

***MONITORING URBAN HEAT ISLAND MENGGUNAKAN METODE
HEATMAP BERBASIS INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

**Oleh:
SYARIF HIDAYATULLOH
NIM. 19650057**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

***MONITORING URBAN HEAT ISLAND MENGGUNAKAN METODE
HEATMAP BERBASIS INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom)

Oleh:
SYARIF HIDAYATULLOH
NIM. 19650057

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

***MONITORING URBAN HEAT ISLAND MENGGUNAKAN METODE
HEATMAP BERBASIS INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

**Oleh:
SYARIF HIDAYATULLOH
NIM. 19650057**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 29 September 2023

Pembimbing I,



Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T
NIP. 19830616 201101 1 004


Pembimbing II,



Fatchurrochman, M. Kom
NIP. 19700731 200501 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

MONITORING URBAN HEAT ISLAND MENGGUNAKAN METODE HEATMAP BERBASIS INTERNET OF THINGS

SKRIPSI

Oleh:
SYARIF HIDAYATULLOH
NIM. 19650057

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 10 Oktober 2023


Susunan Dewan Penguji

- Ketua Penguji : Johan Ericka Wahyu Prakasa, M. Kom
NIP. 19831213 201903 1 004
- Anggota Penguji I : Ajib Hanani, M.T
NIDT. 19840731 20160801 1 076
- Anggota Penguji II : Dr Yunifa Miftachul Arif, M.T
NIP. 19830616 201101 1 004
- Anggota Penguji III : Fatchurrochman, M. Kom
NIP. 19700731 200501 1 002

()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fatchrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syarif Hidayatulloh
NIM : 19650057
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : *Monitoring Urban Heat Island Menggunakan Metode Heatmap Berbasis Internet Of Things*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Oktober 2023
Yang membuat pernyataan,



Syarif Hidayatulloh
NIM. 19650057

HALAMAN MOTTO

“Ikhtiar, Do’a, Restu Orang Tua”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja dan puji syukur atas kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala, serta shalawat dan salam bagi Rasul-Nya Penulis mempersembahkan hasil karya ini kepada:

Orang tua penulis yang sangat dicintai dan disayangi, Bapak Kasminto dan Ibu Diana Sri Hartini, yang tak pernah berhenti memberikan dukungan, do'a, semangat serta motivasi kepada penulis.

Para dosen pembimbing penulis, Bapak Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T dan Bapak Fatchurrochman, M.Kom yang senantiasa dengan ketelatenan dan penuh rasa kesabaran dalam memberikan saran, bimbingan, serta masukan dalam penyusunan karya ini.

Seluruh dosen dan jajaran civitas akademica jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberi ilmu dan memberi kelancaran dalam penyusunan karya ini, tak lupa seluruh guru-guru penulis yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman yang sangat berharga kepada penulis.

Seluruh pihak-pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah selalu memberikan dukungan, do'a, semangat serta bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar dan tepat waktu.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan pada Allah SWT yang berkat rahmat, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyempurnakan skripsi ini dengan tepat waktu. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun umat manusia menuju jalan yang lebih baik.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang begitu besar kepada seluruh pihak yang memberikan dukungan dan membantu rampungnya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis disampaikan kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, selaku ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan semangat dan do'a pada penulis hingga rampungnya skripsi ini.
5. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T, dan Fatchurrochman, M.Kom, selaku dosen pembimbing I dan II yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

6. Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom dan Ajib Hanani, M.T selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan, kritik serta saran kepada penulis hingga ujian skripsi dengan penuh kesabaran.
7. Kawan-kawan Alliance of Informatics Engineering (ALIEN) Angkatan 2019, khususnya grup Team Sunmori dan Robi'atul Adawiyah yang senantiasa selalu memberikan semangat dan dukungan dalam berjuang bersama dalam mengejar gelar S.Kom dan pengalaman di Universitas yang sama.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu penulis menerima saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sehingga dapat menjadi lebih baik kedepannya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk kedepannya.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Malang, 10 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Sistem Monitoring UHI.....	8
2.3 Heatmap	9
2.4 Internet of Things	9
2.5 Microcontroller NodeMCU ESP8266.....	10
2.6 Sensor Suhu dan Kelembaban Udara DHT22.....	11
2.7 Sensor Kecepatan Angin Anemometer	11
2.8 Sensor Intensitas Cahaya GY-302 BH1750.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13

3.1 Pengumpulan Data	13
3.2 Perancangan Sistem	14
3.2.1 Perancangan Desain Sistem	14
3.2.2 Perancangan Rangkaian Sensor	15
3.3 Implementasi Sistem	16
3.3.1 Pengumpulan Data ke Database Server	16
3.3.2 Menampilkan Data pada Web	16
3.3.3 Konversi Data ke Peta Heatmap	16
3.4 Pengujian Sistem	19
3.4.1 Pengujian Kalibrasi Sensor	19
3.4.2 Pengujian Akurasi Metode	21
3.5 Analisa Hasil	22
BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Penentuan Radius Akurasi Sensor	23
4.2 Pengumpulan Data ke Database Server	25
4.2.1 Pengambilan Data Sensor ke Databse	25
4.2.2 Pengiriman Data Sensor ke Database	27
4.3 Menampilkan Data pada Web	27
4.3.1 Tampilan Dashboard	27
4.3.2 Tampilan Data Sensor	28
4.3.3 Tampilan Peta Monitoring	28
4.4 Konversi Data ke Peta Heatmap	29
4.5 Skenario Uji Coba	34
4.5.1 Pengujian Kalibrasi Sensor	34
4.5.2 Pengujian Pengiriman Data	34
4.5.3 Pengujian Akurasi Metode	36
4.6 Hasil Uji Coba	36
4.7 Pembahasan	42
4.8 Analisa Hasil	43
4.9 Integrasi Islam	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59

5.2 Saran..... 59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metode Penelitian.....	13
Gambar 3.2 Perancangan Desain Sistem	14
Gambar 3.3 Perancangan Rangkaian Sistem	15
Gambar 3.4 Jajaran Warna Heatmap	18
Gambar 3.5 Satu Titik Heatmap.....	18
Gambar 4.1 Tampilan Dashboard	27
Gambar 4.2 Tampilan Data Sensor	28
Gambar 4.3 Tampilan Monitoring Suhu	28
Gambar 4.4 Tampilan Monitoring Kelembaban Udara	28
Gambar 4.5 Tampilan Monitoring Intensitas Cahaya	29
Gambar 4.6 Tampilan Monitoring Kecepatan Angin	29
Gambar 4.7 Peta Kampus UIN Malang	30
Gambar 4.8 Peta Titik Monitoring Kampus UIN Malang	31
Gambar 4.9 Peta Heatmap Suhu Kampus UIN Malang.....	31
Gambar 4.10 Peta Heatmap Kelembaban Udara Kampus UIN Malang.....	32
Gambar 4.11 Peta Heatmap Intensitas Cahaya Kampus UIN Malang.....	33
Gambar 4.12 Peta Heatmap Kecepatan Angin Kampus UIN Malang.....	33
Gambar 4.13 Output Serial Monitor Arduino IDE	35
Gambar 4.14 Rangkaian Alat Monitoring.....	35
Gambar 4.15 Grafik Data Suhu Pagi Hari	43
Gambar 4.16 Grafik Data Suhu Siang Hari	44
Gambar 4.17 Grafik Data Suhu Sore Hari	44
Gambar 4.18 Grafik Data Suhu Malam Hari	45
Gambar 4.19 Grafik Data Kelembaban Pagi Hari	46
Gambar 4.20 Grafik Data Kelembaban Siang Hari	46
Gambar 4.21 Grafik Data Kelembaban Sore Hari	47
Gambar 4.22 Grafik Data Kelembaban Malam Hari	48
Gambar 4.23 Grafik Data Cahaya Pagi Hari.....	48
Gambar 4.24 Grafik Data Cahaya Siang Hari.....	49
Gambar 4.25 Grafik Data Cahaya Sore Hari	50

Gambar 4.26 Grafik Data Cahaya Malam Hari	50
Gambar 4.27 Grafik Data Angin Pagi Hari.....	51
Gambar 4.28 Grafik Data Angin Siang Hari.....	52
Gambar 4.29 Grafik Data Angin Sore Hari	52
Gambar 4.30 Grafik Data Angin Malam Hari	53
Gambar 4.31 Grafik Data Suhu.....	54
Gambar 4.32 Grafik Data Kelembaban Udara.....	54
Gambar 4.33 Grafik Data Intensitas Cahaya.....	55
Gambar 4.34 Grafik Data Kecepatan Angin.....	55
Gambar 4.35 Grafik NilaiUHI	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kepadatan Titik Pada Warna	17
Tabel 4.1 Data Radius Sensor	23
Tabel 4.2 <i>Index</i> Warna <i>Heatmap</i>	36
Tabel 4.3 Data Sensor Pagi Hari	36
Tabel 4.4 Data Sensor Siang Hari	36
Tabel 4.5 Data Sensor Sore Hari	36
Tabel 4.6 Data Sensor Malam Hari	36
Tabel 4.7 Tingkat Daerah UHI	56
Tabel 4.8 Nilai UHI	56

ABSTRAK

Hidayatulloh, Syarif. 2023. *Monitoring Urban Heat Island Menggunakan Metode Heatmap Berbasis Internet Of Things*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T, (II) Fatchurrochman, M. Kom.

Kata Kunci: *Urban Heat Island, Internet Of Things, Peta Heatmap, Kampus UIN Malang.*

Urban Heat Island (UHI) merupakan fenomena peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan wilayah sekitarnya sehingga menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan dan memerlukan sistem pemantauan *Urban Heat Island*. Penelitian ini membahas tentang sistem *monitoring Urban Heat Island* menggunakan metode *heatmap* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan perangkat NodeMCU ESP8266 untuk mengumpulkan data dari sensor cahaya (GY-302 BH1750), sensor anemometer, sensor suhu dan kelembaban (DHT22). Data dikirim melalui modul wifi ke dalam *server*. Hasil data yang telah dimasukkan ke dalam *server* akan divisualisasikan pada peta dengan menggunakan metode *heatmap*. Pada peta *heatmap* terdapat beberapa kesimpulan yaitu peta *heatmap* suhu Kampus UIN Malang, peta *heatmap* kelembaban udara Kampus UIN Malang, peta *heatmap* intensitas cahaya Kampus UIN Malang, dan peta *heatmap* kecepatan angin Kampus UIN Malang dengan menghasilkan nilai UHI sebesar 0,12499 dan tergolong ke dalam UHI tingkat 1. Hasil dari peta *heatmap* dari beberapa sensor diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pola distribusi suhu, membantu mengidentifikasi wilayah yang rentan terhadap dampak panas lingkungan kampus, dan mendukung pengambilan keputusan untuk pembangunan lingkungan kampus berkelanjutan. Penelitian ini bermanfaat bagi pihak kampus dalam menangani mitigasi dampak panas pada lingkungan kampus.

ABSTRACT

Hidayatulloh, Syarif. 2023. **Urban Heat Island Monitoring Using The Internet Of Things-Based Heatmap Method**. Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology. State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T, (II)Fatchurrochman, M. Kom.

Urban Heat Island (UHI) is a phenomenon of increasing air temperature in urban areas compared to surrounding areas, causing environmental imbalance and requiring an Urban Heat Island monitoring system. This research discusses the Urban Heat Island monitoring system using an Internet of Things (IoT) based heatmap method connected to the NodeMCU ESP8266 device to collect data from the light sensor (GY-302 BH1750), anemometer sensor, temperature and humidity sensor (DHT22). Data is sent via the WiFi module to the server. The results of the data that has been entered into the server will be visualized on a map using the heatmap method. On the heatmap map there are several conclusions, namely the temperature heatmap map of the UIN Malang Campus, the air humidity heatmap map of the UIN Malang Campus, the light intensity heatmap map of the UIN Malang Campus, and the wind speed heatmap map of the UIN Malang Campus which produces a UHI value of 0.12499 and is classified as UHI level 1. The results of the heatmap map from several sensors are expected to provide information regarding temperature distribution patterns, help identify areas that are vulnerable to the impact of campus environmental heat, and support decision making for sustainable campus environmental development. This research is useful for the campus in dealing with mitigating the impact of heat on the campus environment.

Keyword: Urban Heat Island, Internet of Things, Heatmap Map, UIN Malang Campus

مستخلص البحث

١. هداية الله، شريف. ٢٠٢٣. مراقبة الجزيرة الحرارية الحضرية باستخدام طريقة خريطة الحرارة المستندة إلى إنترنت الأشياء. أطروحة. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: يونيفر مفتاح عارف، الماجستير. المشرف الثاني: فاتشوروخمان، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: جزيرة الحرارة الحضرية، إنترنت الأشياء، خريطة الخريطة الحرارية، الحرم الجامعي بجامعة مالانج

جزيرة الحرارة الحضرية (UHI) هي ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الهواء في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق المحيطة بها، مما يسبب اختلال التوازن البيئي يتطلب نظام رصد جزيرة الحرارة الحضرية. يناقش هذا البحث نظام مراقبة Urban Heat Island باستخدام طريقة خريطة الحرارة القائمة على إنترنت الأشياء (IoT) والمتصلة بجهاز NodeMCU ESP8266 لجمع البيانات من مستشعر الضوء (GY-302BH1750)، ومستشعر مقياس شدة الرياح، ومستشعر درجة الحرارة والرطوبة (DHT22). يتم إرسال البيانات عبر وحدة WiFi إلخادام. سيتم عرض نتائج البيانات التي تم إدخالها في الخادم على الخريطة باستخدام طريقة الخريطة الحرارية. هناك العديد من الاستنتاجات على خريطة الخريطة الحرارية، وهي خريطة الخريطة الحرارية لدرجة الحرارة للحرم الجامعي UIN Malang، وخريطة الخريطة الحرارية لرطوبة الهواء للحرم الجامعي UIN Malang، وخريطة الخريطة الحرارية لكثافة الضوء للحرم الجامعي UIN Malang، وخريطة الخريطة الحرارية لسرعة الرياح للحرم الجامعي UIN Malang. الحرم الجامعي UIN Malang الذي ينتج قيمة UHI تبلغ 0.12499 ويصنف على أنه مستوى 1 UHI. من المتوقع أن توفر نتائج خريطة الحرارة من العديد من أجهزة الاستشعار معلومات بخصوص أنماط توزيع درجة الحرارة، وتساعد في تحديد المناطق المعرضة لتأثير الحرارة البيئية للحرم الجامعي، ودعم اتخاذ القرار من أجل التنمية البيئية المستدامة للحرم الجامعي. يعد هذا البحث مفيداً للحرم الجامعي في التعامل مع التخفيف من تأثير الحرارة على بيئة الحرم الجامعي

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) merupakan salah satu masalah lingkungan yang muncul akibat aktivitas manusia di kota-kota besar. UHI terjadi ketika suhu udara di perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penggunaan aspal, bangunan-bangunan tinggi, penggunaan kendaraan bermotor, serta kurangnya vegetasi. UHI memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia, lingkungan, dan ekonomi. Di antaranya adalah meningkatnya risiko kesehatan seperti dehidrasi, kelelahan panas, dan stroke, meningkatnya polusi udara, menurunnya kualitas air dan tanah, serta meningkatnya penggunaan energi untuk pendinginan ruangan yang berimbas pada meningkatnya emisi gas rumah kaca (Budhiraja et al., 2019).

Untuk mengurangi dampak negatif dari UHI, diperlukan upaya pengurangan suhu udara di perkotaan. Metode *Heatmap* merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan data suhu udara (Netek et al., 2018). Metode *Heatmap* memungkinkan pengguna untuk melihat pola suhu udara di suatu wilayah secara detail. Dalam konteks *monitoring* UHI, metode *Heatmap* dapat dimanfaatkan untuk memvisualisasikan kondisi UHI di perkotaan. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk mengimplementasikan metode *Heatmap* adalah *Internet of Things* (IoT). Dengan *monitoring* UHI yang akurat dan visualisasi data UHI menggunakan metode *Heatmap*, dapat dilakukan penanganan UHI secara dini dan efektif (Hangzhou et al., 2019).

Dalam Al-Qur'an surat Al-Kahfi ayat 7 yang berbunyi :

إِنَّا جَعَلْنَا مَا عَلَى الْأَرْضِ زِينَةً لِّهَا لِنَبْلُوهُمْ أَيُّهُمْ أَحْسَنُ عَمَلًا

“*Sesungguhnya Kami telah menjadikan apa yang di bumi sebagai perhiasan baginya, agar Kami menguji mereka siapakah di antara mereka yang terbaik perbuatannya.*” (QS. Al-Kahfi : 7)

Menurut tafsir Kementrian Agama RI dijelaskan bahwa “Sesungguhnya kami telah menjadikan apa yang ada di bumi, yakni beraneka macam hewan, tumbuh-tumbuhan dan kekayaan alam yang tersimpan di dalamnya sebagai perhiasan baginya, yakni bagi bumi dan indah dipandang oleh manusia, untuk kami menguji mereka, di dalam menyikapi keindahan bumi dengan segala isinya. Dengan demikian, kami mengetahui secara nyata siapakah di antara mereka yang terbaik perbuatannya, dan siapa yang jahat dan durhaka kepada tuhannya. Dan kelak di hari kiamat, kami benar-benar akan menjadikan apa yang di atasnya, yakni apa yang ada di atas bumi menjadi tanah yang tandus lagi kering, tidak ada lagi keindahannya. Demikianlah Allah menjadikan bumi dengan segala isinya yang dipandang indah oleh manusia sebagai sarana untuk menguji siapa di antara manusia itu yang baik perbuatannya dan siapa yang berbuat jahat. Kelak di hari kiamat kebaikan dan kejahatan itu akan mendapat pembalasan yang seadil-adilnya.”(tafsir dari Kementrian Agama RI) Sehingga dapat disimpulkan bahwa kita harus berusaha menjaga dan merawat lingkungan di muka bumi dengan sebaik-baiknya. Maka dari itu pada penelitian ini akan dibuat sistem *monitoring* UHI untuk menjaga keseimbangan lingkungan dengan parameter kondisi suhu udara.

Monitoring UHI merupakan sistem yang dirancang dengan menggunakan metode *Heatmap*, dimana metode tersebut akan dibangun dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Data UHI pada beberapa lokasi diambil secara real-time dengan menggunakan sensor yang terhubung pada jaringan IoT. Data UHI yang telah terkumpul kemudian disimpan dalam *database* dan diimplementasikan ke dalam *Heatmap*. Warna pada *Heatmap* digunakan untuk

menggambarkan UHI yang ada di beberapa lokasi di perkotaan. Semakin merah warna pada suatu lokasi, maka semakin tinggi UHI pada lokasi tersebut, dan semakin biru warna pada suatu lokasi, maka semakin rendah UHI pada lokasi tersebut (Wahab & Ramayanti, 2020).

Penelitian tentang *monitoring* UHI menggunakan metode *Heatmap* berbasis IoT sangat penting untuk dilakukan mengingat sudah banyak UHI yang terjadi di kota-kota besar yang ada di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada upaya pencegahan dan pengurangan UHI di perkotaan terutama kota-kota besar di Indonesia.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, masalah dalam penelitian ini adalah dibutuhkan sistem *monitoring Urban Heat Island* dengan tingkat akurasi sensor yang terukur.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah penerapan sistem *monitoring Urban Heat Island* menggunakan metode *Heatmap* berbasis *Internet of Things*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Manfaat bagi kampus Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang adalah sistem *monitoring Urban Heat Island* dapat mengatasi permasalahan

terkait dampak negatif dari UHI yang menyebabkan ketidaknyamanan masyarakat, serta menurunnya kualitas lingkungan hidup di sekitar.

- b. Manfaat bagi Penulis Penelitian ini dapat menambah pengetahuan serta wawasan mengenai cara mengatasi permasalahan *Urban Heat Island*.

1.5 Batasan Masalah

Dalam melakukan pembangunan sistem *monitoring* UHI, terdapat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain :

- a. Sistem *monitoring Urban Heat Island* dibuat berdasarkan dengan data UHI yang ada di lingkungan kampus Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- b. Penelitian ini hanya akan membahas mengenai pembangunan sistem *monitoring Urban Heat Island* menggunakan metode *Heatmap* berbasis *Internet of Things*.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti telah mempelajari dan mengkaji beberapa penelitian terkait untuk mendukung teori dan hasil yang ingin dicapai peneliti. Penelitian yang diteliti merupakan penelitian terdahulu maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mempunyai relevansi dengan penelitian yang sedang dilakukan saat ini. Penelitian terdahulu dilakukan dengan mengumpulkan studi literatur yang relevan dan mencari yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Tujuan yang ingin dicapai dengan melakukan tinjauan terhadap penelitian terdahulu adalah agar penelitian ini mempunyai landasan pemahaman teoritis yang dapat dipertanggungjawabkan.

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait adalah suatu studi yang dilakukan untuk menggali informasi, mengumpulkan data, dan menganalisis topik atau pertanyaan tertentu yang terkait dengan pengetahuan atau permasalahan yang telah ada sebelumnya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperluas pemahaman tentang topik yang telah diteliti sebelumnya atau untuk mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang masih ada.

Penelitian yang dilakukan oleh Suwarti et al., pada tahun 2017 dengan menggunakan sensor Anemometer untuk monitoring kecepatan angin. *Input* data yang digunakan berupa data *real-time* dari sensor Anemometer. Data tersebut akan

diproses dan dikirim melalui kabel USB kemudian ditampilkan di komputer (Suwarti et al., 2017).

Penelitian selanjutnya oleh Netek et al., pada tahun 2018 dengan menggunakan metode *Heatmap* untuk sistem informasi geografis data kecelakaan lalu lintas. *Input* yang digunakan dalam penelitian tersebut berupa data spasial dasar yaitu titik, garis, dan poligon. Data spasial tersebut akan di analisis dan divisualisasikan kedalam bentuk warna yang akan menjadi acuan untuk pengguna mengenai data kecelakaan lalu lintas (Netek et al., 2018).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Albanna & Arifiyanti pada tahun 2018 dengan menggunakan metode *Heatmap* untuk visualisasi kunjungan wisata di Jawa Timur berdasarkan media sosial. *Input* yang digunakan dalam penelitian tersebut berupa ekstrasi data dari instagram. Data ekstrasi akan dilakukan pemilihan dan pengolahan kemudian akan divisualisasikan kedalam bentuk peta *Heatmap* 2 dimensi dimana semakin pekat warna merah maka jumlah kunjungan pada lokasi wisata tersebut semakin tinggi (Albanna & Arifiyanti, 2018).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Hanif pada tahun 2019 dengan menggunakan metode analisis spasial Sistem Informasi Geografis dan statistik untuk menyelidiki fenomena *Urban Heat Island*. *Input* yang digunakan berupa data *Landsat* TM5 dan *Landsat* OLI8. Data tersebut digunakan untuk mengetahui suhu di lingkungan perkotaan dan dampak dari perubahan suhu tersebut (Hanif, 2019).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Setyawan et al pada tahun 2020 dengan menggunakan penerapan *Heatmap* dan pemetaan untuk Sistem Informasi Geografis lokasi penderita HIV/AIDS. *Input* yang digunakan berupa data spasial

dan data atribut dari pengidap virus HIV. Data tersebut kemudian di analisis dan di petakan ke dalam peta *Heatmap* (Setyawan et al., 2020).

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Wahab & Ramayanti pada tahun 2020 dengan menggunakan metode *Heatmap* untuk aplikasi *Talent Pool* berbasis web. *Input* yang digunakan berupa data observasi aplikasi dan *database e-performance* di *ATT Group*. Data tersebut kemudian analisis dan dilakukan proses penentuan *talent* (Wahab & Ramayanti, 2020).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Muryani & Sumariyah pada tahun 2020 dengan menggunakan modul sensor cahaya GY-302 BH1750 dan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 untuk eksperimen fotomete. *Input* data yang digunakan berupa data *real-time* dari sensor dimana data tersebut nantinya akan dianalisis sehingga dapat menghasilkan fotometer yang akurat dan efisien (Muryani & Sumariyah, 2020).

Penelitian berikutnya dilakukan Puspasari et al., pada tahun 2020 dengan menggunakan sensor DHT22 untuk akurasi system terhadap *Thermohygrometer* standar. *Input* data yang digunakan berupa data *real-time* dari sensor DHT22. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil data dari *thermohygrometer* standar dan mendapatkan selisih diantara keduanya (Puspasari et al., 2020).

2.2 Sistem *Monitoring* UHI

Menurut (Pratiwi & Jaelani, 2021) UHI adalah salah satu fenomena di mana kondisi suhu udara di daerah perkotaan, dan pusat kota khususnya lebih tinggi daripada suhu udara di daerah sekitarnya. Beberapa dampak negatif dari UHI antara lain dapat mempengaruhi flora perkotaan, iklim, konsentrasi polutan, kualitas udara, kesehatan manusia, dampak lingkungan dan ekonomi, kenyamanan termal, dan pemanasan global. Hal ini memainkan peran besar pada kualitas kehidupan di perkotaan.

Sistem *monitoring Urban Heat Island* (UHI) merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk memantau dan mengukur pola suhu yang ada di daerah perkotaan berdasarkan karakteristik lingkungan dan pola penggunaan lahan. *Sistem monitoring* UHI menggunakan data dan metode untuk mengukur suhu udara di daerah perkotaan. Data yang digunakan dapat meliputi pengukuran suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan intensitas cahaya. Selain itu, sistem ini juga menggunakan teknologi pemetaan dan analisis spasial untuk memahami karakteristik lingkungan dan penggunaan lahan yang mempengaruhi suhu udara di daerah perkotaan (Wu et al., 2021).

Dengan sistem *monitoring* UHI, para pengambil keputusan dapat menggunakan informasi yang diberikan untuk mengembangkan strategi dalam mengurangi dampak UHI, seperti penanaman pohon dan perluasan kawasan hijau. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu dalam perencanaan perkotaan yang lebih berkelanjutan dengan mempertimbangkan dampak suhu pada kesehatan manusia, kualitas udara, dan biota perkotaan. Dalam keseluruhan, sistem *monitoring* UHI

bertujuan untuk membantu mengurangi dampak negatif UHI dan menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih nyaman, sehat, dan berkelanjutan bagi warganya.

2.3 Heatmap

Menurut (Wahab & Ramayanti, 2020) Heatmap adalah salah satu teknik visualisasi data yang digunakan untuk menggambarkan data numerik dalam bentuk matriks dengan menggunakan skala warna. Metode ini berguna untuk menggambarkan pola data dan memudahkan pengguna dalam melihat dan memahami pola data secara intuitif. Metode heatmap biasanya digunakan dalam bidang ilmu seperti ilmu biologi, kedokteran, dan ilmu lingkungan. Pada metode *heatmap*, data direpresentasikan sebagai matriks, dimana setiap baris mewakili satu variabel dan setiap kolom mewakili satu sampel. Data numerik yang direpresentasikan pada matriks ini kemudian diwakili dengan skala warna yang berbeda-beda. Skala warna tersebut biasanya dari skala warna dingin seperti biru atau hijau muda untuk data numerik yang rendah hingga skala warna hangat seperti merah atau kuning untuk data numerik yang tinggi.

2.4 Internet Of Things

Menurut (Efendi, 2018) *Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan

bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. *Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung.

2.5 *Microcontroller* NodeMCU ESP8266

Menurut (Priyono, 2017) NodeMCU ESP8266 adalah sebuah mikrokontroler yang telah dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266. NodeMCU merupakan sebuah platform IoT (*Internet of Things*) yang populer dan bersifat *open-source*. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai sebuah *board* Arduino yang terkoneksi dengan ESP8266, sehingga memiliki kemampuan untuk terhubung ke jaringan WiFi dan mentransmisikan data melalui koneksi tersebut.

NodeMCU ESP8266 dapat digunakan dalam berbagai proyek IoT, seperti sistem *smart home*, pengontrolan perangkat elektronik, atau pengumpulan data sensor (Suryana, 2021). Kelebihan NodeMCU ESP8266 adalah kemampuan konektivitasnya yang dapat memungkinkan pengiriman data secara nirkabel melalui koneksi WiFi. Modul ESP8266 yang terintegrasi dalam NodeMCU memungkinkan NodeMCU untuk terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan perangkat lain melalui protokol WiFi.

2.6 Sensor Suhu dan Kelembaban Udara DHT22

Menurut (Puspasari et al., 2020) sensor suhu dan kelembaban udara DHT22 adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur kelembaban relatif dan suhu udara. DHT22 juga dikenal dengan nama AM2302, dan merupakan salah

satu jenis sensor dari keluarga DHT (*Digital Humidity and Temperature*) yang dirancang khusus untuk aplikasi IoT (*Internet of Things*) dan pengukuran lingkungan. DHT22 menggunakan teknologi digital dengan output sinyal yang berupa data digital. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu antara -40°C hingga 125°C dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk pengukuran kelembaban relatif rentangnya antara 0 hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2\%$ RH. Sensor ini menggunakan dua pin untuk pengaturan sinyal komunikasi, yaitu pin data (dalam bahasa Inggris disebut data pin) dan pin daya (dalam bahasa Inggris disebut *power pin*). Sensor ini menggunakan protokol komunikasi *single-wire* dengan kecepatan komunikasi 1 Hz (satu kali pembacaan per detik) dan menghasilkan *output* data dalam format digital dengan resolusi 16-bit.

2.7 Sensor Kecepatan Angin Anemometer

Menurut (Riansyah, 2019) sensor kecepatan angin Anemometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Anemometer bekerja dengan cara mengukur kecepatan angin melalui pengukuran putaran dari kincir atau baling-baling di dalam perangkat tersebut. Kecepatan angin yang diukur kemudian diterjemahkan menjadi satuan kecepatan seperti meter per detik atau kilometer per jam. Ada beberapa jenis sensor kecepatan angin anemometer yang umum digunakan, seperti anemometer cup, anemometer ulir, dan anemometer laser. Anemometer cup adalah tipe yang paling umum digunakan dan bekerja dengan cara mengukur kecepatan angin melalui putaran dari tiga atau empat cangkir yang dipasang pada sebuah poros. Semakin cepat angin berhembus, maka semakin cepat pula putaran cangkir pada anemometer cup.

2.8 Sensor Intensitas Cahaya GY-302 BH1750

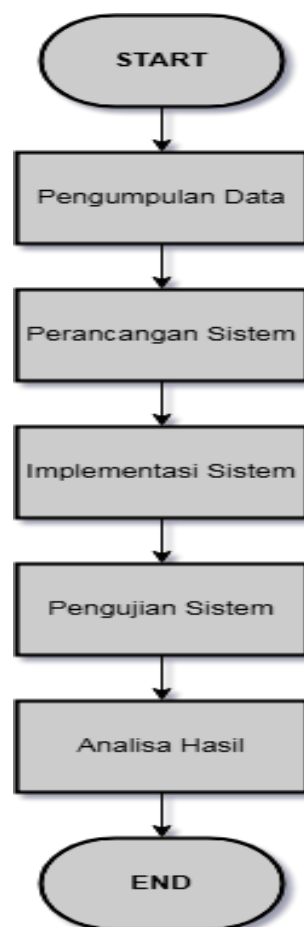
Menurut (Muryani & Sumariyah, 2020) sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750 merupakan sebuah sensor digital yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di sekitar suatu area. Sensor ini menggunakan teknologi sensor cahaya berbasis *silicon photo diode*, yang dapat mendeteksi spektrum cahaya yang sangat lebar dan menghasilkan keluaran digital yang akurat. Sensor ini memiliki kemampuan untuk mengukur intensitas cahaya dalam rentang 1-65535 lux, yang bisa disesuaikan dengan mode yang dipilih.

Sensor ini juga dapat beroperasi pada tegangan kerja yang rendah, sehingga dapat dihubungkan langsung ke mikrokontroler. Sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750 memiliki dua mode pengukuran, yaitu mode *continuous* (terus menerus) dan mode *one-time* (sekali). Sensor ini juga dapat menyesuaikan waktu pengukuran sesuai dengan kondisi lingkungan, dan dapat mempercepat atau melambatkan waktu pengukuran untuk mengoptimalkan kinerja sensor.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Sistem *monitoring* yang akan dibuat akan digunakan untuk mengukur UHI dimana hasil dari *monitoring* tersebut akan ditampilkan menggunakan peta *Heatmap*.



Gambar 3.1 Metode Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

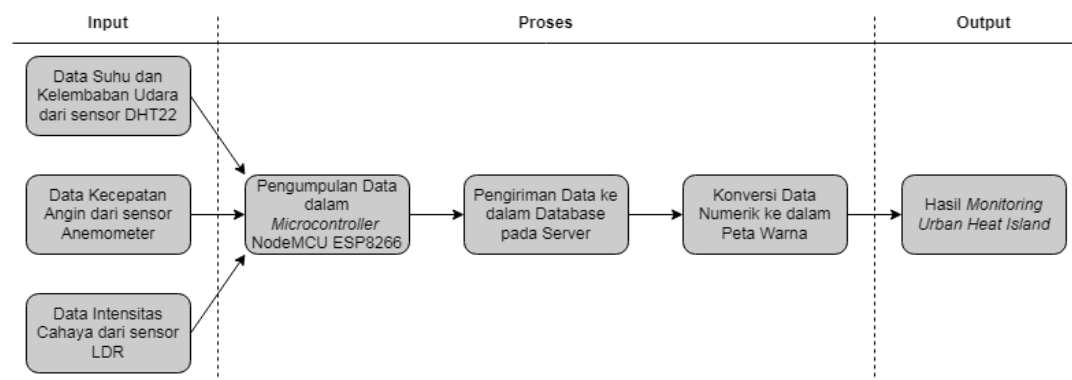
Data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah data *real-time* dari sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, sensor kecepatan angin

Anemometer, dan sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750 yang didapatkan dari kampus UIN Malang. Pengumpulan data tersebut dilakukan untuk memenuhi kebutuhan penelitian.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian, diantaranya :

3.2.1 Perancangan Desain Sistem



Gambar 3.2 Perancangan Desain Sistem

Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan-tahapan yang ada dalam desain sistem berdasarkan gambar 3.2 :

a. Tahapan *Input*

Tahapan *input* terdiri dari 3 pengambilan data yaitu data dari sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, sensor kecepatan angin Anemometer, dan sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750.

b. Tahapan Proses

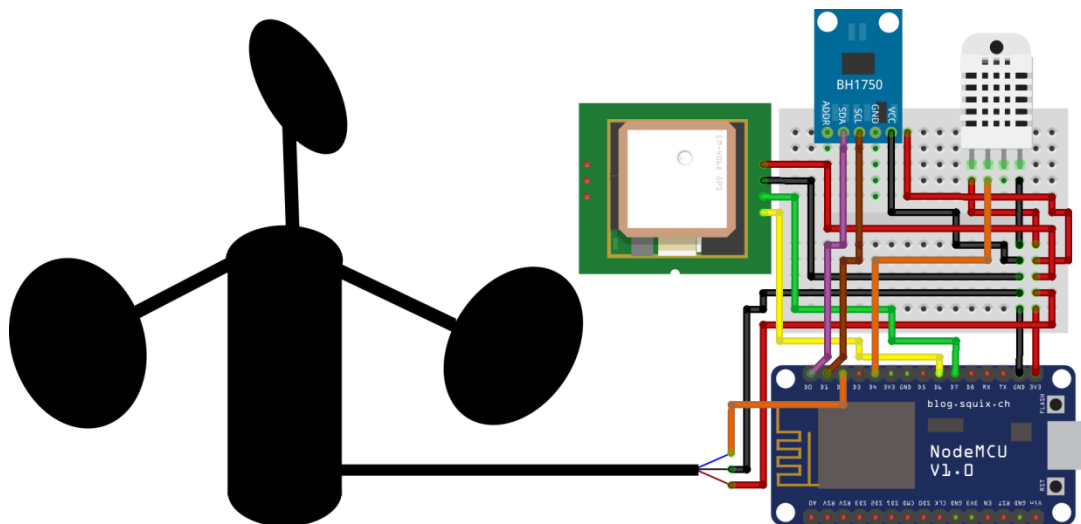
Tahapan Proses terdiri dari 3 proses yaitu proses pengumpulan data ke dalam *Microcontroller* NodeMCU ESP8266, kemudian pengiriman data ke dalam *Database* pada *Server*, kemudian konversi data numerik ke dalam peta warna.

c. Tahapan *Output*

Tahapan *output* terdiri dari 1 output yaitu hasil *monitoring Urban Heat Island*.

3.2.2 Perancangan Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, sensor kecepatan angin Anemometer, dan sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750, dan modul GPS NEO6MV2. Perancangan rangkaian sistem dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Perancangan Rangkaian Sistem

Jadi semua pin yang ada pada sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, sensor kecepatan angin Anemometer, dan sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750 akan dihubungkan dengan pin yang ada pada NodeMCU ESP8266 untuk

selanjutnya dilakukan pengujian apakah sensor dapat menerima data dengan baik. Kemudian data yang diterima oleh sensor akan ke dalam *server*.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem pada penelitian ini terbagi menjadi 3 bagian , antara lain :

3.3.1 Pengumpulan Data ke *Database Server*

Pada penelitian ini pengumpulan data didapat dari *micorcontroller* NodeMCU ESP8266 yang telah dikirim ke dalam *database* pada *server*. *Database* yang digunakan adalah database *Mysql*.

3.3.2 Menampilkan Data pada Web

Setelah data masuk ke dalam *database* pada *server*, maka pada tahap ini data akan ditampilkan dengan tampilan web sederhana yang menggunakan bahasa pemrograman PHP.

3.3.3 Konversi Data ke Peta *Heatmap*

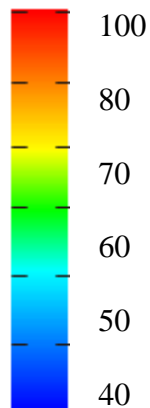
Dari hasil data diatas, maka akan di implementasikan ke dalam peta warna sesuai dengan gradien warna di dalam metode *heatmap*. *Heatmap* merupakan representasi grafik dari data yang berisi matrik yang divisualisasikan menggunakan warna. Gradien warna *default heatmap* adalah merah, kuning, hijau, dan biru. Dari keempat warna tersebut akan ditemukan warna dari percampuran dua warna sehingga menghasilkan warna baru.

Pada Tabel 3.1 kepadatan titik 80 – 100% akan divisualisasikan menggunakan warna merah. Kepadatan titik 70 – 80% akan divisualisasikan menggunakan warna coklat, warna coklat dihasilkan dari pencampuran warna merah dan kuning. Kepadatan titik 60 – 70% akan divisualisasikan dengan warna kuning. Kepadatan titik 50 – 60% akan divisualisasikan dengan warna hijau. Kepadatan titik 40 – 50% akan divisualisasikan dengan warna biru muda dan dibawah dari 40% akan divisualisasikan dengan warna biru. Semua warna tersebut bisa jadi tidak terlihat pada heatmap yang muncul karena terpengaruh warna yang lebih dominan. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Kepadatan Titik Pada Warna

Warna	Kepadatan titik
Merah	80 – 100%
Coklat	70 – 80%
Kuning	60 – 70%
Hijau	50 – 60%
Biru muda	40 – 50%
Biru	Dibawah 40%

Sumber dari (Suryanto, 2018)

Gambar 3.4 Jajaran warna *Heatmap*

Satu titik heatmap memiliki koordinat X dan Y yaitu *Longitude* dan *Latitude* dari peta. Sebenarnya satu titik memiliki semua elemen warna *heatmap*. Bisa dilihat pada Gambar 3.5 dalam 1 titik *heatmap* memiliki semua elemen warna *heatmap* dari warna paling panas sampai warna paling dingin. Warna panas berada dititik tengah dan semakin menjauhi titik tengah warna berubah menjadi semakin dingin.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	-3	-3	-2	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	-1	-1	-2	-3	-3
3	-3	-2	-1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0	-1	-2	-3
4	-2	-1	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	-1	-2
5	-1	0	1	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	2	1	0	-1
6	-1	0	1	2	3	4	5	5	5	5	5	4	3	2	1	0	-1
7	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	5	4	3	2	1	0
8	0	1	3	4	5	6	7	7	8	7	7	6	5	4	3	1	0
9	0	2	3	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5	4	3	2	0
10	1	2	3	4	5	6	8	9	10	9	8	6	5	4	3	2	1
11	0	2	3	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5	4	3	2	0
12	0	1	3	4	5	6	7	7	8	7	7	6	5	4	3	1	0
13	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	5	4	3	2	1	0
14	-1	0	1	2	3	4	5	5	5	5	5	4	3	2	1	0	-1
15	-1	0	1	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	2	1	0	-1
16	-2	-1	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	-1	-2
17	-3	-2	-1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0	-1	-2	-3
18	-3	-3	-2	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	-1	-1	-2	-3	-3

Gambar 3.5 Satu titik Heatmap

3.4 Pengujian Sistem

Rencana pengujian dibuat untuk mengevaluasi kinerja model berdasarkan hasil pelatihan yang dilakukan pada materi. Evaluasi dilakukan dengan mencari nilai parameter seperti presisi, akurasi dan *recall*. Pada penelitian ini, ada 2 rencana pengujian yaitu pengujian kalibrasi sensor dan pengujian akurasi pada metode.

Kalibrasi adalah proses penyesuaian atau penentuan ulang suatu perangkat atau instrumen pengukur agar dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan sesuai dengan standar atau nilai referensi yang telah ditetapkan. Dalam kalibrasi, perangkat atau instrumen pengukur diuji dan dibandingkan dengan standar yang sudah diketahui atau telah ditetapkan. Sedangkan, Akurasi adalah perbandingan prediksi yang benar, baik positif maupun negatif, dengan data lengkap pada saat pengujian.

3.4.1 Pengujian Kalibrasi Sensor

a. Sensor DHT22

Pengujian kalibrasi sensor DHT22 menggunakan beberapa formula untuk pembacaan pada alat uji. dimana akan dibandingkan antara alat uji dengan alat standar (Puspasari et al., 2020). Berikut formula nilai error :

$$Error = |nilai\ uji - nilai\ standar|$$

Dengan \bar{x} adalah nilai rata-rata, $x_1+x_2+x_3+\dots+x_n$ adalah data ke-n, Uji adalah nilai pembacaan pada alat uji, standar adalah nilai pembacaan pada alat standar.

b. Sensor Anemometer

Pengujian kalibrasi sensor Anemometer dapat dilakukan dengan cara menghubungkan instrumen ke rangkaian pengkondisi sinyal yang menunjukkan

nilai arah angin. Kemudian pegang atau pasang instrumen sehingga pusat rotasi baling-baling berada di tengah selebar kertas yang memiliki tanda silang 30° atau 45°. Posisikan instrumen sehingga lengan pemasangan berorientasi utara-selatan dengan baling-baling di utara dan anemometer di selatan (Riansyah, 2019). Berikut formula nilai error :

$$Error = |nilai\ uji - nilai\ standar|$$

c. Sensor GY-302 BH1750

Pengujian kalibrasi sensor dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai *lux* yang didapat pada sensor GY-302 BH1750 dengan salah satu alat ukur *luxmeter* yaitu *Lutron type LX-1108*. Dengan memanfaatkan cahaya yang telah diatur kecerahannya (Muryani & Sumariyah, 2020). Berikut formula nilai error :

$$Error = |nilai\ uji - nilai\ standar|$$

3.5 Analisa Hasil

Analisa hasil dalam metode penelitian merupakan tahap penting dalam proses penelitian yang bertujuan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan dalam penelitian. Analisis hasil dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis yang telah diajukan sebelumnya.

Pada tahap analisis hasil, data yang telah terkumpul akan diolah dan diinterpretasikan dengan menggunakan berbagai teknik analisis, seperti statistik deskriptif dan inferensial, pemodelan, pengolahan data kualitatif, dan sebagainya (Hulukati & Djibran, 2018).

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil dari uji coba atau pengujian serta pembahasan mengenai sistem rekomendasi jurusan berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah disebutkan pada BAB I sebelumnya. Hasil uji coba dan pembahasan yang telah dilaksanakan akan dijelaskan dengan adanya integrasi islam pada bab ini.

4.1 Penentuan Radius Akurasi Sensor

Pada tahapan ini, sensor akan diuji coba di beberapa titik untuk menghasilkan radius sensor dan titik-titik tersebut akan menjadi acuan pada peta *Heatmap*. Berikut hasil radius akurasi sensor :

Tabel 4.1 Data Radius Sensor

No	Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Longitude	Latitude
1	30,5833	71,9583	367,792	112,375	112.60630	-7.94843
2	30,6667	71,5833	320,458	194,458	112.60648	-7.94957
3	30,6667	71,5417	321,625	112,917	112.60662	-7.95030
4	30,25	73,2083	280,25	104,833	112.60745	-7.95034
5	30,2917	73,0833	301,458	160,5	112.60835	-7.95050
6	30,3333	72,9583	295,083	134,125	112.60819	-7.95133
7	30,4583	72,75	321,583	156,917	112.60748	-7.95153

No	Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Longitude	Latitude
8	30,5833	72,9167	380,625	215,75	112.60661	-7.95117
9	30,5	73	380,958	284,125	112.60678	-7.95204
10	30,5	73	365,125	137,083	112.6079	-7.95221
11	30,5	72,9167	437,167	154,25	112.60731	-7.95226
12	30,5313	72,875	408,792	166,583	112.60765	-7.95337

Dari hasil tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa radius akurasi sensor kurang lebih dari 150 m sampai dengan 200 m dan hasil titik untuk monitoring ada 12 titik, yaitu :

1. Ma'had putra
2. Pos satpam ma'had putra
3. Pertigaan barat mastar (utara menara)
4. Timur mastar
5. Barat pos satpam gerbang depan
6. Parkiran tangga besar timur gedung B
7. Taman barat gedung B
8. Pertigaan selatan tower radio
9. Belakang Gedung C
10. Lapangan UIN Malang
11. Jalan antara Gedung A dengan Gedung B
12. Pertigaan ma'had putri selatan Gedung Sports Center

4.2 Pengumpulan Data ke *Database Server*

Tahapan Pengumpulan data ke dalam *database* pada *server* terbagi menjadi 2 bagian, antara lain :

4.2.1 Pengambilan Data Sensor

Pada tahap ini, data sensor didapatkan melalui *box* rangkaian sistem. Dimana di dalam *box* rangkaian sistem terdapat beberapa modul diantaranya : *microcontroller* NodeMCU ESP8266, modul sensor DHT22, modul sensor GY-302 BH1750, dan modul sensor Anemometer. Berikut *pseudocode* pengambilan data untuk masing-masing sensor :

a. *Pseudocode* Sensor DHT22

```

MULAI
  Inisialisasi sensor DHT22
SELAMA True DO
  Membaca data dari sensor DHT22
  Jika berhasil membaca data THEN
    Simpan suhu dalam variabel suhu
    Simpan kelembaban dalam variabel kelembaban
    CETAK "Suhu: ", suhu, "°C"
    CETAK "Kelembaban: ", kelembaban, "%"
  ELSE
    CETAK "Gagal membaca sensor DHT22"
  END IF
  Tunggu beberapa detik (sesuai interval pembacaan)
SELESAI SELESAI

```

b. *Pseudocode* Sensor GY-302 BH1750

```

MULAI
  Inisialisasi komunikasi dengan sensor BH1750
  Setel mode pengukuran (misalnya, Mode Terus-menerus)
  SELAMA True DO
    Kirim perintah untuk mengukur cahaya
    Tunggu sebentar untuk sensor menyelesaikan pengukuran
    Baca nilai cahaya dari sensor
    Simpan nilai cahaya dalam variabel cahaya
    CETAK "Nilai Cahaya: ", cahaya, " Lux"
    Tunggu beberapa detik (sesuai interval pembacaan)
  SELESAI
SELESAI

```

c. *Pseudocode* Sensor Anemometer

```

MULAI
  Inisialisasi pin sensor anemometer sebagai input
  Inisialisasi variabel putaran_awal dan putaran_sekarang sebagai nol
  Inisialisasi waktu_awal sebagai waktu saat ini
  SELAMA True DO
    Baca nilai dari sensor anemometer
    Hitung jumlah putaran saat ini
    HITUNG waktu_sekarang sebagai waktu saat ini
    HITUNG waktu_lewat sebagai selisih waktu_sekarang dan waktu_awal
    HITUNG kecepatan_angin sebagai (putaran_sekarang - putaran_awal) / waktu_lewat
    CETAK "Kecepatan Angin: ", kecepatan_angin, " m/s"
    SETEL putaran_awal ke putaran_sekarang
    SETEL waktu_awal ke waktu_sekarang
    Tunggu beberapa detik (sesuai interval pembacaan)
  SELESAI
SELESAI

```

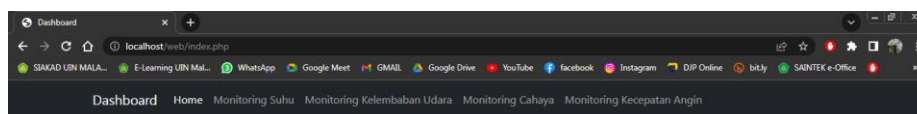
4.2.2 Pengiriman Data Sensor Ke *Database*

Pada tahap selanjutnya, data sensor akan dikirim oleh *box* rangkaian sistem. Dimana data akan masuk ke dalam *database* pada *server* yang akan diolah dan di tampilkan pada tahap selanjutnya.

4.3 Menampilkan Data pada Web

Tahapan selanjutnya adalah menampilkan data dan peta ke dalam web menggunakan web *local* yang sudah terkoneksi dengan *database* pada tahapan sebelumnya.

4.3.1 Tampilan *Dashboard*

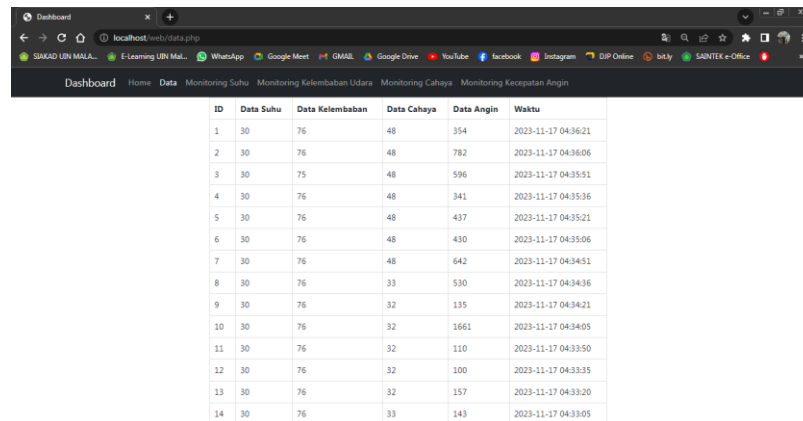


MONITORING URBAN HEAT ISLAND UIN MALIKI MALANG

sebuah sistem yang dirancang untuk memantau dan mengukur pola suhu yang ada di daerah perkotaan berdasarkan karakteristik lingkungan dan pola penggunaan lahan. Sistem monitoring UHI menggunakan data dan metode untuk mengukur suhu udara di daerah perkotaan. Data yang digunakan dapat meliputi pengukuran suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan intensitas cahaya. Selain itu, sistem ini juga menggunakan teknologi pemetaan dan analisis spasial untuk memahami karakteristik lingkungan dan penggunaan lahan yang mempengaruhi suhu udara di daerah perkotaan

Gambar 4.1 Tampilan *Dashboard*

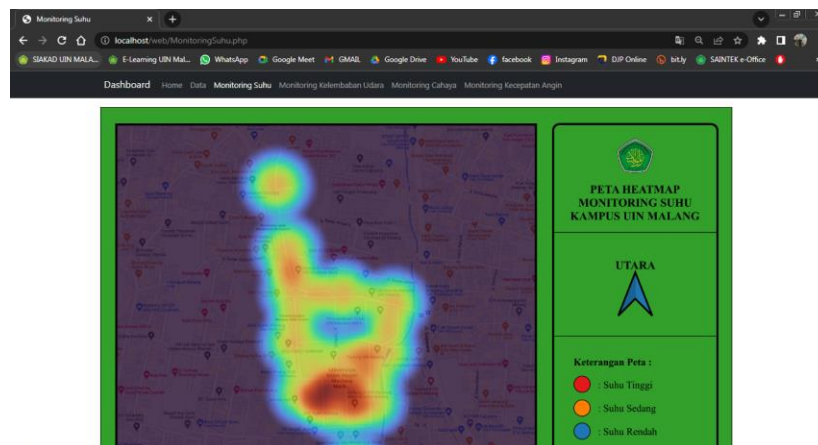
4.3.2 Tampilan Data Sensor



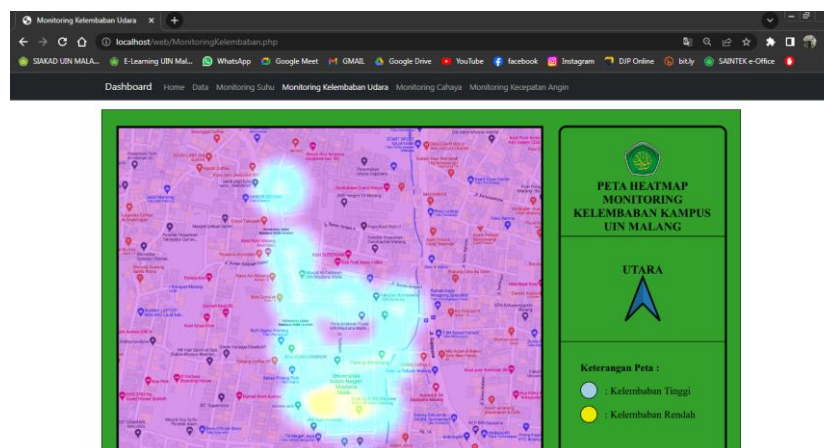
ID	Data Suhu	Data Kelembaban	Data Cahaya	Data Angin	Waktu
1	30	76	48	354	2023-11-17 04:36:21
2	30	76	48	782	2023-11-17 04:36:06
3	30	75	48	596	2023-11-17 04:35:51
4	30	76	48	341	2023-11-17 04:35:36
5	30	76	48	437	2023-11-17 04:35:21
6	30	76	48	430	2023-11-17 04:35:06
7	30	76	48	642	2023-11-17 04:34:51
8	30	76	33	530	2023-11-17 04:34:36
9	30	76	32	135	2023-11-17 04:34:21
10	30	76	32	1661	2023-11-17 04:34:05
11	30	76	32	110	2023-11-17 04:33:50
12	30	76	32	100	2023-11-17 04:33:35
13	30	76	32	157	2023-11-17 04:33:20
14	30	76	33	143	2023-11-17 04:33:05

Gambar 4.2 Tampilan Data Sensor

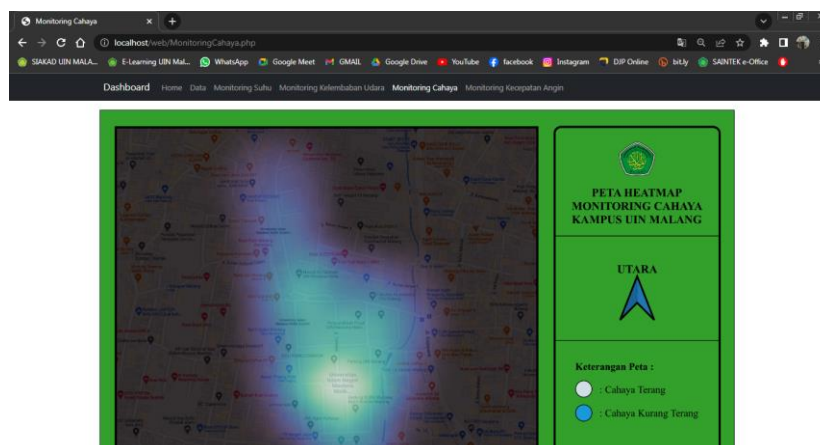
4.3.3 Tampilan Peta Monitoring



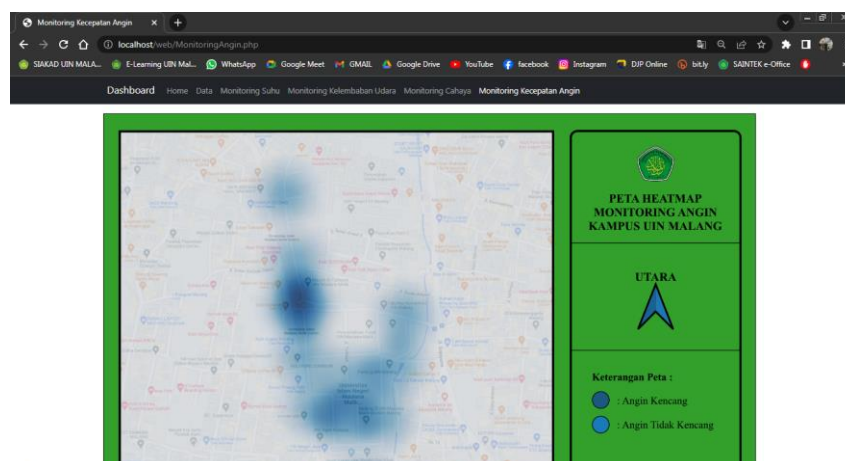
Gambar 4.3 Tampilan Monitoring Suhu



Gambar 4.4 Tampilan Monitoring Kelembaban Udara



Gambar 4.5 Tampilan *Monitoring* Intensitas Cahaya



Gambar 4.6 Tampilan *Monitoring* Kecepatan Angin

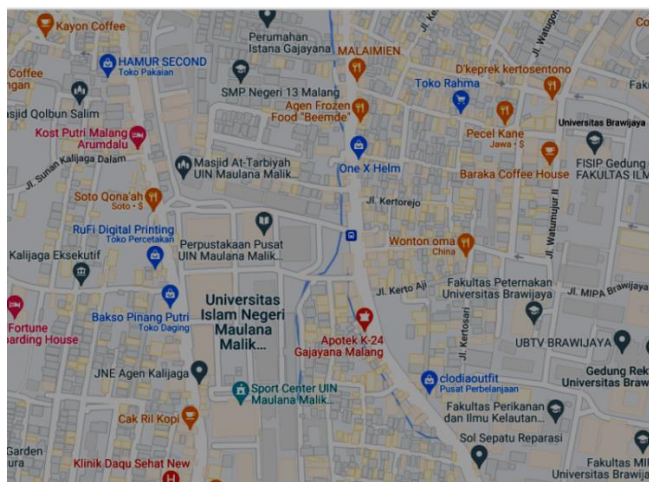
4.4 Konversi Data ke Peta *Heatmap*

Pada tahapan ini, data yang sudah masuk ke dalam *database* dan sudah ditampilkan pada web sederhana akan di konversi ke dalam file excell dengan format .csv yang digunakan untuk *import* data ke dalam peta *Heatmap*. Peta *Heatmap* dibuat dengan menggunakan *software* QGIS Dekstop 3.30.2. Berikut *index* warna dari *Heatmap* dan tampilan dari peta *Heatmap* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. :

Dari California Environmental Protection Agency (CalEPA) merilis alat peta panas perkotaan interaktif yang menunjukkan pulau-pulau panas di seluruh negara bagian California. Dengan menggunakan Google Earth, alat ini mengkodekan warna panas kota berdasarkan intensitasnya, dengan warna hijau pada suhu terendah, dan merah pada suhu tertinggi yang ditampilkan dalam tabel dibawah berikut ini :

Tabel 4.2 Index Warna Heatmap

Suhu	Warna
< 27	
27 - 28	
29 - 30	
> 30	



Gambar 4.7 Peta Kampus UIN Malang

a. Peta Titik *Monitoring*

Peta Titik *Monitoring* adalah titik-titik yang dihasilkan dari pengukuran radius tiap sensor terdiri dari 12 titik ditandai dengan titik warna hitam dan dijadikan tempat dilakukannya pengambilan data dari 4 sensor, yaitu : sensor suhu dan

kelembaban udara DHT22, sensor kecepatan angin Anemometer, dan sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750.



Gambar 4.8 Peta Titik *Monitoring* Kampus UIN Malang

b. Peta *Heatmap* Suhu

Peta *Heatmap* Suhu Kampus UIN Malang diambil dari 12 titik yang sudah di *monitoring* dan diambil data kemudian di konversi ke dalam warna. Dimana suhu tinggi ditandai dengan warna merah dan suhu rendah ditandai dengan warna biru. Berikut peta *Heatmap* Suhu Kampus UIN Malang :



Gambar 4.9 Peta *Heatmap* Suhu Kampus UIN Malang

c. Peta *Heatmap* Kelembaban Udara

Peta *Heatmap* Kelembaban Udara Kampus UIN Malang diambil dari 12 titik yang sudah di *monitoring* dan diambil data kemudian di konversi ke dalam warna. Dimana kelembaban tinggi ditandai dengan warna biru dan kelembaban rendah ditandai dengan warna kuning. Berikut peta *Heatmap* Kelembaban Udara Kampus UIN Malang :



Gambar 4.10 Peta *Heatmap* Kelembaban Kampus UIN Malang

d. Peta *Heatmap* Intensitas Cahaya

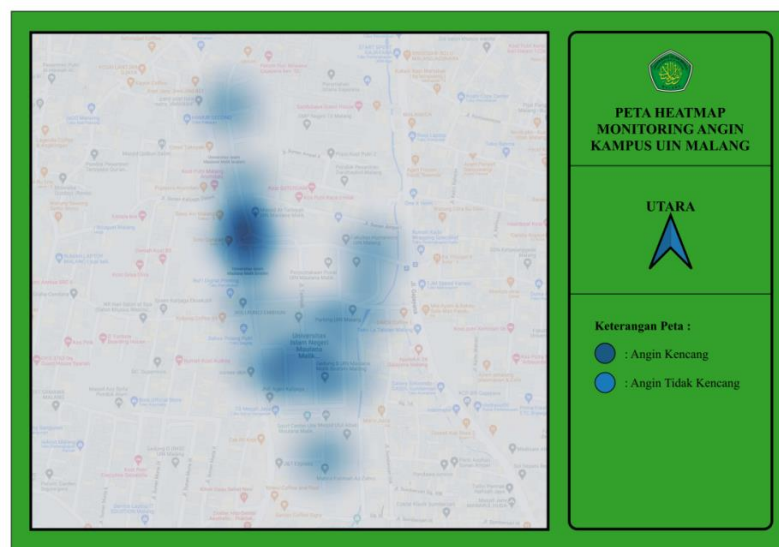
Peta *Heatmap* Intensitas Cahaya Kampus UIN Malang diambil dari 12 titik yang sudah di *monitoring* dan diambil data kemudian di konversi ke dalam warna. Dimana cahaya terang ditandai dengan warna biru aqua dan cahaya kurang terang ditandai dengan warna biru cerah. Berikut peta *Heatmap* Intensitas Cahaya Kampus UIN Malang :



Gambar 4.11 Peta *Heatmap* Intensitas Cahaya Kampus UIN Malang

e. Peta *Heatmap* Kecepatan Angin

Peta *Heatmap* Kecepatan Angin Kampus UIN Malang diambil dari 12 titik yang sudah di *monitoring* dan diambil data kemudian di konversi ke dalam warna. Dimana angin kencang ditandai dengan warna biru tua dan angin tidak kencang ditandai dengan warna biru muda. Berikut peta *Heatmap* Kecepatan Angin Kampus UIN Maliki Malang :



Gambar 4.12 Peta *Heatmap* Kecepatan Angin Kampus UIN Malang

4.5 Skenario Uji Coba

Skenario pengujian atau uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model berdasarkan hasil pelatihan yang dilakukan pada materi. Ada 2 langkah pengujian diantaranya :

4.5.1 Pengujian Kalibrasi Sensor

Pada tahapan kalibrasi sensor, perangkat atau instrumen pengukur diuji dan dibandingkan dengan standar yang sudah diketahui atau telah ditetapkan. Dimana sudah ada beberapa formula yang dapat digunakan untuk pengujian sensor.

a. Sensor Suhu DHT22

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= |30,5313 - 31| \\ &= |30,5313 - 31| = |-0,4687| = 0,4687 \end{aligned}$$

b. Sensor Kelembaban Udara DHT22

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= |\text{Nilai Uji} - \text{Nilai Standar}| \\ &= |72,6493 - 75| = |-2,3507| = 2,3507 \end{aligned}$$

c. Sensor Cahaya GY-302 BH1750

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= |\text{Nilai Uji} - \text{Nilai Standar}| \\ &= |348,41 - 350| = |-1,59| = 1,59 \end{aligned}$$

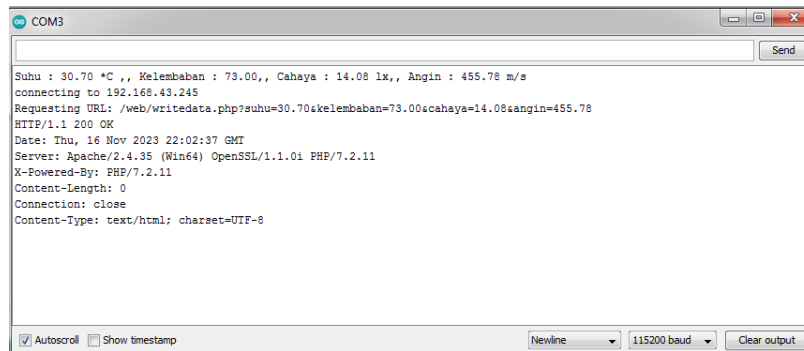
d. Sensor Angin Anemometer

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= |\text{Nilai Uji} - \text{Nilai Standar}| \\ &= |161,16 - 160| = |1,16| = 1,16 \end{aligned}$$

4.5.2 Pengujian Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data dilakukan pada rangkaian sistem. Dimana data sensor akan dikirim dari rangkaian sistem menuju *database* pada *server*. Berikut rangkaian beserta hasil *output*nya :

a. Output Serial Monitor Arduino IDE



```
COM3
Suhu : 30.70 *C ,, Melembaban : 73.00,, Cahaya : 14.08 lx,, Angin : 455.78 m/s
connecting to 192.168.43.245
Requesting URL: /web/writedata.php?suhu=30.70&kelembaban=73.00&cahaya=14.08&angin=455.78
HTTP/1.1 200 OK
Date: Thu, 16 Nov 2023 22:02:37 GMT
Server: Apache/2.4.35 (Win64) OpenSSL/1.1.0i PHP/7.2.11
X-Powered-By: PHP/7.2.11
Content-Length: 0
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
```

Gambar 4.13 Output Serial Monitor Arduino IDE

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa *output* data dari sensor akan dikirim ke dalam *database* pada *server* dan ditampilkan ke dalam web.

b. Rangkaian Alat Monitoring



Gambar 4.14 Rangkaian Alat Monitoring

Pada gambar 4.14, rangkaian alat *monitoring* terdiri dari rangkaian sensor, sensor suhu dan kelembaban DHT22, sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750, sensor kecepatan angin Anemometer.

4.6 Hasil Uji Coba

Hasil uji coba pengambilan data pada sensor beserta pengiriman data ke dalam *server* akan ditampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3 Data Sensor Pagi Hari

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
33	61	329	207	10/11/2023 7:05	1
33	61	306	77	10/11/2023 7:10	
31	68	249	115	11/11/2023 7:05	
31	68	249	87	11/11/2023 7:10	
29	81	38	89	12/11/2023 7:05	
29	81	46	83	12/11/2023 7:10	
33	61	303	88	10/11/2023 7:15	2
33	61	303	98	10/11/2023 7:20	
31	68	248	231	11/11/2023 7:15	
31	68	251	105	11/11/2023 7:20	
29	80	39	84	12/11/2023 7:15	
29	80	39	68	12/11/2023 7:20	
33	62	303	88	10/11/2023 7:25	3
33	62	303	101	10/11/2023 7:30	
31	68	249	89	11/11/2023 7:25	
31	68	249	70	11/11/2023 7:30	
29	80	38	71	12/11/2023 7:25	
29	80	39	74	12/11/2023 7:30	
33	63	303	85	10/11/2023 7:35	4
33	63	298	81	10/11/2023 7:40	
31	68	248	107	11/11/2023 7:35	
31	67	249	92	11/11/2023 7:40	
29	80	39	80	12/11/2023 7:35	
29	80	46	67	12/11/2023 7:40	
33	62	326	107	10/11/2023 7:45	5
33	62	329	85	10/11/2023 7:50	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
31	67	248	83	11/11/2023 7:45	
31	67	249	393	11/11/2023 7:50	
29	80	39	77	12/11/2023 7:45	
29	80	40	484	12/11/2023 7:50	
33	62	306	83	10/11/2023 7:55	6
33	62	306	221	10/11/2023 8:00	
31	67	249	84	11/11/2023 7:55	
32	67	249	96	11/11/2023 8:00	
29	80	39	83	12/11/2023 7:55	
29	80	46	74	12/11/2023 8:00	
32	62	303	96	10/11/2023 8:05	7
33	62	303	95	10/11/2023 8:10	
32	66	248	128	11/11/2023 8:05	
32	66	248	84	11/11/2023 8:10	
29	80	40	82	12/11/2023 8:05	
29	79	40	86	12/11/2023 8:10	
33	62	332	79	10/11/2023 8:15	8
33	63	311	120	10/11/2023 8:20	
32	66	248	74	11/11/2023 8:15	
32	66	248	115	11/11/2023 8:20	
29	79	40	89	12/11/2023 8:15	
29	79	45	75	12/11/2023 8:20	
33	63	316	135	10/11/2023 8:25	9
33	63	318	136	10/11/2023 8:30	
32	67	278	137	11/11/2023 8:25	
32	67	248	684	11/11/2023 8:30	
29	79	40	87	12/11/2023 8:25	
29	79	40	65	12/11/2023 8:30	
32	64	282	42	10/11/2023 8:35	10
32	64	282	60	10/11/2023 8:40	
32	66	274	84	11/11/2023 8:35	
32	66	87	109	11/11/2023 8:40	
29	79	40	70	12/11/2023 8:35	
29	79	38	75	12/11/2023 8:40	
32	64	356	55	10/11/2023 8:45	11
32	65	282	68	10/11/2023 8:50	
32	67	661	38	11/11/2023 8:45	
32	67	763	48	11/11/2023 8:50	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
29	79	38	54	12/11/2023 8:45	
29	79	39	77	12/11/2023 8:50	
32	65	282	52	10/11/2023 8:55	12
32	64	294	74	10/11/2023 9:00	
32	66	776	51	11/11/2023 8:55	
32	66	642	50	11/11/2023 9:00	
29	79	39	76	12/11/2023 8:55	
29	79	40	86	12/11/2023 9:00	

Tabel 4.4 Data Sensor Siang Hari

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
32	64	296	86	10/11/2023 11:05	1
32	64	276	73	10/11/2023 11:10	
32	65	651	62	11/11/2023 11:05	
32	65	642	67	11/11/2023 11:10	
29	79	41	79	12/11/2023 11:05	
29	79	41	81	12/11/2023 11:10	
33	64	276	55	10/11/2023 11:15	2
33	64	296	56	10/11/2023 11:20	
32	65	642	29	11/11/2023 11:15	
32	65	661	30	11/11/2023 11:20	
29	79	41	85	12/11/2023 11:15	
29	78	42	87	12/11/2023 11:20	
33	64	274	60	10/11/2023 11:25	3
33	64	274	45	10/11/2023 11:30	
32	65	661	45	11/11/2023 11:25	
32	65	661	32	11/11/2023 11:30	
29	78	41	94	12/11/2023 11:25	
29	78	41	64	12/11/2023 11:30	
33	64	294	38	10/11/2023 11:35	4
33	64	272	68	10/11/2023 11:40	
32	65	661	52	11/11/2023 11:35	
32	65	681	37	11/11/2023 11:40	
29	78	42	74	12/11/2023 11:35	
29	78	42	68	12/11/2023 11:40	
33	64	272	64	10/11/2023 11:45	5
33	64	157	38	10/11/2023 11:50	
32	65	803	43	11/11/2023 11:45	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
32	65	681	53	11/11/2023 11:50	
29	78	42	75	12/11/2023 11:45	
29	78	42	85	12/11/2023 11:50	
33	64	661	43	10/11/2023 11:55	6
33	64	270	46	10/11/2023 12:00	
32	64	681	42	11/11/2023 11:55	
32	64	681	39	11/11/2023 12:00	
29	78	42	73	12/11/2023 11:55	
29	78	42	82	12/11/2023 12:00	
33	64	272	53	10/11/2023 12:05	
33	63	1199	62	10/11/2023 12:10	7
32	64	681	52	11/11/2023 12:05	
32	64	789	58	11/11/2023 12:10	
29	78	48	77	12/11/2023 12:05	
29	78	42	180	12/11/2023 12:10	
33	66	1502	123	10/11/2023 12:15	8
32	66	1456	99	10/11/2023 12:20	
32	64	681	63	11/11/2023 12:15	
33	64	681	39	11/11/2023 12:20	
29	78	43	54	12/11/2023 12:15	
29	78	42	148	12/11/2023 12:20	
32	67	1456	132	10/11/2023 12:25	9
32	68	1372	2681	10/11/2023 12:30	
33	63	750	48	11/11/2023 12:25	
33	63	714	63	11/11/2023 12:30	
29	78	43	56	12/11/2023 12:25	
29	78	42	65	12/11/2023 12:30	10
32	68	1372	143	10/11/2023 12:35	
32	68	1372	99	10/11/2023 12:40	
33	63	714	48	11/11/2023 12:35	
33	63	681	66	11/11/2023 12:40	
29	78	43	62	12/11/2023 12:35	
29	78	35	57	12/11/2023 12:40	11
32	68	1372	87	10/11/2023 12:45	
32	69	1372	86	10/11/2023 12:50	
33	63	833	75	11/11/2023 12:45	
33	63	681	54	11/11/2023 12:50	
29	78	35	60	12/11/2023 12:45	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
29	78	43	60	12/11/2023 12:50	12
32	69	1372	95	10/11/2023 12:55	
32	69	1372	51	10/11/2023 13:00	
33	62	681	49	11/11/2023 12:55	
33	63	681	46	11/11/2023 13:00	
29	78	43	239	12/11/2023 12:55	
29	78	43	70	12/11/2023 13:00	

Tabel 4.5 Data Sensor Sore Hari

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
32	69	1372	94	10/11/2023 15:05	1
32	69	1372	81	10/11/2023 15:10	
31	70	545	52	11/11/2023 15:05	
31	69	552	91	11/11/2023 15:10	
29	77	42	64	12/11/2023 15:05	
29	77	43	75	12/11/2023 15:10	
32	69	1372	75	10/11/2023 15:15	2
32	69	1372	90	10/11/2023 15:20	
31	69	560	75	11/11/2023 15:15	
31	69	560	246	11/11/2023 15:20	
29	77	44	56	12/11/2023 15:15	
29	77	44	165	12/11/2023 15:20	
32	69	1372	62	10/11/2023 15:25	3
32	69	1372	79	10/11/2023 15:30	
31	69	560	181	11/11/2023 15:25	
31	68	560	162	11/11/2023 15:30	
29	77	44	173	12/11/2023 15:25	
29	77	80	65	12/11/2023 15:30	
31	69	1372	102	10/11/2023 15:35	4
31	69	1372	107	10/11/2023 15:40	
27	86	35	68	11/11/2023 15:35	
27	86	31	44	11/11/2023 15:40	
29	77	51	150	12/11/2023 15:35	
29	77	52	277	12/11/2023 15:40	
31	69	1372	69	10/11/2023 15:45	5
31	70	1846	104	10/11/2023 15:50	
27	86	36	73	11/11/2023 15:45	
27	86	32	83	11/11/2023 15:50	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
29	77	46	575	12/11/2023 15:45	
30	76	44	249	12/11/2023 15:50	
31	70	1372	130	10/11/2023 15:55	6
31	70	1372	100	10/11/2023 16:00	
27	85	38	80	11/11/2023 15:55	
27	85	33	89	11/11/2023 16:00	
29	77	31	376	12/11/2023 15:55	
30	77	31	572	12/11/2023 16:00	
31	70	1372	94	10/11/2023 16:05	7
31	71	1372	94	10/11/2023 16:10	
28	85	33	82	11/11/2023 16:05	
28	85	32	70	11/11/2023 16:10	
30	76	31	532	12/11/2023 16:05	
30	76	31	883	12/11/2023 16:10	
31	71	1372	74	10/11/2023 16:15	8
31	71	1372	119	10/11/2023 16:20	
28	85	33	75	11/11/2023 16:15	
28	85	33	79	11/11/2023 16:20	
30	76	31	780	12/11/2023 16:15	
30	76	31	454	12/11/2023 16:20	
31	71	1372	79	10/11/2023 16:25	9
31	71	1372	82	10/11/2023 16:30	
28	84	34	67	11/11/2023 16:25	
28	85	34	73	11/11/2023 16:30	
30	76	31	165	12/11/2023 16:25	
30	76	31	139	12/11/2023 16:30	
31	71	1372	105	10/11/2023 16:35	10
31	70	1372	100	10/11/2023 16:40	
28	84	34	72	11/11/2023 16:35	
28	84	35	105	11/11/2023 16:40	
30	76	31	144	12/11/2023 16:35	
30	76	31	159	12/11/2023 16:40	
31	70	1846	76	10/11/2023 16:45	11
31	70	1372	23	10/11/2023 16:50	
28	84	35	275	11/11/2023 16:45	
28	84	35	400	11/11/2023 16:50	
30	76	31	170	12/11/2023 16:45	
30	76	31	166	12/11/2023 16:50	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
31	70	1372	103	10/11/2023 16:55	12
31	71	1372	95	10/11/2023 17:00	
28	83	35	429	11/11/2023 16:55	
28	83	35	149	11/11/2023 17:00	
30	76	32	168	12/11/2023 16:55	
30	76	31	160	12/11/2023 17:00	

Tabel 4.6 Data Sensor Malam Hari

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
31	71	1372	113	10/11/2023 18:05	1
31	71	231	77	10/11/2023 18:10	
28	83	35	89	11/11/2023 18:05	
28	83	35	99	11/11/2023 18:10	
30	76	32	216	12/11/2023 18:05	
30	76	32	189	12/11/2023 18:10	
31	69	230	60	10/11/2023 18:15	2
31	68	233	114	10/11/2023 18:20	
28	83	35	91	11/11/2023 18:15	
28	83	36	1914	11/11/2023 18:20	
30	76	32	174	12/11/2023 18:15	
30	76	32	171	12/11/2023 18:20	
31	68	231	131	10/11/2023 18:25	3
31	68	231	103	10/11/2023 18:30	
28	83	36	103	11/11/2023 18:25	
28	83	36	86	11/11/2023 18:30	
30	76	32	186	12/11/2023 18:25	
30	76	32	129	12/11/2023 18:30	
31	71	258	27	10/11/2023 18:35	4
31	71	244	82	10/11/2023 18:40	
28	82	36	79	11/11/2023 18:35	
28	82	36	73	11/11/2023 18:40	
30	76	32	126	12/11/2023 18:35	
30	76	32	97	12/11/2023 18:40	
31	72	246	76	10/11/2023 18:45	5
31	70	249	75	10/11/2023 18:50	
28	82	36	89	11/11/2023 18:45	
28	82	36	66	11/11/2023 18:50	
30	76	32	181	12/11/2023 18:45	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
30	76	32	162	12/11/2023 18:50	
31	71	248	83	10/11/2023 18:55	6
31	70	248	72	10/11/2023 19:00	
28	82	36	69	11/11/2023 18:55	
28	82	36	74	11/11/2023 19:00	
30	76	33	143	12/11/2023 18:55	
30	76	32	157	12/11/2023 19:00	
31	71	248	77	10/11/2023 19:05	
31	71	248	91	10/11/2023 19:10	
28	82	37	78	11/11/2023 19:05	
28	81	37	87	11/11/2023 19:10	
30	76	32	100	12/11/2023 19:05	
30	76	32	110	12/11/2023 19:10	
31	70	248	90	10/11/2023 19:15	8
31	70	248	64	10/11/2023 19:20	
28	81	37	63	11/11/2023 19:15	
29	82	37	62	11/11/2023 19:20	
30	76	32	1661	12/11/2023 19:15	
30	76	32	135	12/11/2023 19:20	
31	70	248	130	10/11/2023 19:25	9
31	70	249	91	10/11/2023 19:30	
29	81	37	78	11/11/2023 19:25	
29	81	37	83	11/11/2023 19:30	
30	76	33	530	12/11/2023 19:25	
30	76	48	642	12/11/2023 19:30	
31	70	249	85	10/11/2023 19:35	10
31	70	248	115	10/11/2023 19:40	
29	81	37	87	11/11/2023 19:35	
29	82	38	74	11/11/2023 19:40	
30	76	48	430	12/11/2023 19:35	
30	76	48	437	12/11/2023 19:40	
31	69	248	104	10/11/2023 19:45	11
31	69	249	100	10/11/2023 19:50	
29	81	37	85	11/11/2023 19:45	
29	80	37	89	11/11/2023 19:50	
30	76	48	341	12/11/2023 19:45	
30	75	48	596	12/11/2023 19:50	
31	69	248	116	10/11/2023 19:55	

Suhu	Kelembaban	Cahaya	Angin	Waktu	Titik Monitoring
31	69	249	108	10/11/2023 20:00	12
29	81	38	75	11/11/2023 19:55	
29	81	38	70	11/11/2023 20:00	
30	76	48	782	12/11/2023 19:55	
30	76	48	354	12/11/2023 20:00	

4.7 Pembahasan

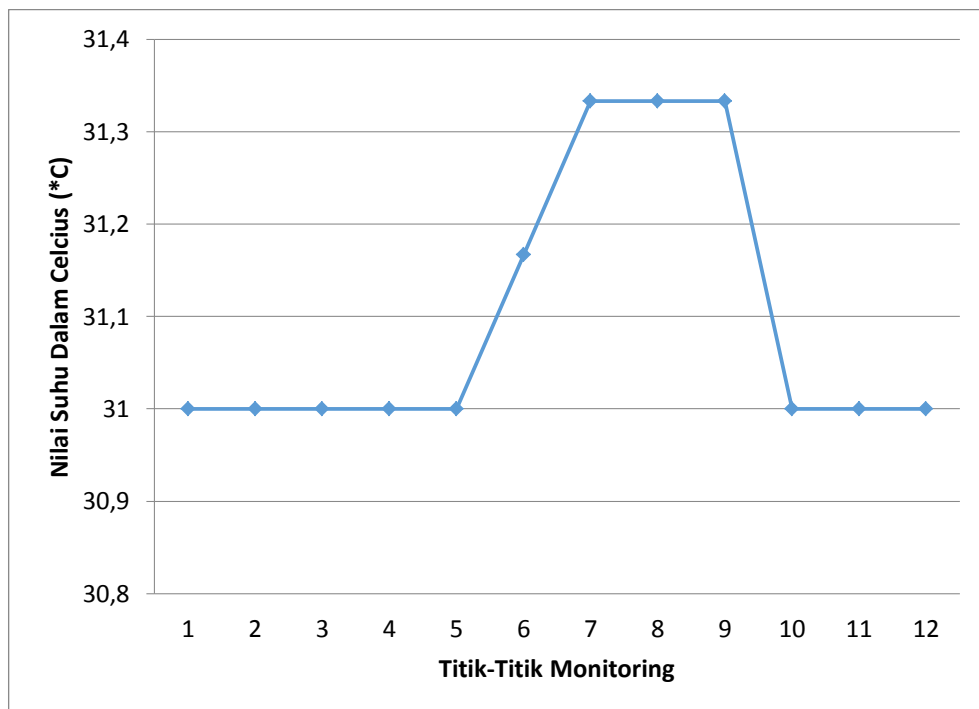
Hasil dari pembangunan sistem monitoring Urban Heat Island adalah berbasis Internet of Things, yang mana pada proses membangunnya menggunakan platform software Arduino IDE, Visual Studio Code, dan QGIS Dekstop yang menerapkan bahasa pemrograman C++, Php, dan Css. Pada sistem monitoring ini digunakan nilai dari tiap-tiap sensor untuk mendapatkan hasil monitoring yang nantinya akan divisualisasikan ke dalam sebuah peta. Dimana peta yang digunakan memiliki 12 titik koordinat utama sebagai acuan dari monitoring Urban Heat Island.

Pengukuran nilai error pada masing-masing sensor antara lain : sensor suhu DHT22 memiliki nilai error sebesar 0,4687, sensor kelembaban udara DHT22 memiliki nilai error sebesar 2,3507, sensor intensitas cahaya GY-302 BH1750 memiliki nilai error sebesar 1,59, sensor kecepatan angin Anemometer memiliki nilai error sebesar 1,16. Dari peta Heatmap didapatkan hasil bahwasanya pengambilan nilai dari tiap-tiap sensor dengan menggunakan Internet of Things dan juga memvisualisasikan nilai-nilai tersebut ke dalam peta Heatmap dapat memberikan kemudahan dalam memahami nilai dari tiap-tiap sensor yang sudah di konversi ke dalam bentuk warna.

4.8 Analisa Hasil

Pada tahapan ini, akan dilakukan analisa dari hasil data suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kecepatan angin dalam bentuk grafik sebagai berikut :

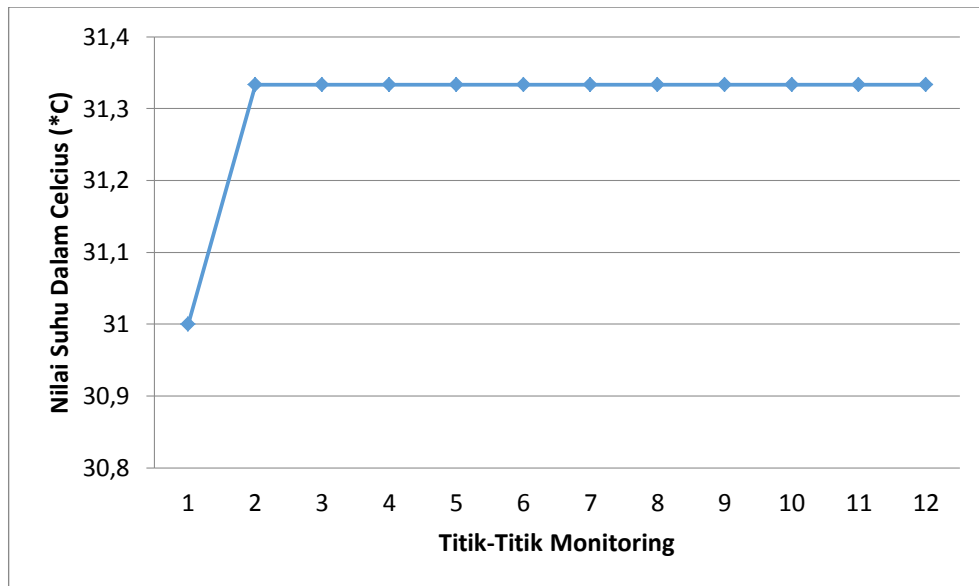
a. Grafik Data Suhu Pagi Hari



Gambar 4.15 Grafik Data Suhu Pagi Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data suhu di pagi hari dalam rentang suhu 31 derajat celcius sampai dengan suhu 31,3333 derajat celcius. Suhu tertinggi berada pada titik nomer 7, 8, 9 dan suhu terendah berada pada titik nomer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12.

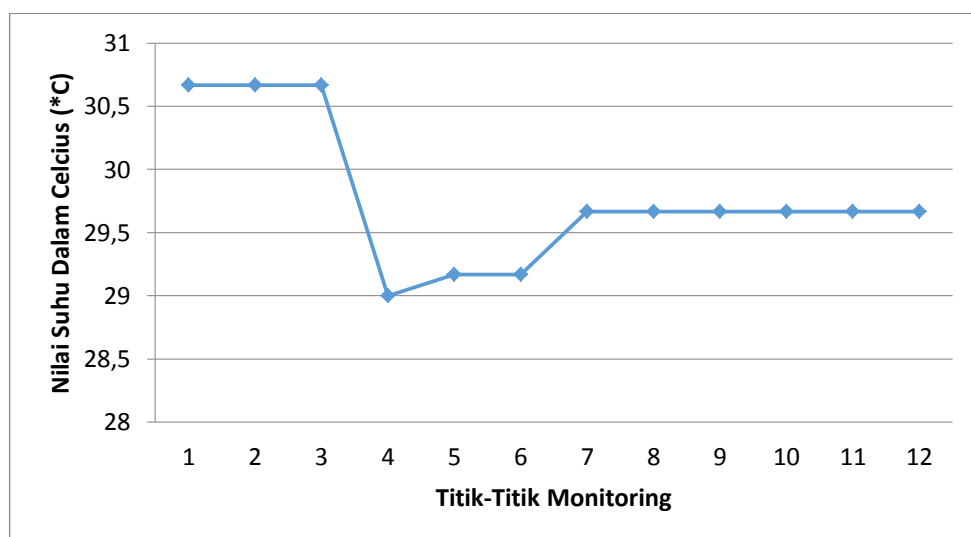
b. Grafik Data Suhu Siang Hari



Gambar 4.16 Grafik Data Suhu Siang Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data suhu di siang hari dalam rentang suhu 31 derajat celcius sampai dengan suhu 31,3333 derajat celcius. Suhu tertinggi berada pada titik nomer 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 dan suhu terendah berada pada titik nomer 1.

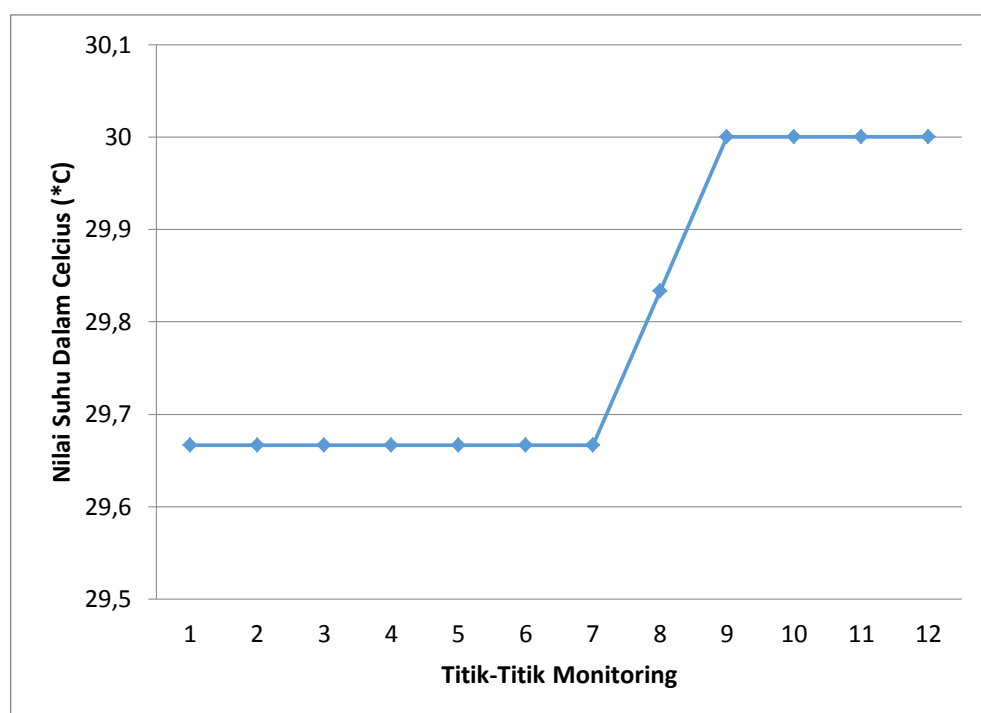
c. Grafik Data Suhu Sore Hari



Gambar 4.17 Grafik Data Suhu Sore Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data suhu di sore hari dalam rentang suhu 29 derajat celcius sampai dengan suhu 30,6667 derajat celcius. Suhu tertinggi berada pada titik nomer 1, 2, 3 dan suhu terendah berada pada titik nomer 4.

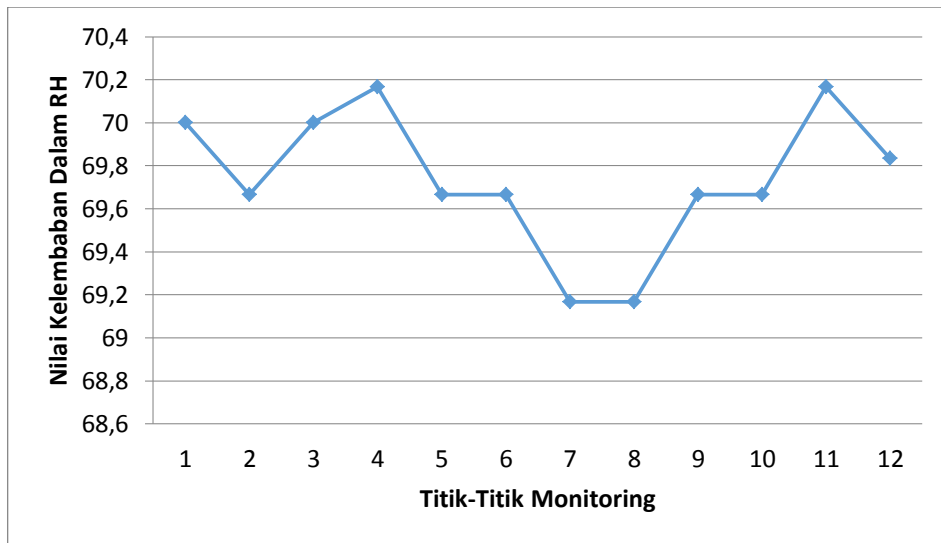
d. Grafik Data Suhu Malam Hari



Gambar 4.18 Grafik Data Suhu Malam Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data suhu di malam hari dalam rentang suhu 29,667 derajat celcius sampai dengan suhu 30 derajat celcius. Suhu tertinggi berada pada titik nomer 10, 11, 12 dan suhu terendah berada pada titik nomer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

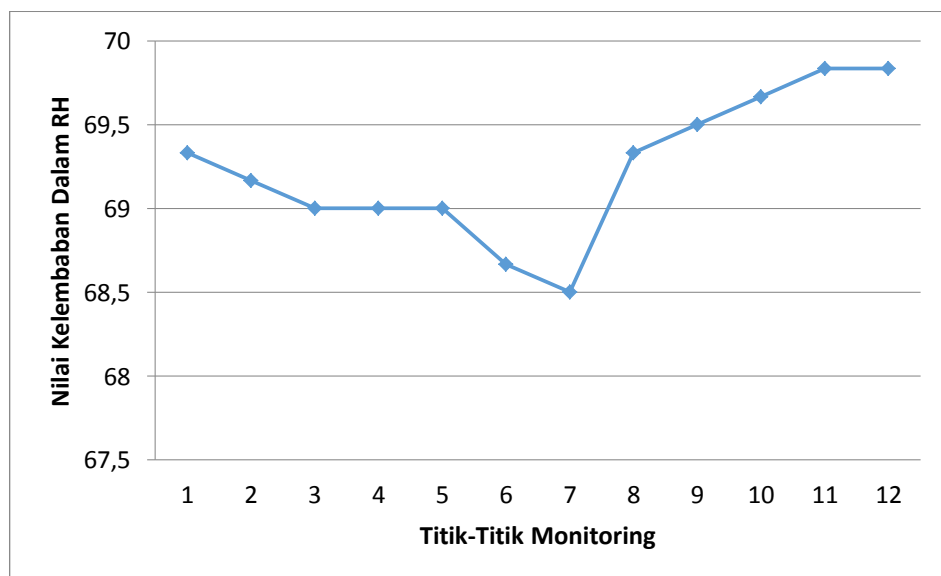
e. Grafik Data Kelembaban Udara Pagi Hari



Gambar 4.19 Grafik Data Kelembaban Udara Pagi Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kelembaban udara di pagi hari dalam rentang kelembaban 69,1667 sampai dengan kelembaban 70,1667. Kelembaban tertinggi berada pada titik nomer 4, 11 dan kelembaban terendah berada pada titik nomer 7, 8.

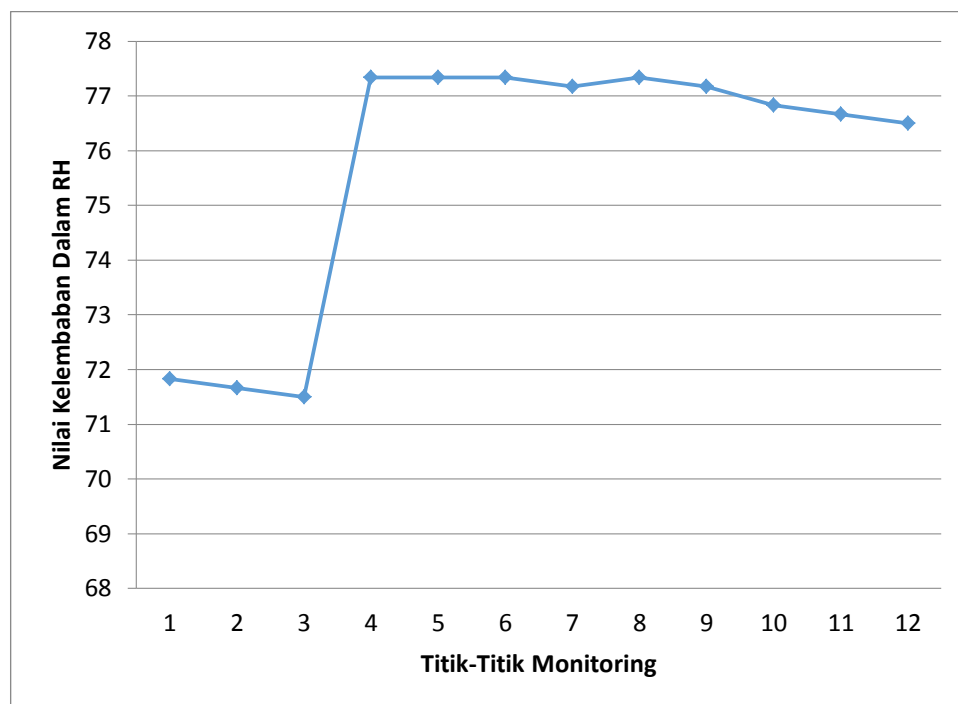
f. Grafik Data Kelembaban Udara Siang Hari



Gambar 4.20 Grafik Data Kelembaban Udara Siang Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kelembaban udara di siang hari dalam rentang kelembaban 68,5 sampai dengan kelembaban 69,8333. Kelembaban tertinggi berada pada titik nomer 11, 12 dan kelembaban terendah berada pada titik nomer 7.

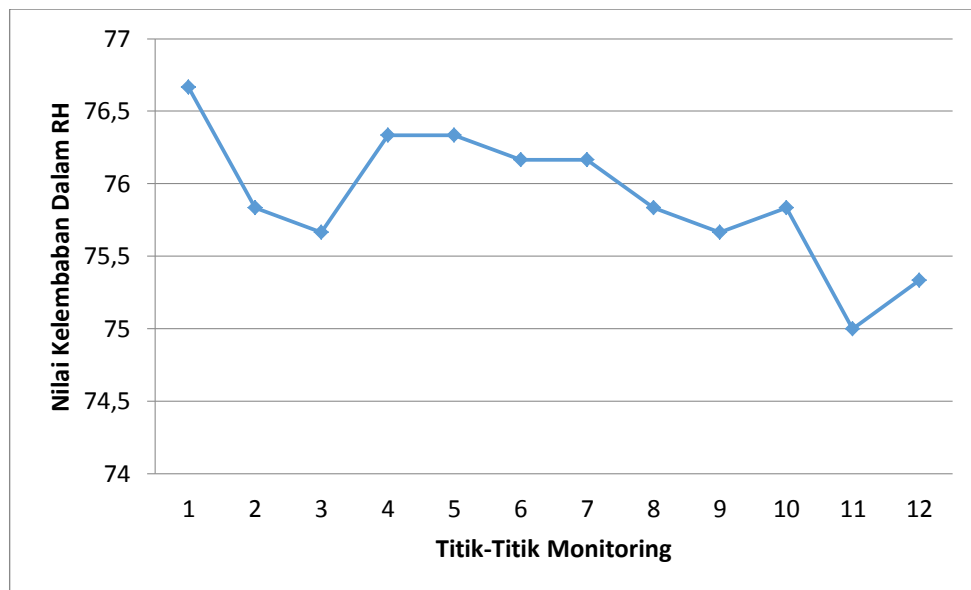
g. Grafik Data Kelembaban Udara Sore Hari



Grafik 4. 21 Grafik Data Kelembaban Udara Sore Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kelembaban udara di sore hari dalam rentang kelembaban 71,5 sampai dengan kelembaban 77,3333. Kelembaban tertinggi berada pada titik nomer 4, 5, 6 dan kelembaban terendah berada pada titik nomer 3.

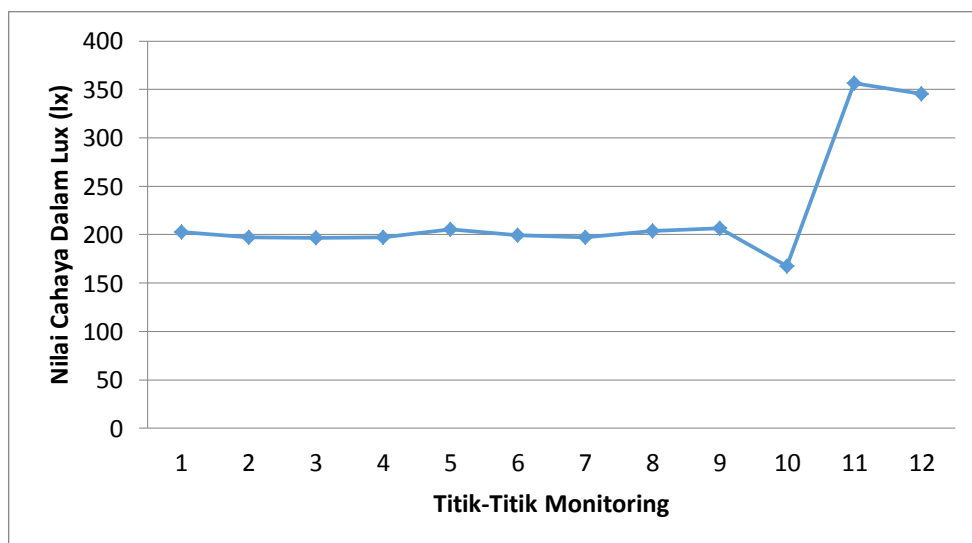
h. Grafik Data Kelembaban Udara Malam Hari



Gambar 4.22 Grafik Data Kelembaban Udara Malam Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kelembaban udara di malam hari dalam rentang kelembaban 75 sampai dengan kelembaban 76,6667. Kelembaban tertinggi berada pada titik nomer 1 dan kelembaban terendah berada pada titik nomer 11.

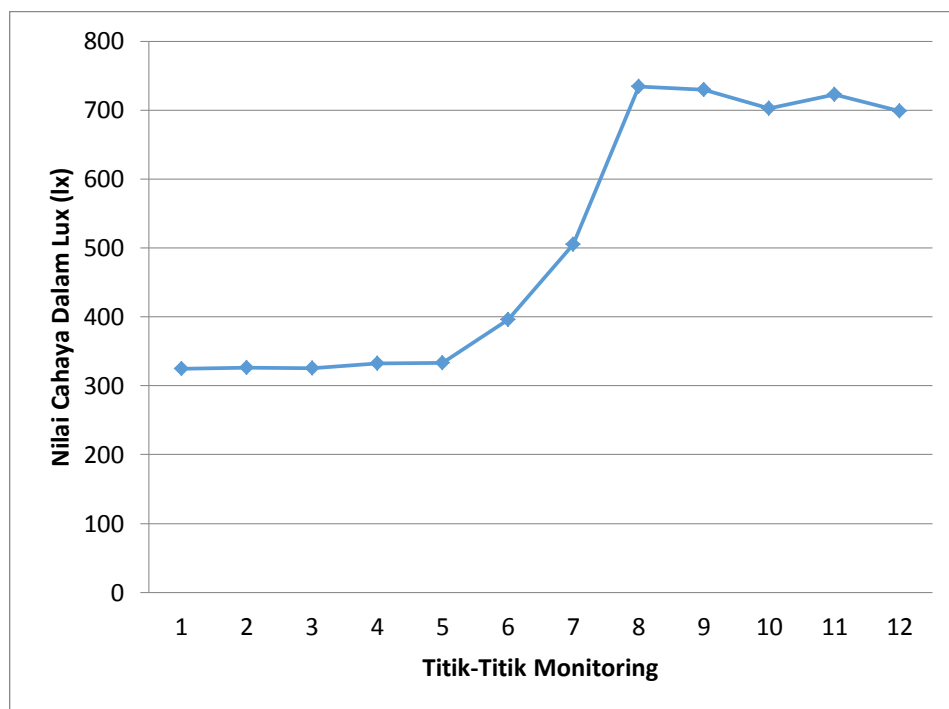
i. Grafik Data Intensitas Cahaya Pagi Hari



Gambar 4.23 Grafik Data Intensitas Cahaya Pagi Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data intensitas di pagi hari dalam rentang cahaya 167,167 *lux* sampai dengan cahaya 356,5 *lux*. Cahaya tertinggi berada pada titik nomer 11 dan cahaya terendah berada pada titik nomer 10.

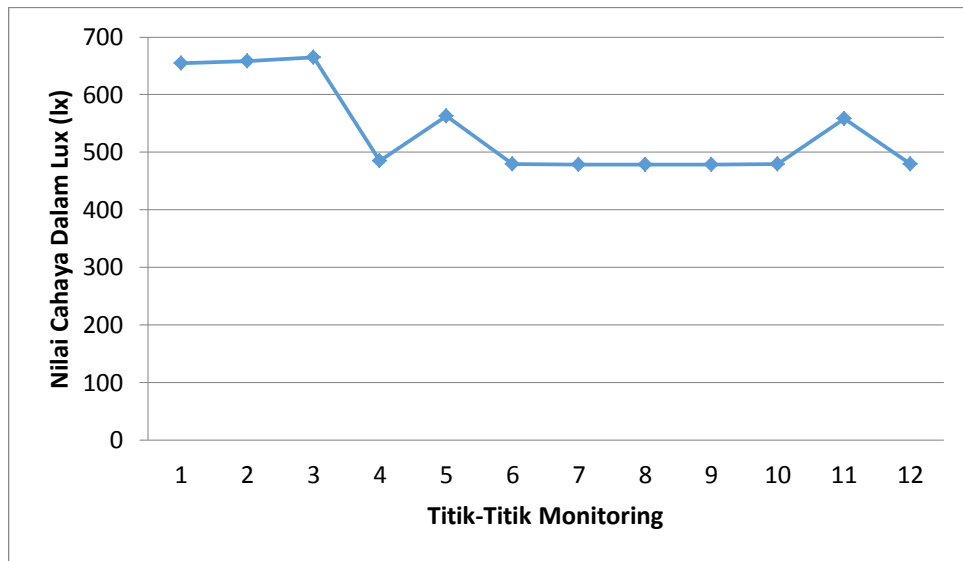
j. Grafik Data Intensitas Cahaya Siang Hari



Gambar Grafik 4.24 Grafik Data Intensitas Cahaya Siang Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data intensitas di siang hari dalam rentang cahaya 324,5 *lux* sampai dengan cahaya 734,167 *lux*. Cahaya tertinggi berada pada titik nomer 8 dan cahaya terendah berada pada titik nomer 1.

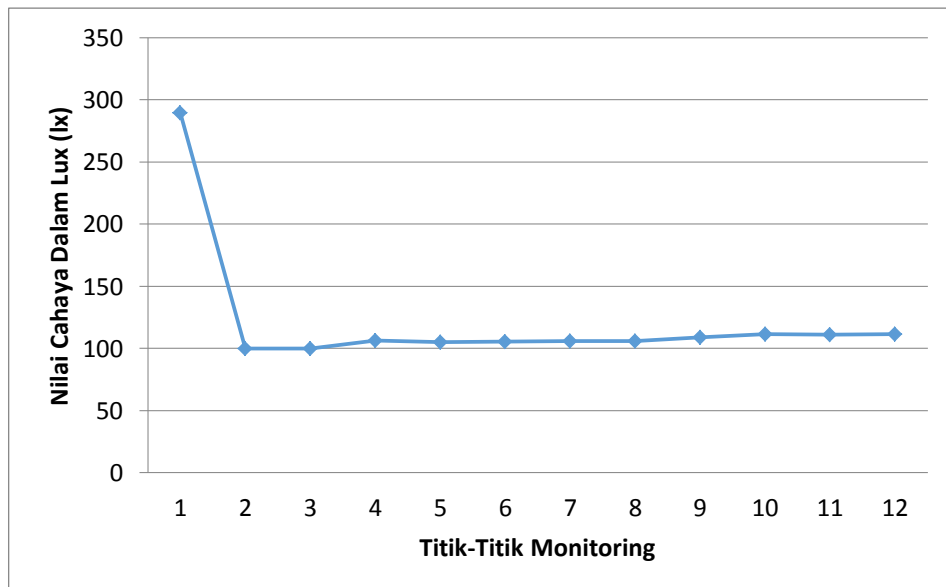
k. Grafik Data Intensitas Cahaya Sore Hari



Gambar 4.25 Grafik Data Intensitas Cahaya Sore Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data intensitas di sore hari dalam rentang cahaya 478,5 lux sampai dengan cahaya 664,667 lux. Cahaya tertinggi berada pada titik nomer 3 dan cahaya terendah berada pada titik nomer 7.

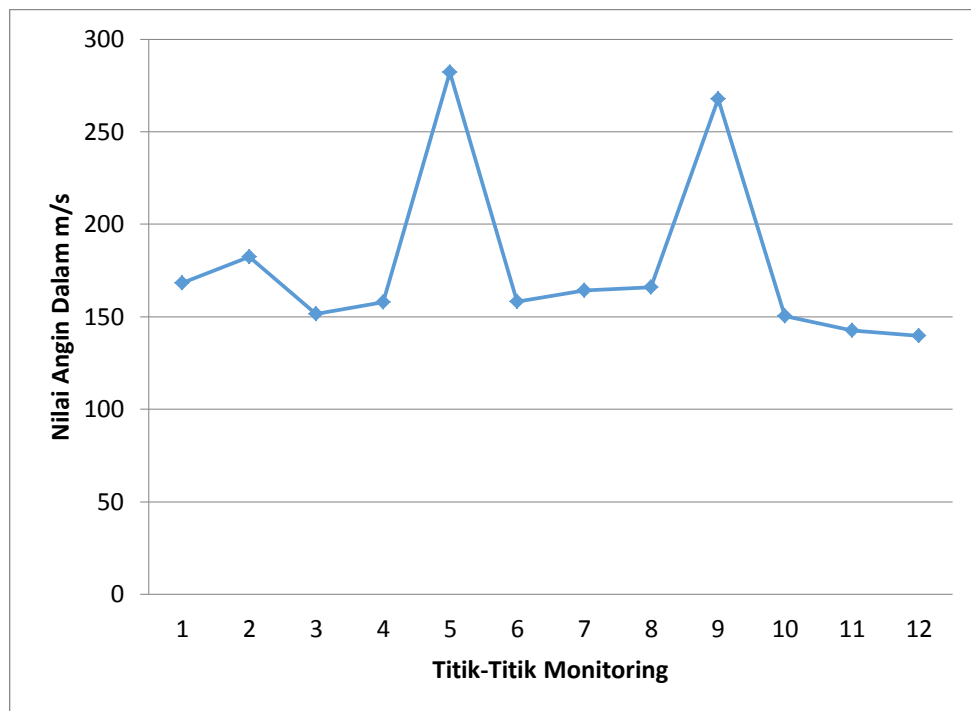
1. Grafik Data Intensitas Cahaya Malam Hari



Gambar 4.26 Grafik Data Intensitas Cahaya Malam Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data intensitas di malam hari dalam rentang cahaya 99,6667 *lux* sampai dengan cahaya 289,5 *lux*. Cahaya tertinggi berada pada titik nomer 1 dan cahaya terendah berada pada titik nomer 2, 3.

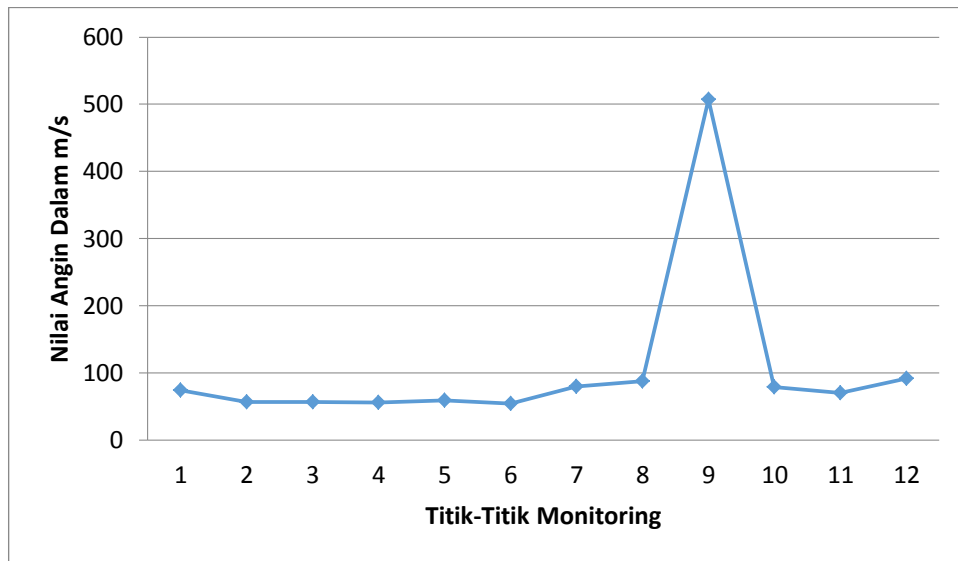
m. Grafik Data Kecepatan Angin Pagi Hari



Gambar 4.27 Grafik Data Kecepatan Angin Pagi Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kecepatan angin di pagi hari dalam rentang angin 139,833 m/s sampai dengan angin 267,833 m/s. Angin tertinggi berada pada titik nomer 9 dan angin terendah berada pada titik nomer 12.

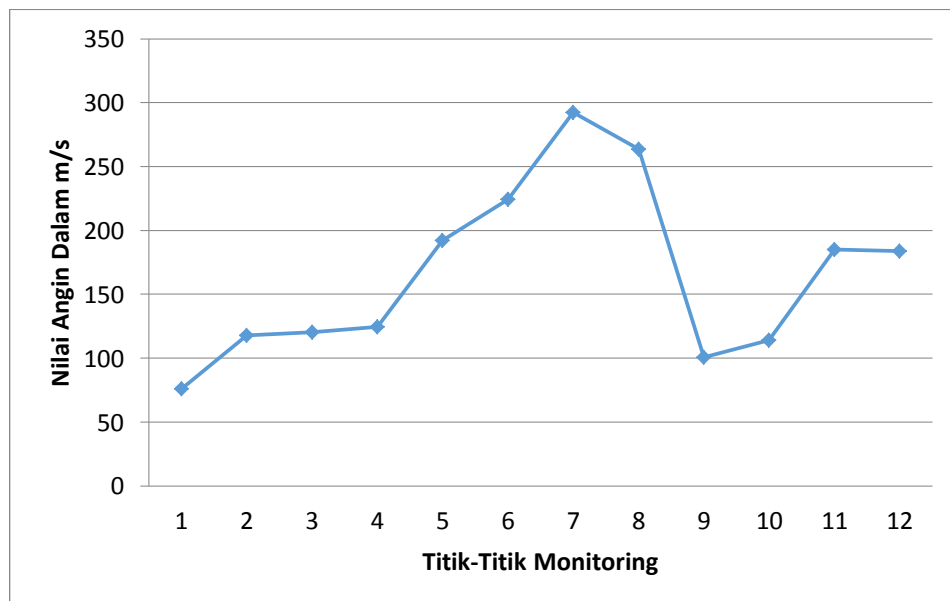
n. Grafik Data Kecepatan Angin Siang Hari



Gambar 4.28 Grafik Data Kecepatan Angin Siang Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kecepatan angin di siang hari dalam rentang angin 54,1667 m/s sampai dengan angin 507,5 m/s. Angin tertinggi berada pada titik nomer 9 dan angin terendah berada pada titik nomer 6.

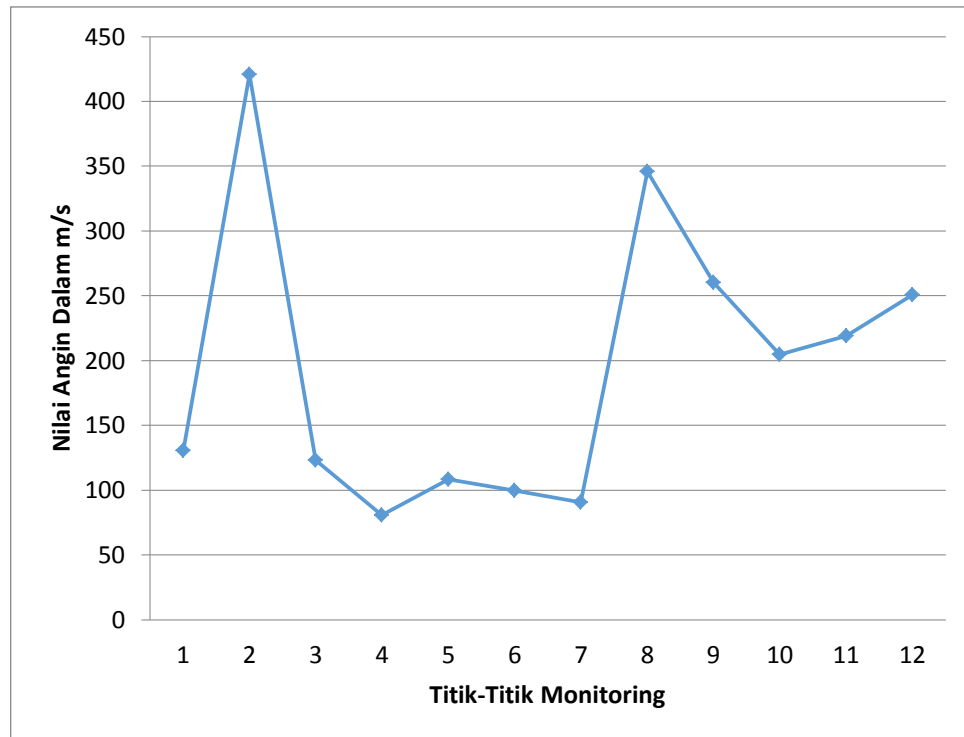
o. Grafik Data Kecepatan Angin Sore Hari



Gambar 4.29 Grafik Data Kecepatan Angin Sore Hari

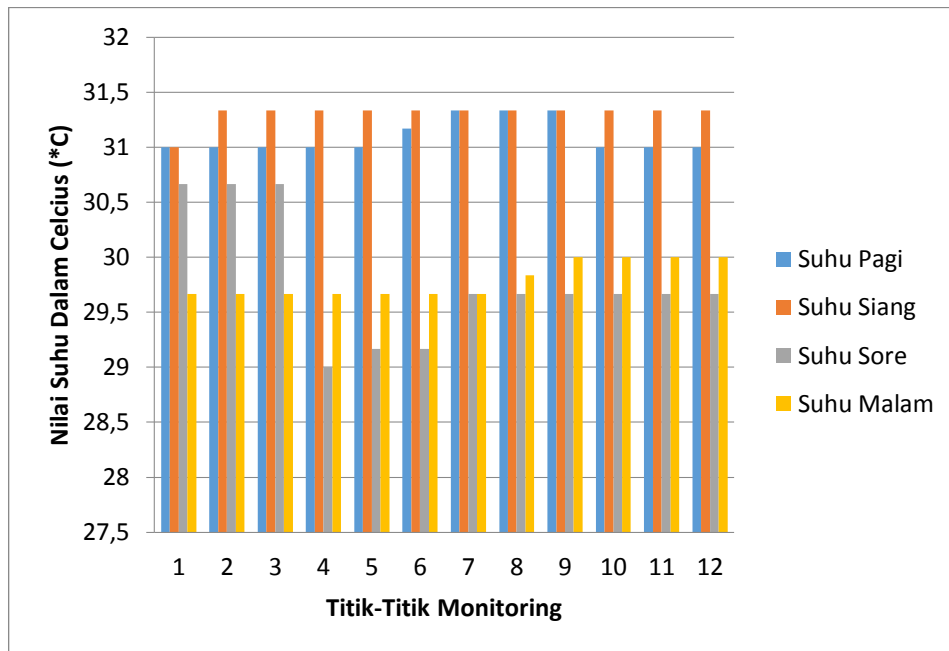
Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kecepatan angin di sore hari dalam rentang angin 76,1667 m/s sampai dengan angin 292,5 m/s. Angin tertinggi berada pada titik nomer 7 dan angin terendah berada pada titik nomer 1.

p. Grafik Data Kecepatan Angin Malam Hari



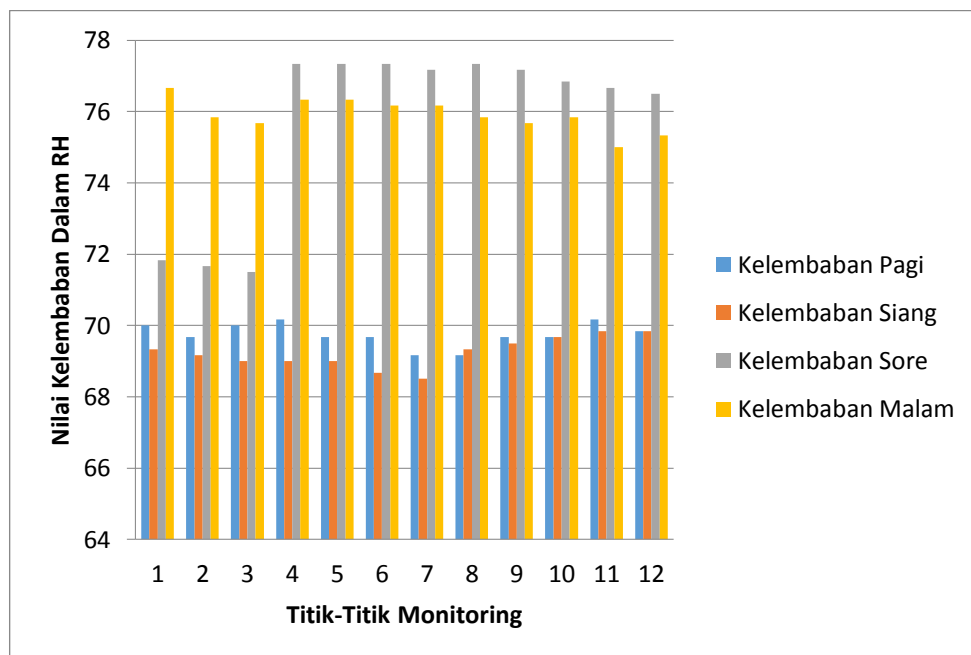
Gambar 4.30 Grafik Data Kecepatan Angin Malam Hari

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa data kecepatan angin di malam hari dalam rentang angin 80,6667 m/s sampai dengan angin 420,667 m/s. Angin tertinggi berada pada titik nomer 2 dan angin terendah berada pada titik nomer 4.



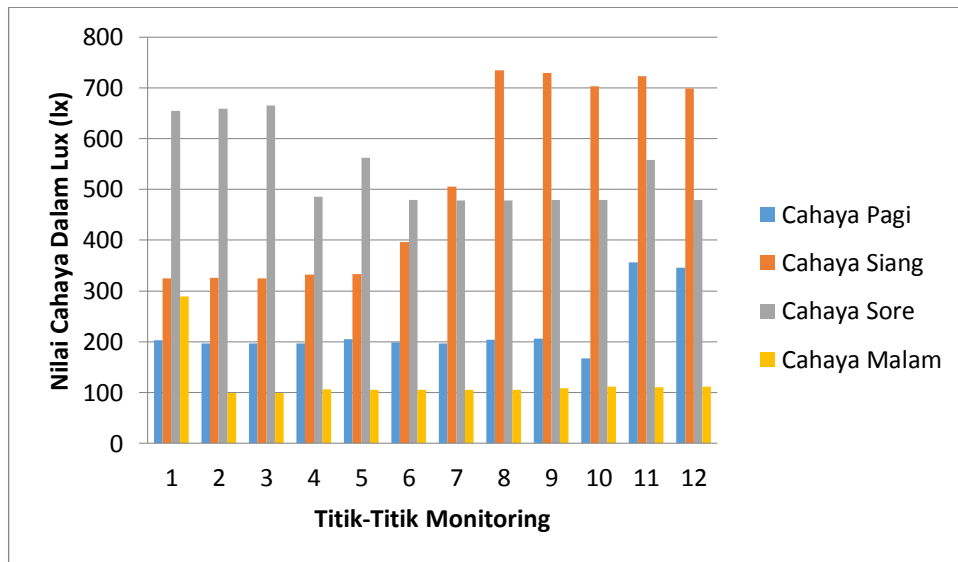
Gambar 4.31 Grafik Data Suhu

Analisa hasil grafik data suhu dapat dilihat pada gambar diatas, dengan menghasilkan kesimpulan bahwa suhu tertinggi berada di suhu siang hari dan suhu terendah berada di suhu malam hari.



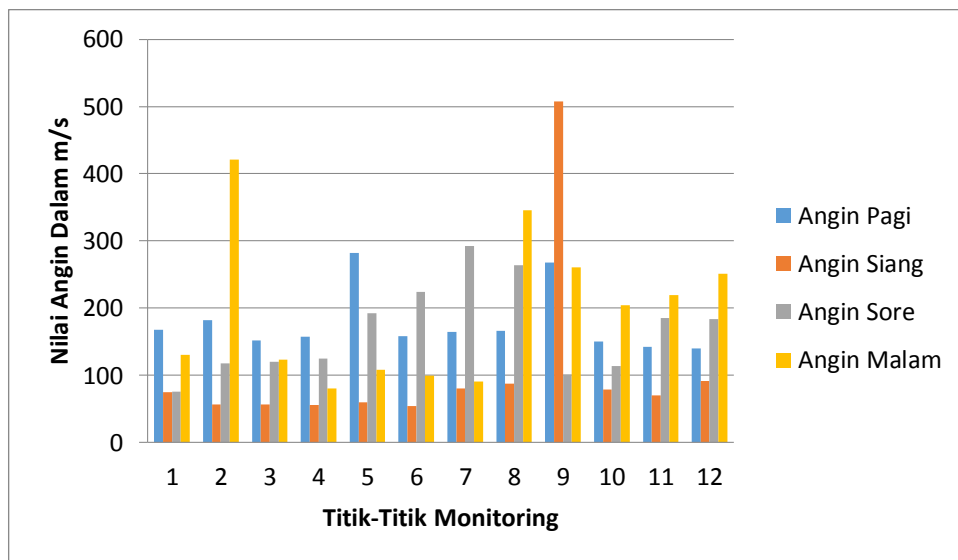
Gambar 4.32 Grafik Data Kelembaban Udara

Analisa hasil grafik data kelembaban dapat dilihat pada gambar diatas, dengan menghasilkan kesimpulan bahwa kelembaban tertinggi berada di sore hari dan suhu terendah berada di kelembaban siang hari.



Gambar 4.33 Grafik Data Intensitas Cahaya

Analisa hasil grafik data cahaya dapat dilihat pada gambar diatas, dengan menghasilkan kesimpulan bahwa cahaya tertinggi berada di cahaya siang hari dan cahaya terendah berada di cahaya malam hari.



Gambar 4.34 Grafik Data Kecepatan Angin

Analisa hasil grafik data angin dapat dilihat pada gambar diatas, dengan menghasilkan kesimpulan bahwa angin tertinggi berada di angin malam hari dan angin terendah berada di angin siang hari.

Berikut untuk tabel nilai UHI beserta grafik pada masing-masing titik *monitoring* :

$$\text{Nilai UHI} = T_{\text{mean}} - (\mu + 0,5 \alpha)$$

Sumber : (Pratiwi & Jaelani, 2021)

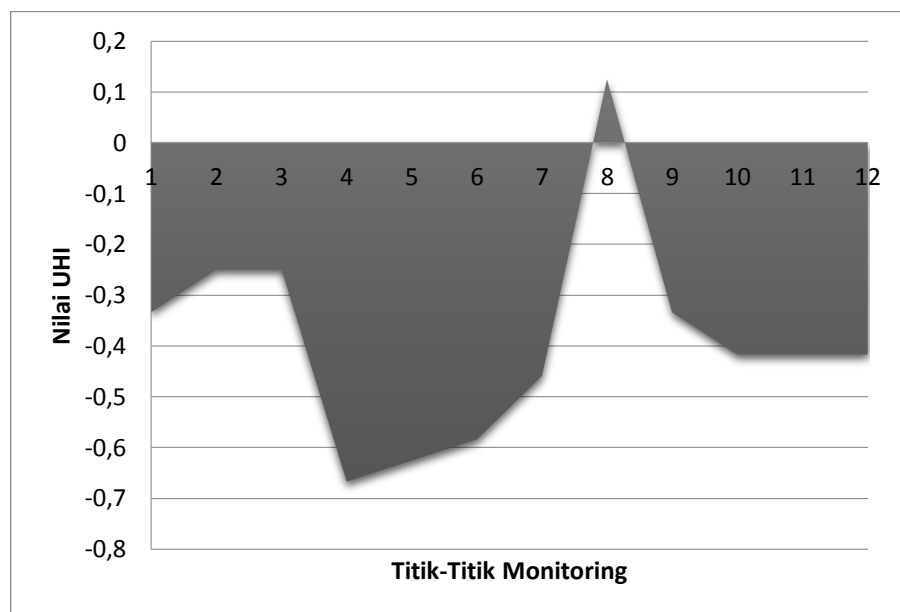
Tabel 4.7 Tingkat Daerah UHI

Nilai UHI	Tingkat Kelas UHI
rentang UHI 0 - 2	UHI tingkat 1
rentang UHI 2-4	UHI tingkat 2
rentang UHI > 4	UHI tingkat 3

Sumber : (Pratiwi & Jaelani, 2021)

Tabel 4.8 Nilai UHI

Titik Monitoring	Data LST					Nilai UHI
	Pagi Hari	Siang Hari	Sore Hari	Malam Hari	Mean	
	07:00-09:00 WIB	11:00-13:00 WIB	15:00-17:00 WIB	18:00-20:00 WIB		
1	31	31	30,6667	29,6667	30,5833	-0,2969
2	31	31,3333	30,6667	29,6667	30,6667	-0,2135
3	31	31,3333	30,6667	29,6667	30,6667	-0,2135
4	31	31,3333	29	29,6667	30,25	-0,6302
5	31	31,3333	29,1667	29,6667	30,2917	-0,5885
6	31,16667	31,3333	29,1667	29,6667	30,3333	-0,5469
7	31,33333	31,3333	29,6667	29,6667	30,5	-0,3802
8	31,33333	31,3333	29,6667	29,8333	31,0417	0,12499
9	31,33333	31,3333	29,6667	30	30,5833	-0,2969
10	31	31,3333	29,6667	30	30,5	-0,3802
11	31	31,3333	29,6667	30	30,5	-0,3802
12	31	31,3333	29,6667	30	30,5	-0,3802
Mean					30,4931	-0,3871



Gambar 4.35 Grafik Nilai UHI

Analisa keseluruhan dari hasil grafik diatas yang memuat data suhu, data kelembaban, data cahaya, dan data angin setelah didapatkan nilai UHI dan dimasukkan ke dalam tabel 4.6 maka kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang tergolong UHI tingkat 1 dengan nilai UHI sebesar 0,12499.

4.9 Integrasi Islam

Monitoring adalah istilah yang bisa digunakan untuk memantau atau melihat kondisi lingkungan sekitar. Lingkungan sekitar perlu diperhatikan agar dapat memberikan dampak baik bagi masyarakat terutama lingkungan Kampus UIN Malang terhadap mahasiswa. Sesuai dengan dalil dalam Al-Qur'an surat Al-Kahfi ayat 7 yang berbunyi :

إِنَّا جَعَلْنَا مَا عَلَى الْأَرْضِ زِينَةً لِّهَا لِيَبْلُوَهُمْ أَهْلُهُمْ أَحْسَنُ عَمَلًا

"Sesungguhnya Kami telah menjadikan apa yang di bumi sebagai perhiasan baginya, agar Kami menguji mereka siapakah di antara mereka yang terbaik perbuatannya." (QS. Al-Kahfi : 7)

Menurut tafsir Kementrian Agama RI dijelaskan bahwa “Sesungguhnya kami telah menjadikan apa yang ada di bumi, yakni beraneka macam hewan, tumbuh-tumbuhan dan kekayaan alam yang tersimpan di dalamnya sebagai perhiasan baginya, yakni bagi bumi dan indah dipandang oleh manusia, untuk kami menguji mereka, di dalam menyikapi keindahan bumi dengan segala isinya. Dengan demikian, kami mengetahui secara nyata siapakah di antara mereka yang terbaik perbuatannya, dan siapa yang jahat dan durhaka kepada tuhanNya. Dan kelak di hari kiamat, kami benar-benar akan menjadikan apa yang di atasnya, yakni apa yang ada di atas bumi menjadi tanah yang tandus lagi kering, tidak ada lagi keindahannya. Demikianlah Allah menjadikan bumi dengan segala isinya yang dipandang indah oleh manusia sebagai sarana untuk menguji siapa di antara manusia itu yang baik perbuatannya dan siapa yang berbuat jahat. Kelak di hari kiamat kebaikan dan kejahatan itu akan mendapat pembalasan yang seadil-adilnya.”(tafsir dari Kementrian Agama RI). Penelitian ini merupakan upaya yang dilakukan untuk mengimplementasikan surah Al-Kahfi ayat 7 tentang menjaga dan merawat lingkungan yang sebagai perhiasan di muka bumi dengan sebaik-baiknya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi serta pengujian dari sistem monitoring *Urban Heat Island* menggunakan metode berbasis *Internet Of Things* yang telah di buat dapat di tarik kesimpulan bahwa pada kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang tergolong UHI tingkat 1 dengan nilai UHI sebesar 0,12499. Diharapkan hasil dari sistem dapat membantu dalam pengawasan serta upaya melestarikan lingkungan sehingga mampu menyeimbangkan suhu udara sekitar terutama suhu udara di lingkungan Kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak hal-hal yang kurang dan harus diperbaiki. Sehingga peneliti memiliki beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan sensor-sensor lain yang memiliki spesifikasi yang lebih tinggi agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan efisien dalam perolehan data.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode- metode lainnya dalam *monitoring Urban Heat Island* guna memudahkan dalam melakukan *monitoring*.

DAFTAR PUSTAKA

- Albanna, I., & Arifiyanti, A. A. (2018). *Heat-Map Kunjungan Wisatawan Di Jawa Timur Berdasarkan Media Sosial*. 103–109.
- Budhiraja, B., Gawuc, L., & Agrawal, G. (2019). Seasonality Of Surface Urban Heat Island In Delhi City Region Measured By Local Climate Zones And Conventional Indicators. *Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*, 12(12), 5223–5232. <https://doi.org/10.1109/Jstars.2019.2955133>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. In *Jurnal Ilmiah Komputer* (Vol. 4, Issue 1). <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine>
- Hangzhou, S., Zhang, Y., & Cheng, J. (2019). Spatio-Temporal Analysis Of Urban Heat Island Using Multisource Remote Sensing Data : A Case. *Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*, 12(9), 3317–3326. <https://doi.org/10.1109/Jstars.2019.2926417>
- Hanif, M. (2019). Hubungan Perkembangan Lahan Terbangun Perkotaan Dengan Fenomena Iklim Mikro Urban Heat Island. *Jurnal Spasial*, 4(3), 97–103. <https://doi.org/10.22202/Js.V4i3.2507>
- Hulukati, W., & Djibran, M. R. (2018). Analisis Tugas Perkembangan Mahasiswa Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Gorontalo. *Bikotetik (Bimbingan Dan Konseling Teori Dan Praktik)*, 2(1), 73. <https://doi.org/10.26740/Bikotetik.V2n1.P73-80>
- Muryani, S., & Sumariyah. (2020). Aplikasi Modul Sensor Cahaya Gy-302 Bh1750 Dan Sensor Jarak Ultrasonik Hc-Sr04 Pada Eksperimen Fotometer Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Berkala Fisika*, 23(4), 143–150.
- Netek, R., Pour, T., & Slezakova, R. (2018). *Implementation Of Heat Maps In Geographical Information System – Exploratory Study On Traffic Accident Data*. 367–384.
- Normawati, D., & Prayogi, S. A. (2021). Implementasi Naïve Bayes Classifier Dan Confusion Matrix Pada Analisis Sentimen Berbasis Teks Pada Twitter. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-Sakti)*, 5(2), 697–711. <http://ejournal.tunasbangsa.ac.id/index.php/jsakti/article/view/369>
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (Uhi) Di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik Its*, 9(2).

- Puspasari, F., Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem Sensor Dht22 Berbasis Arduino Terhadap Thermohyrometer Standar. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.12962/J24604682.V16i1.5776>
- Riansyah, U. (2019). Alat Pengukur Kecepatan Dan Arah Angin Secara Real Time Berbasis Web Untuk Survei Penyediaan Pusat Listrik Tenaga Angin. *Jurnal Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, 1(2). <http://repository.untag-sby.ac.id/3030/8/1461505113-UdrusRiansyahIsmail-Jurnal.Pdf>
- Setyawan, A., Fajri, D. R., Faisol, A., Prasetya, R. P., & Industri, F. T. (2020). Sistem Informasi Geografis Penerapan Heatmap Dan Pemetaan Pada Lokasi Penderita Hiv / Aids Di Kabupaten Malang Berbasis Android. 4(2).
- Suryanto, F. (2018). *TI_672010033*. 2–17.
- Suwarti, Mulyono, & Prasetyo, B. (2017). Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *Seminar Nasional Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 05(01), 56–64.
- Tullah, R., Sutarman, & Setyawan, A. H. (2019). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Pada Toko Tanaman Hias Yopi. *Jurnal Sisfotek Global*, 9(1), 100–105.
- Wahab, A., & Ramayanti, D. (2020). *Aplikasi Talent Pool Dengan Metode Heatmap 2-D Berbasis Web*. 9, 147–156.
- Wu, Z., Xu, Y., Cao, Z., Yang, J., & Zhu, H. (2021). Impact Of Urban Agglomeration And Physical And Socioeconomic Factors On Surface Urban Heat Islands In The Pearl River Delta Region, China. *Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*, 14, 8815–8822. <https://doi.org/10.1109/Jstars.2021.3108456>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Data pada titik monitoring pertama



Titik monitoring pertama terletak pada Kantin Ma'had Putra.

Lampiran 2. Pengambilan Data pada titik monitoring kedua



Titik monitoring kedua terletak pada Pos Satpam Ma'had Putra.

Lampiran 3. Pengambilan Data pada titik monitoring ketiga



Titik Monitoring ketiga terletak pada Pertigaan Barat Masjid At Tarbiyah.

Lampiran 4. Pengambilan Data pada titik monitoring keempat



Titik Monitoring keempat terletak pada Timur Masjid At Tarbiyah.

Lampiran 5. Pengambilan Data pada titik monitoring kelima



Titik Monitoring kelima terletak pada Barat Pos Satpam Gerbang Depan.

Lampiran 6. Pengambilan Data pada titik monitoring keenam



Titik Monitoring keenam terletak pada Parkiran Tangga Besar.

Lampiran 7. Pengambilan Data pada titik monitoring ketujuh



Titik Monitoring ketujuh terletak pada Taman Barat Gedung B.

Lampiran 8. Pengambilan Data pada titik monitoring kedelapan



Titik Monitoring kedelapan terletak pada Pertigaan Selatan Tower Radio.

Lampiran 9. Pengambilan Data pada titik monitoring kesembilan



Titik Monitoring kesembilan terletak pada Belakang Gedung C.

Lampiran 10. Pengambilan Data pada titik monitoring kesepuluh



Titik Monitoring kesepuluh terletak pada Lapangan UIN Malang.

Lampiran 11. Pengambilan Data pada titik monitoring kesebelas



Titik Monitoring kesebelas terletak pada Jalan antara Gedung A dengan Gedung B.

Lampiran 12. Pengambilan Data pada titik monitoring keduabelas



Titik Monitoring keduabelas terletak pada Pertigaan Selatan Gedung Sports Center