melihat hasil yang lebih maksimal. Sedangkan penulis menggunakan satu metode yakni HCI untuk menghitung kenyamanan iklim (Khadijeh, 2017).
5	Peneliti menggunakan metode HCI untuk menunjukkan tingkat kenyamanan iklim dalam hal pariwisata perkotaan di salah satu wilayah Turki. Sedangkan penulis menggunakan metode HCI untuk mengetahui kenyamanan iklim di kawasan wisata di Indonesia (Öztürk, 2018).
6	Peneliti melakukan skala nilai pengujian dengan metode HCI untuk wilayah perkotaan sebagai tempat destinasi wisatawan. Sedangkan penulis melakukan uji pada tempat wisata sebagaimana yang sering menjadi tujuan bagi para wisatawan (Noor <i>et al.</i> , 2018).

menentukan nilai HCI. Berikut ini adalah komponen parameter HCI terlihat pada Tabel 5.

Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan HCI, yaitu kenyamanan termal (T) yang merupakan kombinasi antara suhu udara maksimum harian (°C) dan kelembaban relatif rata-rata harian (%), tutupan awan (A), curah hujan (P), dan kecepatan angin rata-rata harian (W). Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Candi Borobudur yang diawasi oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang tahun 2010-2019. Nilai HCI kemudian dihitung berdasarkan pembobotan variabel iklim yang digunakan dengan persamaan berikut:

$$HCI = ((0.8T + \frac{RH \times T}{500}) \times 4) + (A \times 2) + [(P \times 3) + (W \times 1)] \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 5 Komponen HCI

Aspek	Variabel Iklim
Termal	Suhu maksimum (°C)
	Kelembaban relatif (%)
Estetis	Penutupan Awan (%)
Fisik	Curah hujan harian (mm)
	Kecepatan angin (km/jam)

Sumber: Mantao (2013)

Menurut Rangarajan *et al.* (1984) persamaan untuk mengetahui nilai penutupan awan dapat dilakukan dengan persamaan Angstrom-Savinov.

$$C = \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) / (1 - k) \dots \dots \dots (2)$$

Rasio H/H₀ dapat ditemukan dengan mengganti nilai radiasi matahari global yang diukur (H) dan ekstra-radiasi terestrial H₀. Rasio ini H/H₀ dikenal sebagai indeks kejelasan yang memberikan persentase refleksi oleh langit radiasi global yang masuk dan perubahan dalam kondisi atmosfer di wilayah tertentu.

$$H = 0,6093 \times (S/S_0)^{0,478} \times H_0 \dots \dots \dots (3)$$

Nilai H₀ dan S₀ dapat dihitung dengan persamaan berikut (Duffie dan Beckman, 2006):

$$H_0 = 37,6 \times d_r [(\omega_s \times \sin \phi \times \sin \delta) + (\cos \phi \times \cos \delta \times \sin \omega_s)] \dots \dots \dots (4)$$

$$d_r = (1 + 0,33) \times \cos (0,0172) \dots \dots \dots (5)$$

$$S_0 = \frac{2}{15} \omega_s \dots \dots \dots (6)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\delta) \tan(\phi)] \dots \dots \dots (7)$$

Nilai δ dan ϕ dapat dihitung dari persamaan berikut berikut (Duffie dan Beckman, 2006):

$$\delta = 0,409 \times \sin(0,0172J - 1,39) \dots \dots \dots (8)$$

$$\phi = \left(\frac{\pi \times L}{180} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

- H = Radiasi matahari global pada permukaan horizontal (kWh/m²)
- H_o = Radiasi matahari ekstraterrestrial (kWh/m²)
- C = Fraksi awan
- k = Konstanta mendefinisikan transmisi radiasi matahari di dalam awan. Secara umum, nilai k bervariasi antara 0,55 di lintang tinggi dan 0,33 di lintang rendah
- S = Durasi sinar matahari (h)
- S_o = Kemungkinan maksimum sinar matahari sehari (h)
- J = Jumlah hari dalam setahun terhitung sejak Januari pertama
- L = Lintang Selatan (-6,9847)
- ω_s = Sudut jam matahari terbenam (°)
- δ = Deklinasi matahari (°)

Parameter suhu udara, kecepatan angin, tutupan awan, dan curah hujan memiliki nilai (*rating*) tersendiri pada setiap interval. Skema *rating* variabel di HCI dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Skema *rating* variabel di HCI

<i>Rating</i>	Suhu Udara (°C)	Kecepatan Angin (km/jam)	Tutupan Awan (%)	Curah Hujan (mm/hari)
10	23-35	1-9	11-20	0.00
9	20-22 atau 26	10-19	1-10 atau 21-30	<3.00
8	27-28	0 atau 20-29	0 atau 31-40	3.00-5.99
7	18-19 atau 29-30	-	41-50	-
6	15-17 atau 31-32	30-39	51-60	-
5	11-14 atau 33-34	-	61-70	6.00-8.99
4	7-10 atau 35-36	-	71-80	-
3	0-6	40-49	81-90	-
2	37-39 atau (-1)-(-5)	-	91-99	9.00-12.00
1	≤-6	-	100	-
0	≥39	50-57	-	>12.00 dan ≤25.00
-1	-	-	-	>25.00
-10	-	>70	-	-

Sumber: Mantao (2013)

Hasil perhitungan dan nilai HCI yang didapat kemudian di kategorikan dalam sepuluh kategori yang di rancang oleh Mieczkowski (1985). Kategori kenyamanan berdasarkan nilai HCI terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Kategori kenyamanan

Indeks HCI	Kategori	Keterangan
90-100	Ideal	Nyaman
80-89	Sangat bagus	
70-79	Baik	
60-69	Cukup baik	
50-59	Dapat Diterima	Tidak Nyaman
40-49	Marjinal	
10-39	Tidak Dapat Diterima	
0-9	Berbahaya	

Sumber: Mieczkowski (1985)

B. Kenyamanan Termal

Persamaan yang dapat menunjang untuk mengetahui nilai kenyamanan termal manusia pada kawasan yang beriklim mikro, antara lain Fanger (1970), *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Fundamental, ISO 7730:2003 tentang Lingkungan Termal Sedang - Penentuan PMV dan PPD Menunjukkan Spesifikasi Kondisi untuk Kenyamanan Termal. Menurut Sangkertadi (2011), kondisi manusia ketika sedang berada di dalam dan di luar ruang akan memiliki tingkat skala kenyamanan termal yang berbeda, meskipun keduanya mendapatkan penanggulangan iklim yang sama. Kecepatan angin memiliki pengaruh penting terhadap rasa nyaman termal pada manusia, seperti halnya hasil studi oleh Arens dan Ballanti (1997). Sangkertadi (2013) membuat persamaan untuk mengetahui nilai perkiraan kenyamanan termal di ruang luar dengan iklim tropis untuk aktifitas manusia yang berjalan santai adalah :

$$Y_{js} = -3,4 - 0,36 v + 0,04 Ta + 0,08 T_{rad} - 0,01 RH + 0,96 A_{DU} \dots \dots \dots (10)$$

Sedangkan untuk aktifitas manusia yang duduk santai adalah :

$$Y_{ds} = -7,9122 - 0,5215v + 0,0468Ta + 0,1673T_{rad} - 0,0007RH + 1,4329A_{DU} \dots \dots \dots (11)$$

Penerapan persamaan ini memerlukan data iklim lokal dan data diri pelaku aktifitas meliputi data primer. Parameter yang diukur yakni kecepatan angin menggunakan anemometer, kelembaban relatif dan suhu udara dengan alat thermohyrometer serta suhu bola hitam (T_{rad} atau *globe temperature*). Pengambilan data termal di lakukan di bawah naungan dan tanpa naungan. Naungan pada Candi Borobudur berupa tutupan vegetasi pepohonan, sedangkan tanpa naungan adalah kondisi tanpa tutupan vegetasi atau peneduh. Untuk mendapatkan nilai T_w dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan data diri pelaku

aktifitas berupa luas kulit tubuh. Menurut Turco (2008), untuk mendapatkan nilai Suhu Bola Hitam (T_{rad}), berlaku persamaan sebagai berikut :

$$T_{rad} = (0,7 * Ta) + (0,3 * ((1,36 * Tw) - 2,358)) \dots\dots\dots (12)$$

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

$$A_{DU} = 0,203p^{0,425} h^{0,75} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

- Y_{js} : Persepsi kenyamanan termal (jalan santai)
- Y_{ds} : Persepsi kenyamanan termal (duduk)
- Ta : Suhu udara (°C)
- RH : Kelembaban relatif
- v : Kecepatan angin (m/s)
- $Trad$: Suhu radiasi bola (suhu bola hitam)
- Tw : Suhu basah (°C)
- A_{DU} : Luas kulit tubuh manusia (m²)
- p : Berat badan (kg)
- h : Tinggi badan (m)

Pada luas permukaan kulit manusia digunakan luasan kulit tubuh wisatawan lokal dan mancanegara untuk ukuran dewasa. Selanjutnya, skala kenyamanan termal menjadi standar klasifikasi bagi nilai persepsi pengukuran kenyamanan termal pada titik pengukuran. Skala kenyamanan termal yang digunakan mengacu pada hasil penelitian dan pengukuran Sangkertadi (2013) seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Setelah mendapatkan nilai Y_{js} dan Y_{ds} maka akan diketahui perbedaan nilai suhu (°C) di bawah naungan dan tanpa naungan. Menurut Abreau-Harbich *et al.* (2015), tinggi, ukuran dan bentuk tajuk pohon merupakan karakteristik yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal lingkungan. Ukuran dimensi serta karakteristik pohon tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8 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)

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																	
Temperature in Degrees Celsius																	
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
Relative Humidity (%)	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

Tabel 9 Karakter Fisik dan Dimensi Pohon

No	Jenis Vegetasi	Bentuk Tajuk	Dimensi Pohon			
			Tinggi Pohon (m)	Cabang Terendah (m)	Diameter Tajuk (m)	Jari-Jari Tajuk (m)
1	<i>Bucida molineti</i> (Ketapang Kencana)	Kubah Terbuka	8	2	7	3,5
2	<i>Thuja orientalis</i> (Cemara Kipas)	Kerucut Tertutup	7	1,6	6	3

Sumber: Fadhlurrahman, 2018

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Candi Borobudur

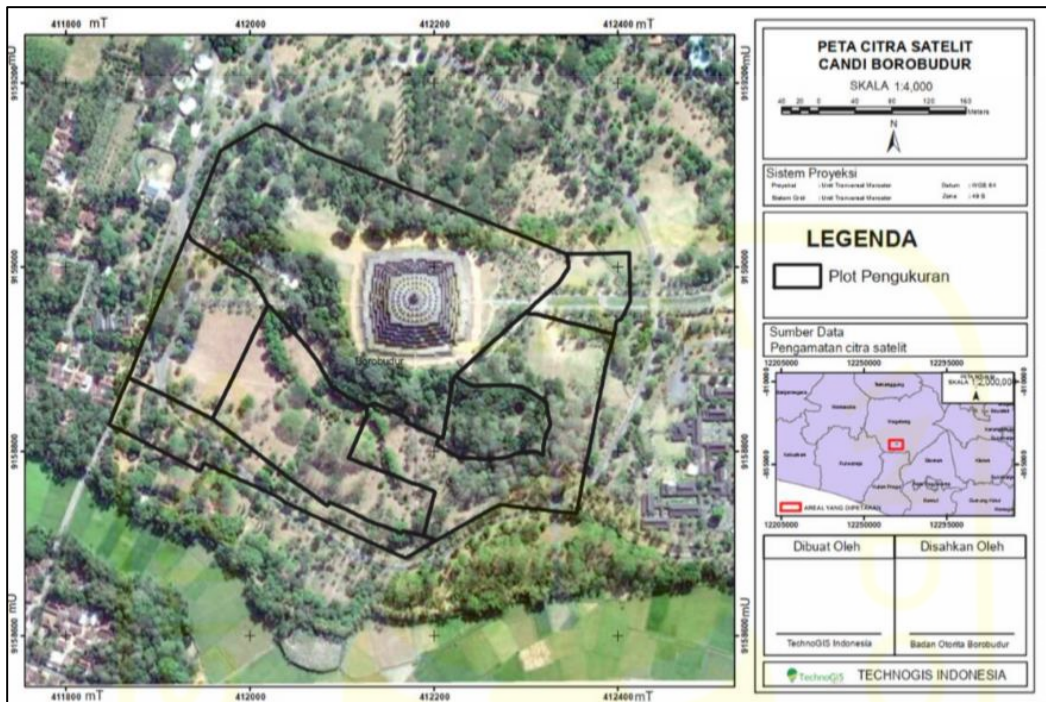
Candi Borobudur terletak di Magelang, Jawa Tengah. Candi Borobudur dibangun kisaran tahun 800 masehi atau kisaran abad ke-9. Secara geografis, di bagian timur Candi Borobudur adalah Gunung Merapi dan Merbabu. Di bagian utara yakni Gunung Sindoro dan Sumbing, kemudian Bukit Menoreh pada bagian selatan. Sekitar Candi Borobudur terdapat dua aliran sungai, yaitu Sungai Progo dan Elo. Candi Borobudur merupakan sebuah candi Buddha terbesar di Indonesia yang terdaftar dalam warisan budaya dunia (*world heritage*) sejak tahun 1991.

Nama Candi Borobudur diambil dari bahasa Sansekerta yaitu “bara” berarti candi atau biara dan “beduhur” yang berarti “perbukitan atau tempat yang tinggi”, sehingga dapat diartikan secara keseluruhan Candi Borobudur adalah “biara di perbukitan”. Bangunan ini berupa tumpukan balok batu raksasa yang memiliki ketinggian total 42 meter. Terdapat ukiran pada setiap dinding candi yang disebut relief. Relief pada Candi Borobudur memiliki makna tertentu. Setiap ukirannya akan menyiratkan bermacam bentuk seperti bentuk manusia, hewan, tumbuhan, bahkan kendaraan masa lalu. Relief pada candi terdiri dari relief Lalitavistara, Jakata-Awadana dan Gandawyuha. Cara membaca relief dimulai dan diakhiri pada pintu gerbang di sebelah timur. Kemudian terdapat stupa candi dimana jumlah stupa 73 buah dengan rincian 1 buah stupa induk, 32 stupa pada teras melingkar I, 24 stupa pada teras melingkar II dan 16 stupa pada teras melingkar III.

Candi Borobudur memiliki stasiun klimatologi untuk mengetahui kondisi cuaca pada kawasan tersebut. Berdasarkan klasifikasi iklim Mohr (1933), pembagian iklim ditentukan oleh jumlah bulan basah dan bulan kering suatu tempat untuk tiap-tiap bulan. Klasifikasi iklim untuk tahun 2010-2019 didapatkan hasil 8 bulan basah, 2 bulan lembab dan 2 bulan kering dapat dilihat pada Lampiran 1. Maka dari itu, kondisi iklim di kawasan Candi Borobudur dapat digolongkan ke dalam kelas I (basah). Penelitian ini dilakukan pada Desember hingga Januari dikarenakan pada bulan tersebut adalah periode puncak untuk musim liburan. Begitu juga dengan hasil klasifikasi iklim Mohr (1933), bahwa kedua bulan ini masuk kedalam klasifikasi bulan basah.

Kawasan Candi Borobudur dibagi menjadi 5 zona. Pembagian zona dapat dilihat pada Gambar 3. Zona 1 adalah zona pelestarian candi (radius 200 meter dari candi, luas 44,8 ha). Kemudian zona 2 adalah taman arkeologi, dengan fasilitas untuk pengunjung, tempat parkir, kantor, bangunan eksibisi, dan kios-kios penjualan (radius 2,5 km seluas 78 ha). Zona 3 yakni zona pengembangan: lahan permukiman, termasuk Candi Pawon, Mendut, dan benda-benda purbakala lainnya (radius 2 km, seluas 10,1 km²). Zona ini hanya diperuntukkan untuk pengembangan fasilitas pengunjung pariwisata, seperti hotel, restoran, jasa pariwisata, dan permukiman. Zona 4 adalah area pelestarian panorama bersejarah (radius 5 km, seluas 26,8 km²). Zona 5 yakni area Taman Purbakala Nasional (radius 10 km, seluas 78 km²). Analisis kenyamanan iklim mencakup 5 zona

dengan radius ± 10 km dari stasiun klimatologi Candi Borobudur, sementara kenyamanan termal meliputi tiga titik *sampling* pada area zona 1.

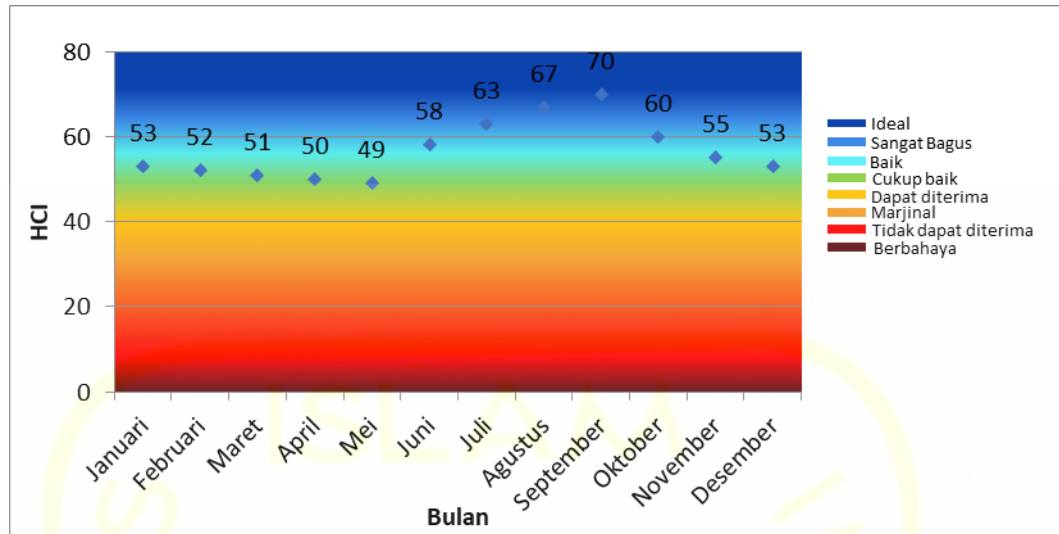


Gambar 3 Peta Zona Kawasan Wisata Candi Borobudur

. 4.2 Analisis Kenyamanan Iklim

Indeks kenyamanan iklim *Holiday Climate Index* (HCI) merupakan sebuah indeks yang dapat menilai kecocokan iklim untuk tujuan pariwisata. Beberapa faktor iklim yang mempengaruhi tingkat kenyamanan wisatawan yakni suhu udara, kelembaban relatif dan kecepatan angin (Sugiasih, 2013). Kondisi iklim yang baik adalah kondisi yang menunjukkan efek positif pada aktivitas pengunjung seperti aktivitas *outdoor*. Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kenyamanan para wisatawan dikarenakan pada umumnya mereka akan lebih senang berlibur ketika cuaca cerah. Pengunjung akan lebih banyak pada saat cerah atau tidak hujan dibandingkan pada saat hujan. Data iklim yang digunakan adalah dari stasiun cuaca Candi Borobudur yang diawasi oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang.

Kawasan Candi Borobudur termasuk ke dalam tipe iklim tropis. Secara umum, suhu udara tertinggi selama tahun 2010-2019 di kawasan Candi Borobudur mencapai 33,2°C dengan suhu udara terendah 21°C dan suhu udara rata-rata 26,3°C. Kelembaban udara rata-rata 80,1% dengan curah hujan rata-rata adalah 185 mm/hari, kecepatan angin rata-rata sebesar 2,64 km/jam dan penutupan awan 0,3%.



Gambar 4 Nilai Tingkat Kenyamanan Iklim Berdasarkan *Holiday Climate Index* Tahun 2010-2019 di Candi Borobudur

Berdasarkan Gambar 4, data harian suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan angin (km/jam), serta curah hujan (mm/hari) dimasukkan pada skema *rating* variabel HCI yang terdapat pada Tabel 7 sehingga didapatkan nilai berdasarkan *rating* HCI tersebut. Nilai tutupan awan didapatkan berdasarkan perhitungan pada Persamaan 2 yang kemudian dimasukkan pada skema *rating* variabel HCI di Tabel 7 untuk mendapatkan nilainya. Nilai harian dari setiap parameter tersebut dikalkulasikan dengan menggunakan perhitungan pada Persamaan 1. Hasil dari kalkulasi nilai harian tersebut kemudian dirata-rata ke dalam nilai bulanan. Nilai bulanan yang didapatkan kemudian dikategorikan dalam sepuluh kategori HCI yang terdapat pada Tabel 8. Data lengkap untuk nilai perhitungan HCI dapat dilihat pada Lampiran 2.

Nilai HCI bulanan pada tahun 2010-2019 berkisar antara 53 hingga 70 atau dikategorikan dapat diterima hingga baik. Kondisi ini mencakup nilai suhu berkisar 24°C - 32°C dengan kelembaban relatif antara 61%-83%. Nilai HCI pada bulan-bulan basah dimulai dari Januari mengalami penurunan hingga Mei, kemudian mengalami peningkatan pada bulan-bulan kering dengan puncaknya pada September yang bernilai 70, kemudian mengalami penurunan kembali pada Oktober, November, dan Desember. Kenaikan dan penurunan yang terjadi diakibatkan oleh nilai suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, curah hujan serta penutupan awan yang mengalami perubahan pada setiap bulannya. Secara umum, Juni, Juli, dan Agustus merupakan hari libur semester bagi siswa ataupun mahasiswa. Menurut perhitungan HCI pada Gambar 4, Juli sampai dengan Oktober dalam rata-rata klimatologis (2010-2019) di Candi Borobudur merupakan bulan-bulan yang nyaman untuk berwisata *outdoor*.

Melihat kondisi di Indonesia, waktu yang tepat untuk melakukan wisata adalah ketika *peak season*, maka jumlah wisatawan yang mengunjungi Candi Borobudur dapat mencapai ribuan bahkan jutaan wisatawan domestik maupun wisatawan asing setiap tahunnya. Dapat dilihat pada Gambar 5 jumlah wisatawan meningkat drastis pada Juni dan Desember dikarenakan bulan ini termasuk bulan *peak season* di Indonesia dan menurun mulai dari Januari hingga Mei dan Juli hingga November. Puncak jumlah pengunjung paling tinggi terdapat pada Juni.

Kontribusi kelembaban udara terhadap nilai HCI mencapai 78,4% seperti yang terlihat pada Gambar 6. Hal ini memperlihatkan bahwa pengaruh kelembaban udara lebih besar dibandingkan dengan curah hujan. Berdasarkan hasil penelitian, kelembaban udara mempengaruhi nilai HCI lebih besar dibandingkan curah hujan dikarenakan pembobotannya yang lebih besar. Hal yang berbeda terjadi dengan hasil Kurnia (2016) dimana pengaruh terbesar nilai HCI dipengaruhi oleh curah hujan. Kartasapoetra (2004) menyatakan bahwa kelembaban udara yang tinggi dapat mendorong terjadinya pengembunan udara yang berpotensi untuk terbentuknya awan dan curah hujan yang besar. Kondisi ini dapat menunjukkan bahwa kenaikan kelembaban udara akan meningkatkan curah hujan. Sebaliknya, saat terjadi penurunan kelembaban udara, maka curah hujan akan mengalami penurunan. Kontribusi parameter HCI seperti suhu udara, kecepatan angin dan penutupan awan relatif kecil jika dibandingkan dengan curah hujan dan kelembaban udara. Gambar 6 menunjukkan presentase kontribusi suhu udara maksimum 12% sedangkan presentase kecepatan angin dan penutupan awan adalah 1,2% dan 0,0009%.

Hasil perhitungan dengan metode HCI dianggap lebih detail dikarenakan metode ini menggunakan kalkulasi dari lima parameter dalam harian. HCI dapat diterapkan untuk daerah yang memiliki suhu udara dan curah hujan yang relatif tinggi seperti di daerah tropis. Kelemahan dari metode ini yakni kelengkapan data yang dibutuhkan dari BMKG masih tidak terpenuhi, seperti data penutupan awan. Data yang tidak tersedia dapat dilakukan perhitungannya secara manual dengan mengacu pada jurnal.

4.3 Analisis Kenyamanan Termal

Kawasan Candi Borobudur yang dijadikan sebagai tempat penelitian yakni pada bagian Zona 1 dikarenakan zona ini adalah zona kawasan pelestarian Candi Borobudur. Informasi termal terkait suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin dilakukan pengukuran selama 12 hari setiap pagi hari, siang hari, dan sore hari. Pengambilan data dilakukan pada kondisi naungan dan tanpa naungan. Naungan di sekitar Candi Borobudur berupa vegetasi pepohonan, sementara tanpa naungan adalah kondisi dimana tidak ada vegetasi atau peneduh. Menurut Grey dan Deneke (1978), pohon, semak, dan rumput dapat memodifikasi suhu dengan mengendalikan sinar matahari. Tanaman juga dapat memantulkan radiasi matahari yang datang dengan baik kemudian menyerap radiasi tersebut sehingga radiasi akan berkurang. Kemudian tanaman juga mampu mengembalikan keadaan yang nyaman disuatu tempat dengan memperbaiki kondisi iklim pada waktu dan tempat tertentu (Carpenter, 1975).

Candi Borobudur memiliki ragam wisatawan, diantaranya wisatawan lokal dan mancanegara. Menurut Karyono (1997), wisatawan lokal adalah seseorang yang tinggal di negaranya yang sedang dalam kegiatan pariwisata yang masih berada di dalam kawasan negaranya sendiri. Kemudian orang asing yang sedang melakukan perjalanan wisata di luar negara asal hingga dapat tinggal untuk jangka waktu beberapa hari di negara tersebut disebut wisatawan mancanegara. Setiap wisatawan memiliki tingkat kenyamanan termal yang berbeda. Hal ini didasari oleh aktifitas yang dominan terjadi pada ruang luar yakni berjalan (jalan santai) dan duduk santai. Tingkat kenyamanan termal bagi wisatawan lokal dapat diukur

dengan pengukuran persepsi kenyamanan termal untuk manusia dewasa dengan tinggi badan 165 cm, berat badan 70 kg, dan luas kulit rata-rata 1,8m² (Sangkertadi, 2013). Menurut Bentham *et al.* (2016), orang-orang tertinggi selama 100 tahun ini adalah pria yang lahir di Belanda pada kuartal terakhir abad ke-20, maka pengukuran persepsi kenyamanan termal untuk tinggi badan wisatawan mancanegara menggunakan pengukuran tinggi badan orang Belanda 182,5 cm dengan berat badan 68 kg, sehingga luas kulit rata-rata 1,9m².

Adapun analisis hasil pengukuran kenyamanan termal dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan hasil data pengukuran kenyamanan termal pada kondisi di bawah naungan untuk wisatawan lokal dan mancanegara pada saat jalan santai memiliki nilai 0,64 dan 0,75 dimana kedua nilai tersebut dapat dinyatakan ke dalam kategori agak panas. Kemudian pada saat duduk santai untuk wisatawan lokal dan mancanegara memiliki nilai 0,29 dan 0,45 sehingga keduanya dapat dikategorikan ke dalam skala nyaman. Untuk wisatawan lokal dan mancanegara merasa lebih nyaman ketika duduk santai dibandingkan jalan santai. Menurut Santoso (2012), duduk membutuhkan lebih sedikit energi daripada berdiri dikarenakan duduk dapat mengurangi beban otot statis pada kaki. Pada orang dewasa, total pengeluaran energi pada saat duduk lebih sedikit yakni 1,8 kkal/menit dibandingkan pada saat berjalan sebesar 4,3 kkal/menit (Ezekia, 2017).

Tabel 10 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

Pada kondisi tanpa naungan pada saat jalan santai untuk wisatawan lokal dan mancanegara memiliki nilai 1,33 dan 1,08 sehingga nilai tersebut dapat dikategorikan ke dalam skala agak panas. Kemudian pada saat duduk santai untuk wisatawan lokal dan mancanegara memiliki nilai 1,21 dan 1,37 sehingga keduanya dikategorikan ke dalam skala agak panas. Maka dari itu, wisatawan lokal dan mancanegara akan lebih merasa nyaman ketika berada di bawah naungan dibandingkan tanpa naungan. Karena menurut Carpenter (1975), kenyamanan manusia dalam beraktivitas di ruang terbuka dapat diperoleh dengan adanya vegetasi berupa pohon yang salah satu fungsinya yaitu untuk ameliorasi iklim. Salah satu bentuk ameliorasi iklim yang diberikan pohon ialah dengan fungsi pohon tersebut sebagai penayang (*shading effect*). Pohon memberi kesan sejuk dengan tekstur yang beragam serta efek dari hijaunya daun, demikian juga dengan naungannya yang menyejukkan.

Hasil analisis termal sebelumnya diambil pada Desember hingga Januari dimana kenyamanan termalnya masuk kategori “nyaman” ditandai dengan warna hijau dan “agak panas” ditandai dengan warna oranye, sedangkan kenyamanan iklimnya masuk pada kategori “dapat diterima” ditandai dengan warna kuning. Potensi kenyamanan termal di bawah naungan pada Februari hingga April dapat dinyatakan “agak panas” ditandai dengan warna oranye dan “panas” ditandai

dengan warna merah dengan kenyamanan iklim “dapat diterima” ditandai dengan warna kuning. Jika dibandingkan dengan kenyamanan termal di bulan lain seperti Juni, Juli, Agustus, September, Oktober dan November berpotensi “agak dingin” ditandai dengan warna biru dan “nyaman” ditandai dengan warna hijau mengingat kenyamanan iklimnya berada di skala “baik”, “cukup baik”, dan “dapat diterima” ditandai dengan warna biru tosca, hijau dan kuning. Tidak sama halnya dengan kenyamanan termal pada Mei yang menunjukkan kategori “agak panas” ditandai dengan warna oranye dan panas” ditandai dengan warna merah. Kondisi ini menunjukkan potensi kenyamanan yang lebih rendah melihat kenyamanannya termasuk kategori “marjinal” ditandai dengan warna oranye. Hasil potensi kenyamanan termal dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Potensi Kenyamanan Termal di Bawah Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	53	0,29	0,64	0,45	0,75
Februari	52	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Maret	51	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
April	50	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Mei	49	>0,29	>0,64	>0,45	>0,75
Juni	58	<0,28	<0,63	<0,44	<0,74
Juli	63	<0,29	<0,64	<0,45	<0,75
Agustus	67	<0,29	<0,64	<0,45	<0,75
September	70	<0,29	<0,64	<0,45	<0,75
Oktober	63	<0,29	<0,64	<0,45	<0,75
November	55	<0,30	<0,65	<0,46	<0,76
Desember	53	0,29	0,64	0,45	0,75

Hasil analisis termal tanpa naungan pada Desember hingga Januari kenyamanan termalnya masuk kategori “agak panas” ditandai dengan warna oranye, sedangkan kenyamanannya masuk pada kategori “dapat diterima” ditandai dengan warna kuning. Potensi kenyamanan termal tanpa naungan pada Februari hingga Mei dapat dinyatakan “panas” ditandai dengan warna merah dengan kenyamanan iklim “dapat diterima” dan “marginal” ditandai dengan warna kuning dan oranye. Jika dibandingkan dengan kenyamanan termal di bulan lain seperti Juni, Juli, Agustus, September, Oktober dan November berpotensi “nyaman” ditandai dengan warna hijau mengingat kenyamanan iklimnya berada di skala “baik”, “cukup baik”, dan “dapat diterima” ditandai dengan warna biru tosca, hijau dan kuning. Hasil potensi kenyamanan termal tanpa naungan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	53	1,21	1,33	1,37	1,08
Februari	52	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Maret	51	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
April	50	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Mei	49	>1,21	>1,33	>1,37	>1,08
Juni	58	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Juli	63	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Agustus	67	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
September	70	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Oktober	63	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
November	55	<1,21	<1,33	<1,37	<1,08
Desember	53	1,21	1,33	1,37	1,08

Keterangan :

Tingkat Kenyamanan Iklim untuk Wisata Berdasarkan HCI	
Nilai Indeks	Deskripsi dari Tingkat Kenyamanan Iklim
90-100	Ideal
80-89	Sangat Bagus
70-79	Baik
60-69	Cukup Baik
50-59	Dapat Diterima
40-49	Marginal
10-39	Tidak Dapat Diterima
0-9	Berbahaya

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

Perbedaan kategori warna yang terjadi pada potensi kenyamanan termal disebabkan oleh pengambilan data termal yang hanya dilakukan pada Desember hingga Januari. Nilai kenyamanan iklim dari kedua bulan ini dijadikan sebagai acuan untuk menentukan potensi kenyamanan termal pada bulan lainnya. Nilai kenyamanan iklim pada bulan lain yang lebih rendah daripada bulan pengambilan data, maka akan terjadi penurunan potensi kenyamanan termal pada bulan-bulan tersebut dan sebaliknya jika nilai kenyamanan iklim pada bulan lain lebih tinggi daripada bulan pengambilan data, maka akan terjadi peningkatan potensi pada kenyamanan termal di bulan-bulan tersebut.

4.4 Rekayasa Lingkungan di Candi Borobudur

Pada hasil pengukuran termal, suhu udara rata-rata di Candi Borobudur 32,6°C dan kelembaban udara rata-rata 63,3%. Menurut Dahlan (2004), nilai suhu dan kelembaban udara untuk kenyamanan sebuah wilayah pada daerah tropis memiliki kategori tersendiri. Kategori ideal untuk suhu udara sebesar 22,5-27,5°C dan kelembaban udara sebesar 60-90%. Dari hasil yang didapatkan hanya kelembaban udara yang masuk pada kategori ideal. Hal ini membuktikan bahwa kawasan Candi Borobudur membutuhkan peningkatan kondisi iklim (ameliorasi).

Beberapa rekomendasi rekayasa lingkungan yang dapat direkomendasikan berupa pembangunan *canopy* pada area tertentu, penambahan alat pendingin seperti *blower* pada pintu masuk dan pintu keluar dan vegetasi pepohonan. Perencanaan lingkungan dengan vegetasi memiliki manfaat untuk wilayah perkotaan yaitu dapat merekayasa estetika, mengontrol cahaya yang menyilaukan serta mengurangi pantulan cahaya (Alfian, 2015). Vegetasi adalah kumpulan dari tumbuh-tumbuhan yang hidup bersama disuatu area, dan memiliki beberapa varian yang berbeda (Gem, 1996). Salah satu jenis vegetasi yakni berupa pepohonan. Menurut Grey dan Deneke (1978), kemampuan pohon dalam mengurangi suhu tergantung pada jenis kepadatan tajuk, bentuk daun, dan pola percabangannya. Vegetasi yang terdapat pada kawasan zona 1 Candi Borobudur dapat dilihat Lampiran 6.

Pada umumnya, pepohonan yang terdapat pada kawasan zona 1 Candi Borobudur didominasi oleh pohon-pohon penayang, pengarah, dan beberapa jenis pohon penghasil buah. Untuk meningkatkan kenyamanan termal pada kawasan bernaungan di Candi Borobudur, maka perlu dilakukan rekayasa lingkungan berupa vegetasi pepohonan. Hal ini dikarenakan Candi Borobudur merupakan salah satu cagar budaya yang memiliki nilai penting dan harus dijaga kelestariannya dengan tidak merusak struktur dari bangunan tersebut. Terdapat beberapa jenis vegetasi pepohonan yang dapat menurunkan suhu udara serta meningkatkan kenyamanan termal dapat dilihat pada Tabel 12.

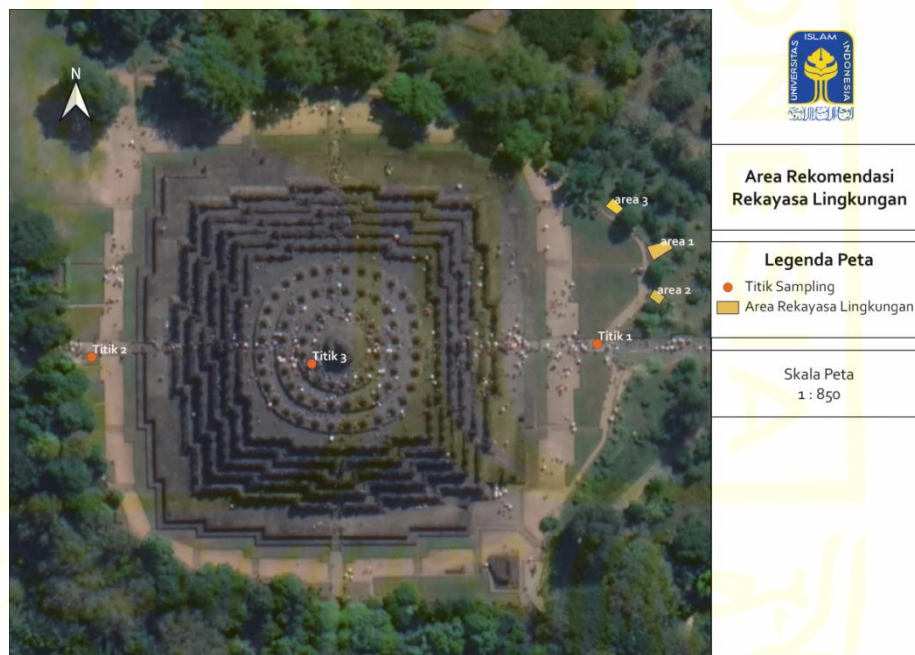
Tabel 13 Rekomendasi Jenis Vegetasi untuk Rekayasa Lingkungan

No	Jenis Vegetasi	Bentuk Tajuk	Dimensi Pohon				Penurunan Suhu (°C)
			Tinggi Pohon (m)	Cabang Terendah (m)	Diameter Tajuk (m)	Jari-Jari Tajuk (m)	
1	<i>Bucida molineti</i> (Ketapang Kencana)	Kubah Terbuka	8	2	7	3,5	2,35
2	<i>Thuja orientalis</i> (Cemara Kipas)	Kerucut Tertutup	7	1,6	6	3	2,00

Sumber: Fadhlurrahman, 2018

Bucida molineti atau nama lainnya adalah ketapang kencana. Pohon ini memiliki tinggi hingga 15 meter. Pohon ini memiliki tipe percabangan kubah terbuka dengan diameter tajuk 7 meter (Fadhilurrahman, 2018). Memiliki jarak tanam 2-3 meter. Dengan bentuk tajuk kubah terbuka menjadikan tanaman ini sebagai tanaman peneduh dan memiliki akar tunggang namun tidak membahayakan bangunan atau jalan di sekitarnya. Pohon ini memiliki kriteria kerapatan ideal 75%-85%, memiliki daun yang kecil dan rapat sehingga angin dapat terpecah dengan baik (Ebtessam, 2011). Dapat disimpulkan bahwa pohon ini cocok untuk dijadikan rekomendasi rekayasa lingkungan pada kawasan Candi Borobudur. Rekomendasi area untuk penanaman pohon ketapang kencana dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 7, terdapat 3 (tiga) area rekomendasi untuk penanaman pohon ketapang kencana. Ketiga area ini memungkinkan untuk dilakukannya penanaman pohon dikarenakan pada area tersebut masih memiliki lahan yang dapat dijadikan area penanaman pohon, sehingga membuat vegetasi di sekitar Titik 1 menjadi lebih rapat dan rindang. Hal ini memungkinkan untuk menyokong peningkatan kenyamanan termal pada area tersebut. Berdasarkan karakteristik jarak tanam pohon ketapang kencana, untuk area 1 yang memiliki luas 24,3m² memungkinkan untuk menanam 2 (dua) batang pohon secara sejajar. Area 2 memiliki luas 11,4 m² akan ditanami 1 (satu) batang pohon. Begitu juga dengan area 3 yang memiliki luas 13,1 m² akan ditanami 1 (satu) batang pohon.



Gambar 7 Rekomendasi Area Penanaman Vegetasi

Adapun analisis hasil pengukuran kenyamanan termal tanpa naungan pada Titik 1 (pintu masuk) sebelum dilakukan rekayasa lingkungan dapat dilihat pada Tabel 14. Berdasarkan hasil data analisis kenyamanan termal ini pada kondisi tanpa naungan untuk wisatawan lokal dan mancanegara pada saat jalan santai memiliki nilai 1,51 dan 1,58 dimana kedua nilai tersebut dapat dinyatakan ke dalam kategori panas. Kemudian pada saat duduk santai untuk wisatawan lokal

dan mancanegara memiliki nilai 1,56 dan 1,72 sehingga keduanya dapat dikategorikan ke dalam skala panas.

Berdasarkan hasil data pada Tabel 14 tersebut maka dilakukan rekayasa lingkungan guna untuk meningkatkan kondisi kenyamanan termal pada saat tanpa naungan. Dapat dilihat pada Tabel 13, akan dilakukan rekayasa lingkungan dengan penanaman pohon ketapang kencana pada 3 area yang berbeda. Bentuk tajuk kubah terbuka pada pohon ketapang kencana dapat mempengaruhi kemampuan pohon dalam menurunkan suhu sebesar 2,35 °C (Fadhilurrahman, 2018) dan meningkatkan kelembaban relatif sebesar 5% (Femy *et al.*, 2014). Hasil analisis pengukuran kenyamanan termal tanpa naungan pada Titik 1 (pintu masuk) setelah dilakukan rekayasa lingkungan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 14 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Sebelum Dilakukan Rekayasa Lingkungan

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

Tabel 15 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Setelah Dilakukan Rekayasa Lingkungan

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

Hasil pada Tabel 15 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kenyamanan termal setelah dilakukannya rekayasa lingkungan dengan penanaman vegetasi pepohonan ketapang kencana. Peningkatan kenyamanan termal ini terjadi pada wisatawan lokal dan mancanegara pada saat jalan santai dan duduk santai. Pada saat kondisi jalan santai wisatawan lokal dan mancanegara memiliki nilai 1,20 dan 1,25 dimana kedua nilai tersebut menunjukkan kondisi kenyamanan termal sudah masuk ke dalam kategori agak panas. Kemudian pada saat duduk santai untuk wisatawan lokal dan mancanegara memiliki nilai 1,06 dan 1,22 sehingga keduanya dapat dikategorikan ke dalam agak panas.

Dapat diketahui untuk hasil potensi kenyamanan termal tanpa naungan pada Titik 1 (pintu masuk) sebelum dilakukannya rekayasa lingkungan terdapat pada Tabel 16. Desember hingga Mei dapat dinyatakan “panas” dengan kenyamanan iklim “dapat diterima”. Hasil untuk kenyamanan termal di bulan lain berpotensi “agak dingin” mengingat kenyamanan iklimnya berada di skala “baik”, “cukup baik”, dan “dapat diterima”. Jika dibandingkan dengan hasil potensi kenyamanan termal tanpa naungan pada Titik 1 (pintu masuk) setelah dilakukannya rekayasa lingkungan yang terdapat pada Tabel 17, hasilnya menunjukkan terjadinya peningkatan kenyamanan termal. Pada Desember hingga Januari kenyamanan termalnya masuk kategori “agak panas”, sedangkan kenyamanan iklimnya masuk pada kategori “dapat diterima”. Februari hingga Mei dapat dinyatakan “panas”

dengan kenyamanan iklim “dapat diterima” dan “marginal”, sedangkan kenyamanan termal di bulan lain seperti Juni, Juli, Agustus, September, Oktober dan November berpotensi “nyaman” mengingat kenyamanan iklimnya berada di skala “baik”, “cukup baik”, dan “dapat diterima”.

Tabel 16 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Sebelum Dilakukan Rekayasa Lingkungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	53	1,56	1,51	1,72	1,58
Februari	52	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Maret	51	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
April	50	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Mei	49	>1,56	>1,51	>1,72	>1,58
Juni	58	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Juli	63	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Agustus	67	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
September	70	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Oktober	63	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
November	55	<1,56	<1,51	<1,72	<1,58
Desember	53	1,56	1,51	1,72	1,58

Tabel 17 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1 (Pintu Masuk) Setelah Dilakukan Rekayasa Lingkungan

Bulan	Kenyamanan Iklim	Potensi Kenyamanan Termal			
		Lokal		Mancanegara	
		Duduk santai	Jalan santai	Duduk santai	Jalan santai
Januari	53	1,06	1,2	1,22	1,28
Februari	52	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Maret	51	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
April	50	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Mei	49	>1,06	>1,2	>1,22	>1,28
Juni	58	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Juli	63	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Agustus	67	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
September	70	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Oktober	63	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28

Lanjutan Tabel 17 Potensi Kenyamanan Termal Tanpa Naungan Pada Titik 1
(Pintu Masuk) Setelah Dilakukan Rekayasa Lingkungan

November	55	<1,06	<1,2	<1,22	<1,28
Desember	53	1,06	1,2	1,22	1,28



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan kenyamanan termal dan iklim di Candi Borobudur, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

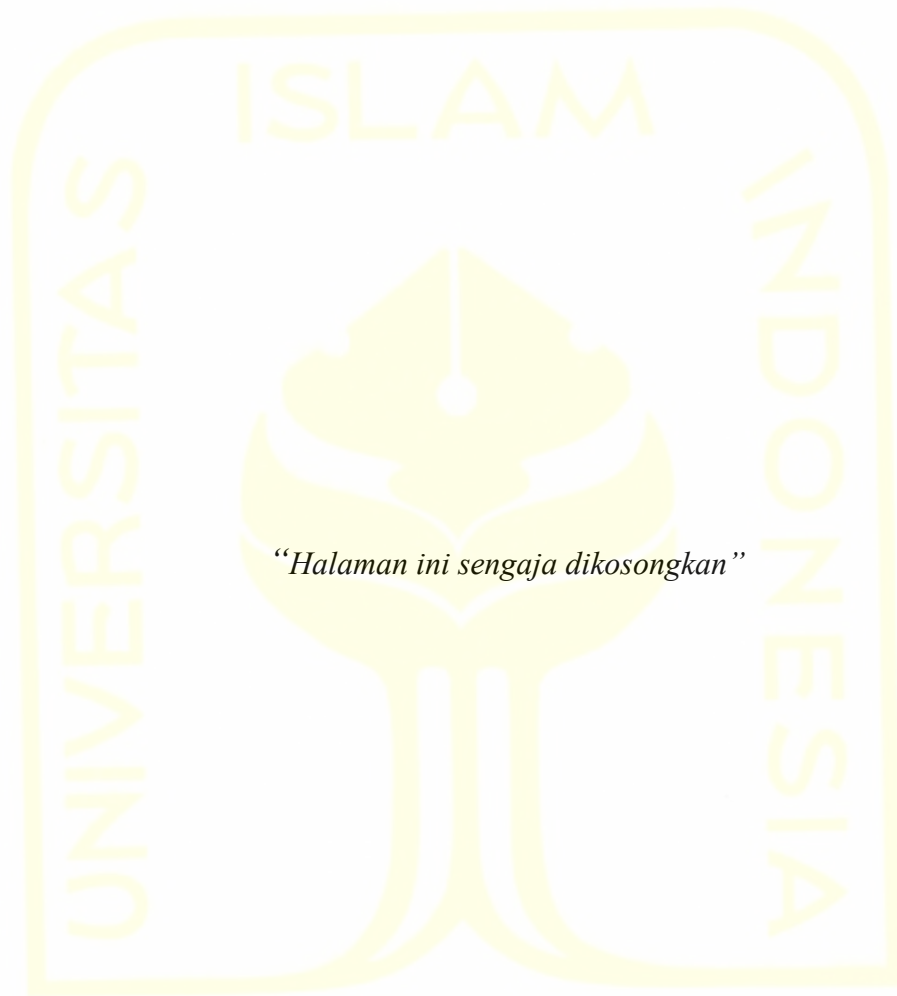
1. Kondisi kenyamanan iklim di Candi Borobudur berdasarkan hasil perhitungan *Holiday Climate Index* (HCI) menyatakan bahwa bulan yang paling cocok untuk melakukan wisata yakni pada bulan Juli sampai dengan Oktober.
2. Kondisi kenyamanan termal di Candi Borobudur berdasarkan hasil perhitungan menyatakan bahwa pada kondisi di bawah naungan wisatawan lokal dan mancanegara lebih nyaman saat duduk santai dibandingkan pada saat jalan santai, sedangkan pada kondisi tanpa naungan baik pada saat duduk santai maupun jalan santai turis lokal dan mancanegara tetap merasakan agak panas.
3. Rekayasa lingkungan di Candi Borobudur yang dapat direkomendasikan berupa vegetasi pepohonan melalui penanaman *Bucida molinetti* (Ketapang Kencana) pada area rekomendasi berdasarkan nilai kenyamanan termal dengan area 1 yang memiliki luas $24,3\text{m}^2$ memungkinkan untuk menanam 2 (dua) batang pohon secara sejajar. Area 2 memiliki luas $11,4\text{ m}^2$ akan ditanami 1 (satu) batang pohon dan area 3 yang memiliki luas $13,1\text{ m}^2$ akan ditanami 1 (satu) batang pohon.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan pembahasan diatas maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Bagi pihak pengelola Candi Borobudur
Potensi peningkatan kenyamanan termal pada Candi Borobudur dapat dilakukan dengan penambahan vegetasi pohon *Bucida molinetti* (Ketapang Kencana) karena dapat menurunkan suhu sebesar $2,35^{\circ}\text{C}$ (Fadhurrahman, 2018) pada area yang direkomendasikan yakni area 1 yang memiliki luas $24,3\text{m}^2$ dapat ditanam 2 (dua) batang pohon secara sejajar. Area 2 memiliki luas $11,4\text{ m}^2$ akan ditanami 1 (satu) batang pohon dan area 3 yang memiliki luas $13,1\text{ m}^2$ akan ditanami 1 (satu) batang pohon.
2. Bagi peneliti selanjutnya
Mampu mengevaluasi tingkat kenyamanan termal dan iklim pada kawasan wisata lain, dapat melakukan penelitian pada musim yang berbeda serta dapat melibatkan pengunjung secara langsung (kuisisioner).





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

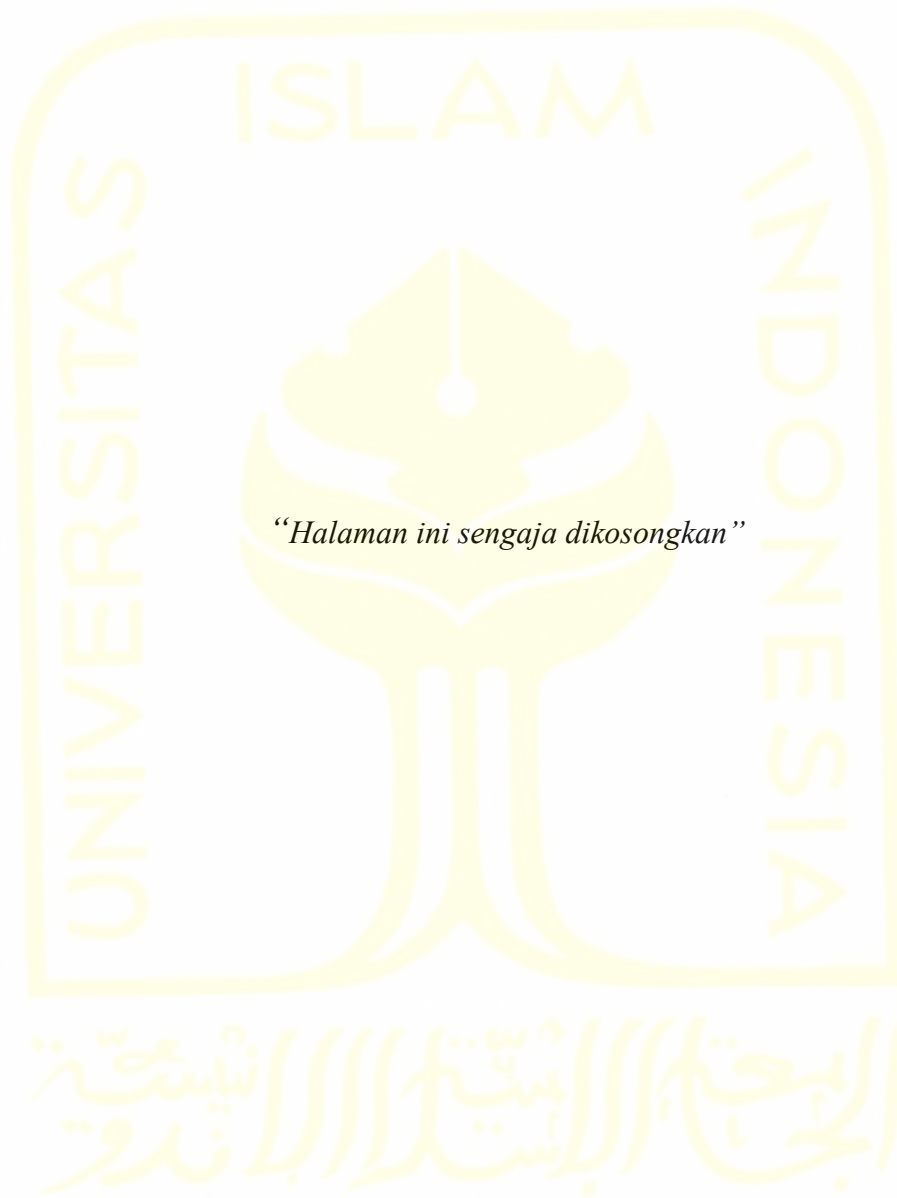
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

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.
- Aguiló E, Alegre J, dan Sard M. 2005. The Persistence of the Sun and Sand Tourism Model. *Tourism Manage* 26 (2005): 219-231.
- Alfian R. 2015. *Pengaruh Bentuk Hutan Kota Terhadap Kenyamanan Termal di Sekitar Hutan Kota*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- ASHRAE. 2017. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55)*. ASHRAE: Atlanta US.
- Belsoy, J., Korir, J., dan Yego, J. 2012. Environmental Impacts of Tourism in Protected Areas. *Journal of Environment and Earth Science*. 2(10): 64-74.
- 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.
- C. Amin, et al. 2004. *Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Thermal pada Bangunan Publik di Daerah Tropis*. Medan.
- Carpenter, P.L., T.D. Walker, dan F.O Lanphear. 1975. *Plants in the Landscape*. San Fransisco: W.H.Freeman & Co.
- Dahlan EN. 2004. *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. Bogor: IPB Press.
- De Freitas, C.R. 2003. Tourism Climatology: Evaluating Environmental Information for Decision Making and Business Planning in the Recreation and Tourism Sector. *Int. J. Biometeorologi*. 48, 45-54.
- Duffie, J. A., dan Beckman, W. A. 2006. *Solar Engineering of Thermal Processes (3rd ed.)*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Ebtessam M. 2011. *Evaluasi Kesesuaian Fisik Dan Fungsi Ekologis Ruang Terbuka Hijau Lanskap Central Business District (CBD) Sentul City Bogor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Effendy S., dan Aprihatmoko F. 2014. Kaitan Ruang Terbuka Hijau dengan Kenyamanan Termal Perkotaan. *J Agromet Indonesia*. 28(1):23-32.
- Ezekia, K. 2017. *Metabolisme*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort*. Danish Technical Press: Copenhagen.

- 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.
- Femy, et al. 2014. *Pengaruh Tata Hijau Terhadap Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Pada Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian Serpong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Frick Heinz, dan Bambang Suskiyatno. 2007. *Dasar-dasar Arsitektur Ekologi Seri I*. Semarang: Kansius Yogyakarta.
- Gem, C. 1996. *Kamus Saku Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Grey GW, dan Deneke FJ. 1978. *Urban Forestry*. New York (US): John Willey and Sons Inc.
- Hamilton, JM., dan Lau, MA. 2005. The Role of Climate Information in Tourist Destination Choice Decision-making. In: Proceedings of the 17th International Congress of Biometeorology (ICB 2005), *Garmisch-Partenkirchen, Germany*. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, 608–611.
- Hari Karyono. 1997. *Kepariwisataaan*. Jakarta: Grasindo.
- Henry Feriadi, dan Nyuk Hien Wong. Thermal Comfort for Naturally Ventilated Houses in Indonesia. *Energy and Buildings*, 36: 614–626, 2004.
- Hiroyasu, K., Tsuyoshi, I., dan Masaki, S. 2014. Evaluation of the Tourism Climate Index over Japan in a Future Climate Using a Statistical Downscaling Method. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol. 92, No. 1, pp. 37-54.
- 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*.
- Kartasapoetra AG. 2004. *Klimatologi: Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Karyono T. S. 2005. Fungsi Ruang Hijau Kota Ditinjau dari Aspek Keindahan, Kenyaman, Kesehatan, dan Penghematan Energi. *J Tek Ling*. 6(3): 452-457.
- Kurnia R.F.A. 2016. *Analisis Indeks Kenyamanan Iklim*. Studi Kasus: taman Wisata Jatim Park 2 dan Karangates). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Matzarakis, A., De Freitas, C., Scott, D. 2004. *Advances in Tourism Climatology*. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität, Freiburg.

- Mieczkowski, Z. 1985. The Tourism Climate Index: A Method for Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer* 29: 220-233.
- Moreno, A., dan Becken, S. 2009. A Climate Change Vulnerability Assessment Methodology for Coastal Tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 17(4), 473-488.
- Rangarajan, S., Swaminathan, M., dan Mani, A. (1984). Computation of Solar Radiation From Observations of Cloud Cover. *Solar Energy*, 32(4), 553–556.
- Rocz Panstw Zakl Hig. 2004. *Trees and Vegetation*. 55(1): 9-19.
- Sangkertadi. 2013. *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*. Bandung: Alfabeta.
- Santoso, G. dan Yoso Wiyarno 2012. *Model Bangku Kelas Terhadap Respons Keluhan Pada Siswa*. Surabaya: Universitas PGRI Adibuana.
- Scott, D. dan Lemieux, C. 2010. Weather and Climate Information for Tourism. *Procedia Environmental Sciences*. 1, 146-183.
- Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., dan Tang, M. 2016. An-Inter Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe. *Atmosphere*, Vol. 7, No.6, 1-17.
- Soekmono. 1976. *Chandi Borobudur: A Monument of Mankind*. Unesco Press.
- Sugiasih. 2013. Rumus Indeks Kenyamanan Suatu Wilayah. *Fourier*. Vol.2, No.1. 24-33
- Talaia, M., Meles, B. dan Teixeira, L. 2013. Evaluation of the Thermal Comfort in Workplaces – A Study in the Metalworking Industry. *Occupational Safety and Hygiene*. Editors Arezes et al. Taylor & Francis Group, London, 473-477.
- 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.
- Wonorahadjo, Surjamanto, Koerniawan, dan Donny. 2008. *Pengaruh Bentuk Bangunan pada Lingkungan Thermal Kota Bandung*. Proceeding Seminar Nasional Peran Arsitektur Tropis dalam mewujudkan Kota Tropis.



LAMPIRAN

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

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

Keterangan:

BB = Bulan Basah

BL = Bulan Lembab

BK = Bulan Kering

Lampiran 2 Nilai Perhitungan HCI

TAHUN/BULAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2010	52	52	51	51	48	49	49	51	49	49	50	53
2011	54	51	52	50	49	65	71	69	65	47	50	52
2012	53	52	52	49	49	63	80	82	78	63	48	51
2013	52	51	51	49	50	54	57	69	86	72	56	55
2014	55	52	52	53	48	48	49	62	77	72	57	56
2015	57	61	51	51	53	70	81	80	77	80	64	51
2016	51	51	49	48	47	48	47	48	48	49	48	55
2017	52	52	51	48	47	48	48	63	63	47	50	52
2018	51	53	52	48	48	62	63	64	77	80	65	50
2019	51	50	50	48	52	69	81	79	77	76	62	50
RATA-RATA	53	52	51	50	49	58	63	67	70	63	55	53

Keterangan:

	NYAMAN
	TIDAK NYAMAN

Lampiran 3 Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Pagi Hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.11-08.21		
Naungan	RH (%)	59,7
	Suhu (°C)	33,5
	Kec.angin (Km/h)	5,0
08.22-08.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	63,4
	Suhu (°C)	32,2
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.35-08.45		
Naungan	RH (%)	75,6
	Suhu (°C)	30,1
	Kec.angin (Km/h)	2,5
08.46-08.56		
Tanpa Naungan	RH (%)	68,5
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	4,6
Titik 3 (Stupa)		
09.02-09.12		
Tanpa Naungan	RH (%)	48,5
	Suhu (°C)	36,6
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Hari/Tanggal : 24/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.06-08.16		
Naungan	RH (%)	41,8
	Suhu (°C)	39,1
	Kec.angin	2,7

	(Km/h)	
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	0,4

		(Km/h)	
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	5,6	

	(Km/h)	
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
Tanpa Naungan	RH (%)	44,5
	Suhu (°C)	39,7
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 2 (Pintu Keluar)		
08.25-08.35 ; 08.36-08.46		

Naungan	RH (%)	67,7
	Suhu (°C)	30,5
	Kec.angin (Km/h)	4,7
Tanpa Naungan	RH (%)	60,5
	Suhu (°C)	31,0
	Kec.angin (Km/h)	7,0
Titik 3 (Stupa)		
08.50-09.00		
Tanpa Naungan	RH (%)	36,6
	Suhu (°C)	37,4
	Kec.angin (Km/h)	4,4
Hari/Tanggal : 03/01/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
08.23-08.33 ; 08.34-08.44		
Naungan	RH (%)	54,0
	Suhu (°C)	33,9
	Kec.angin (Km/h)	0,9

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

Lampiran 4 Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Siang Hari

Hari/Tanggal : 23/12/2019		Rata-rata
13.03-13.13		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
Naungan	RH (%)	46,4
	Suhu (°C)	37,8
	Kec.angin (Km/h)	2,6
13.15-13.25		
Tanpa Naungan	RH (%)	44,3
	Suhu (°C)	40,2
	Kec.angin (Km/h)	3,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
13.29-13.39		
Naungan	RH (%)	53,6
	Suhu (°C)	36,8
	Kec.angin (Km/h)	2,2
13.40-13.50		
Tanpa Naungan	RH (%)	47,6
	Suhu (°C)	40,3
	Kec.angin (Km/h)	1,9
Titik 3 (Stupa)		
13.58-14.08		
Tanpa Naungan	RH (%)	41,8
	Suhu (°C)	39,8
	Kec.angin (Km/h)	3,0
Hari/Tanggal : 24/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
12.57-13.07		
Naungan	RH (%)	40,6
	Suhu (°C)	37,8
	Kec.angin	5,2

	(Km/h)	
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 5 Hasil Pengukuran Termal di Candi Borobudur Pada Sore Hari

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

	Kec.angin (Km/h)	1,3
16.00-16.10		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,9
	Suhu (°C)	27,5
	Kec.angin (Km/h)	1,4
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.14-16.24		
Naungan	RH (%)	67,9
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	0,3
16.27-16.37		
Tanpa Naungan	RH (%)	88,9
	Suhu (°C)	25,8
	Kec.angin (Km/h)	1,9
Titik 3 (Stupa)		
16.44-16.54		
Tanpa Naungan	RH (%)	83,1
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	0,1
Hari/Tanggal : 25/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.55-16.05		
Naungan	RH (%)	83,1
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	0,1
16.08-16.18		
Tanpa Naungan	RH (%)	90,0
	Suhu (°C)	25,1
	Kec.angin	2,2

	(Km/h)	
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.21-16.31		
Naungan	RH (%)	82,8
	Suhu (°C)	25,6
	Kec.angin (Km/h)	0,5
16.33-16.43		
Tanpa Naungan	RH (%)	90,0
	Suhu (°C)	25,4
	Kec.angin (Km/h)	2,6
Titik 3 (Stupa)		
16.49-16.59		
Tanpa Naungan	RH (%)	93,5
	Suhu (°C)	24,1
	Kec.angin (Km/h)	0,4
Hari/Tanggal : 26/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.48-15.58		
Naungan	RH (%)	76,8
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	2,0
16.00-16.10		
Tanpa Naungan	RH (%)	76,7
	Suhu (°C)	29,9
	Kec.angin (Km/h)	1,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.14-16.24		
Naungan	RH (%)	74,9
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9

16.26-16.36		
Tanpa Naungan	RH (%)	76,8
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	1,3
Titik 3 (Stupa)		
16.43-16.53		
Tanpa Naungan	RH (%)	75,4
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	2,1
Hari/Tanggal 27/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.07-16.17		
Naungan	RH (%)	76,4
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	1,2
16.19-16.29		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,6
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	1,6
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.33-16.43		
Naungan	RH (%)	75,8
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	3,1
16.47-16.57		
Tanpa Naungan	RH (%)	73,4
	Suhu (°C)	29,9
	Kec.angin (Km/h)	2,1
Titik 3 (Stupa)		
17.03-17.13		

Tanpa Naungan	RH (%)	66,5
	Suhu (°C)	29,4
	Kec.angin (Km/h)	4,2
Hari/Tanggal : 28/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.03-16.13		
Naungan	RH (%)	54,7
	Suhu (°C)	33,3
	Kec.angin (Km/h)	2,9
16.15-16.25		
Tanpa Naungan	RH (%)	46,4
	Suhu (°C)	39,9
	Kec.angin (Km/h)	2,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.29-16.39		
Naungan	RH (%)	66,6
	Suhu (°C)	28,5
	Kec.angin (Km/h)	5,1
16.41-16.51		
Tanpa Naungan	RH (%)	62,7
	Suhu (°C)	32,1
	Kec.angin (Km/h)	8,2
Titik 3 (Stupa)		
16.57-17.07		
Tanpa Naungan	RH (%)	66,0
	Suhu (°C)	29,5
	Kec.angin (Km/h)	3,8
Hari/Tanggal : 29/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.58-16.08		

Naungan	RH (%)	58,6
	Suhu (°C)	32,0
	Kec.angin (Km/h)	5,4
16.10-16.20		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,0
	Suhu (°C)	40,4
	Kec.angin (Km/h)	2,9
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.24-16.34		
Naungan	RH (%)	64,4
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,5
16.36-16.46		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,3
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 3 (Stupa)		
16.52-17.02		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,5
	Suhu (°C)	32,7
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Hari/Tanggal : 30/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.02-16.12		
Naungan	RH (%)	73,1
	Suhu (°C)	28,1
	Kec.angin (Km/h)	0,7
16.14-16.24		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,0
	Suhu (°C)	29,4

	Kec.angin (Km/h)	2,1
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.27-16.27		
Naungan	RH (%)	72,8
	Suhu (°C)	28,6
	Kec.angin (Km/h)	0,5
16.29-16.39		
Tanpa Naungan	RH (%)	80,0
	Suhu (°C)	27,4
	Kec.angin (Km/h)	2,4
Titik 3 (Stupa)		
16.45-16.55		
Tanpa Naungan	RH (%)	83,5
	Suhu (°C)	26,6
	Kec.angin (Km/h)	1,2
Hari/Tanggal : 31/12/2019		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
16.10-16.21		
Naungan	RH (%)	58,7
	Suhu (°C)	31,9
	Kec.angin (Km/h)	4,7
16.22-16.32		
Tanpa Naungan	RH (%)	45,1
	Suhu (°C)	40,5
	Kec.angin (Km/h)	3,0
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.36-16.46		
Naungan	RH (%)	64,4
	Suhu (°C)	31,6
	Kec.angin (Km/h)	4,5

16.48-16.58		
Tanpa Naungan	RH (%)	60,2
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,6
Titik 3 (Stupa)		
17.04-17.14		
Tanpa Naungan	RH (%)	50,6
	Suhu (°C)	32,8
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Hari/Tanggal 1/1/2020		
Titik 1 (Pintu Masuk)		
15.58-.16.08		
Naungan	RH (%)	76,4
	Suhu (°C)	28,7
	Kec.angin (Km/h)	1,4
16.10-16.20		
Tanpa Naungan	RH (%)	78,9
	Suhu (°C)	28,9
	Kec.angin (Km/h)	1,5
Titik 2 (Pintu Keluar)		
16.24-16.34		
Naungan	RH (%)	75,9
	Suhu (°C)	28,8
	Kec.angin (Km/h)	3,0
16.36-16.46		
Tanpa Naungan	RH (%)	72,9
	Suhu (°C)	29,9
	Kec.angin (Km/h)	1,7
Titik 3 (Stupa)		
16.55-17.05		

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



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Pekanbaru, Riau pada tanggal 13 Maret 1998 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Sukirno dan Yetti Herawati. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis, yaitu SDIT Al-Ittihad, Rumbai (2004-2010). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Cendana Pekanbaru (2010-2013) dan SMA Cendana Pekanbaru (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 dan organisasi. Mulai dari organisasi dan kepanitiaan tingkat jurusan hingga tingkat fakultas. Penulis aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) Universitas Islam Indonesia (UII) 2017-2018, dan menjadi anggota Lembaga Eksekutif Mahasiswa (LEM) Universitas Islam Indonesia (UII) 2018-2019. Penulis ikut serta dalam beberapa kepanitiaan diantaranya pengurus harian selaku bendahara *Enviro Champions* 2017, staff dana usaha *Lintas Lingkungan* 2017, *steering committee* wali jamaa'ah dan kesekretariatan *Lintas Lingkungan* 2018. Penulis sempat mengisi waktunya menjadi asisten praktikum. Praktikum Teknik Lingkungan I, Praktikum Teknik Lingkungan II dan Praktikum Kimia Lingkungan. Untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, penulis melaksanakan penelitian yang berjudul “**Analisis Tingkat Kenyamanan Iklim dan Termal Berdasarkan *Holiday Climate Index (HCI)* di Candi Borobudur**”.