

Rancang Bangun Monitoring Suhu Udara Untuk Analisis Urban Heat Island di Daerah Tangerang Selatan dan Bogor

Hariyanto¹, Rista Hernandi Virgianto², Faisal Boernia Adi¹, Nurmalinar Navy Rahmanina¹

¹Program Studi Instrumentasi-MKG, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika
Tangerang Selatan, Indonesia

²Program Studi Klimatologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika
Tangerang Selatan, Indonesia

harypakes@gmail.com

rista.virgianto@stmkg.ac.id

adiboernia@gmail.com

Abstrak— Urban Heat Island merupakan fenomena kenaikan suhu di mana daerah urban lebih tinggi dibandingkan daerah rural di sekitarnya. Perancangan sistem monitoring Urban Heat Island terdiri dari NodeMcu ESP8266, sensor suhu DS18B20, RTC DS3232, SD Card, database, dan tampilan berbasis web dan android. Hasil penelitian ini adalah data suhu di database mampu dienkripsi dan didekripsi menggunakan algoritma AES-128 kemudian digunakan untuk menentukan Urban Heat Island Intensity. Monitoring suhu yang dilakukan di 6 wilayah urban : STMKG, kantor kecamatan Pondok Aren, kantor kecamatan Serpong Utara, kantor kecamatan Pamulang, kantor Walikota Tangerang Selatan dan Cengkareng dan 4 wilayah rural : Sawangan, Tajur Halang, Parung dan Kemang pada tanggal 22 Juli 2019 pukul 23.00 WIB terdapat nilai Urban Heat Island Intensity maksimum di daerah Cengkareng dan Kecamatan Kemang dengan selisih suhu 4,54°C, sedangkan nilai minimum di daerah Kecamatan Pondok Aren dan Sawangan dengan selisih suhu -0,38°C, hasil ini dapat ditampilkan pada web dan android.

Kata Kunci— terdiri minimal 5 kata kunci atau frasa, kata kunci dipisahkan dengan koma.

I. PENDAHULUAN

Internet of Thing (IoT) merupakan terhubungnya beberapa benda maupun peralatan dengan sebuah jaringan internet[1]. IoT merupakan cara untuk menghubungkan antara perangkat pintar dengan pintar lainnya untuk pertukaran data atau proses pengendalian melalui jaringan internet[2].

IoT bekerja dengan memanfaatkan algoritma pemrograman yang menghasilkan interaksi antara sesama perangkat yang terhubung secara otomatis dalam jarak bervariasi. Internet berfungsi sebagai penghubung di antara kedua interaksi perangkat, sedangkan manusia berperan sebagai pengatur dan pengawas peralatan tersebut bekerja[3].

Urban heat Island (UHI) adalah anomali termal yang terjadi secara bersama-sama pada dimensi horizontal, vertikal, dan spasial yang telah diamati di hampir semua pemukiman. Fenomena UHI ada kaitannya dengan sifat intrinsik kota seperti ukuran wilayah kota, kepadatan bangunan, dan distribusi penggunaan lahan. Selain itu, UHI juga mempunyai kaitannya dengan pengaruh luar seperti cuaca, musim, dan iklim[4].

Fenomena UHI didapatkan dengan metode *Urban Heat Island Intensity* (UHII) yang diukur dengan perbedaan antara suhu udara maksimum perkotaan dengan suhu di daerah rural atau pedesaan[5]. Nilai UHII tergantung pada ukuran,

geometri, populasi dan perkembangan industri kota, topografi dan material permukaan (seperti beton dan aspal), iklim setempat dan kondisi meteorologi[6]. Selain itu, nilai UHII juga bergantung pada kegiatan manusia dan industri daerah perkotaan yang menyebabkan suhu udara di daerah kota mempertahankan suhu yang lebih tinggi daripada daerah sekitarnya.

Nilai UHII di Jakarta berdasarkan pergerakan nilai suhu, nilai rata-rata UHII selama malam hari dihitung pada 2,1°C untuk lintas utara-selatan Jakarta, sementara itu nilai UHII sebesar 1,6°C untuk lintas timur-barat Jakarta pada malam hari[7]. Penelitian mengenai UHI di Jakarta juga menunjukkan bahwa dengan tingkat emisi CO₂ yang mencapai 84,95% menyebabkan terjadinya UHI yang mempunyai efek lanjut suhu permukaan yang tinggi mencapai lebih dari 34°C terjadi di dalam kota dan menurun mengarah ke daerah suburban[8].

UHII merupakan perbedaan suhu udara antara daerah urban dengan daerah rural yang dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut[5]:

$$UHII = Tu(i) - Tr(i) \quad (1)$$

dimana *UHII* adalah Intensitas UHI (°C), *Tu(i)* adalah suhu daerah urban pada lokasi ke-*i* (°C), dan *Tr(i)* adalah suhu daerah rural pada lokasi rural pada lokasi ke-*i* (°C).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga pemerintah yang bertugas untuk memberikan pelayanan informasi terkait dengan meteorologi, klimatologi dan geofisika. Tugas pengamatan klimatologi meliputi pengamatan iklim dan kualitas udara[9]. Salah satu parameter yang diukur dalam pengamatan iklim adalah suhu udara yang dapat menjadi salah satu parameter untuk melakukan analisis kejadian UHI.

Suhu pada suatu benda merupakan suatu keadaan di mana benda tersebut mempunyai kemampuan untuk memindahkan panas ke benda yang lain atau menerima panas dari benda lainnya[10]. *International Temperature Scale* 1990 (ITS-90) menyebutkan bahwa standar acuan fisika suhu adalah titik tiga fasa air (*triple point of water*) dengan nilai $T = 273,16$ K sehingga satuan Kelvin adalah:

$$1K = 1/273,16 \times TPPW \quad (2)$$

dimana K adalah Kelvin, dan $TTPW$ merupakan *Triple point of water* (273,16 K).

Internet dapat mempermudah dan mempercepat pertukaran data dan informasi dengan tanpa melihat jarak dan waktu, hal ini akan berakibat ancaman kepada keamanan data, misalkan data menjadi rusak atau dapat dengan mudah dibaca oleh umum[11]. Keamanan dan kerahasiaan data merupakan sesuatu yang sangat penting. Metode enkripsi dan dekripsi dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan data, sehingga dapat mengurangi kebocoran data kepada pihak-pihak yang diluar kepentingan[12].

Sistem keamanan data (kriptografi) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode AES-128. Terdapat dua jenis informasi yang dihasilkan, yaitu pesan yang mudah dibaca (*plaintext*) dan pesan yang sulit dibaca (*ciphertext*). Algoritma AES-128 terdiri dari dua bagian, yaitu fungsi enkripsi, yaitu proses untuk merubah *plaintext* menjadi *ciphertext* dan dekripsi, yang merupakan kebalikan enkripsi, yaitu proses merubah *ciphertext* menjadi *plaintext*. Kedua bagian tersebut membutuhkan *key*, untuk menjamin proses tersebut terlindungi. *Key* yang digunakan dalam penelitian ini sama, sehingga disebut sebagai algoritma kunci simetris[13].

Sensor suhu yang digunakan adalah sensor DS18B20 seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Sensor DS18B20 adalah sensor berjenis *1-wire*, yaitu sensor yang menggunakan satu jalur data untuk komunikasinya. Spesifikasi dari sensor DS18B20 seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

TABEL 1
SPESIFIKASI TEKNIS SENSOR DS18B20

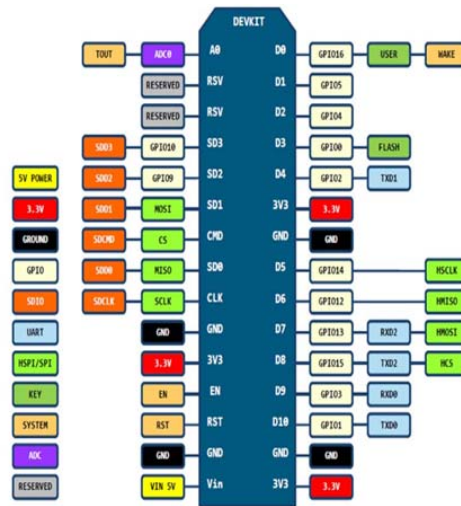
Spesifikasi Parameter	Nilai
Akurasi	$\pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Resolusi	$0.5 - 0.0625 \text{ } ^\circ\text{C}$
Rentang ukur	$-55 - 125 \text{ } ^\circ\text{C}$
Sumber daya	3V - 5,5V



Gbr. 1 Sensor suhu DS18B20

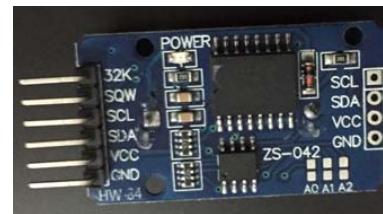
NodeMcu merupakan board arduino yang telah terkoneksi dengan ESP8622 dan menjadi sebuah *board* terintegrasi dengan berbagai fitur seperti mikrokontroler pada umumnya serta dengan tambahan fitur akses terhadap *wifi* dan juga *chip* komunikasi yang berupa *USB to serial*. Konfigurasi pin NodeMcu ESP8266 ditunjukkan dalam gambar 2. NodeMcu dilengkapi dengan *micro usb port* yang berfungsi untuk pemrograman serta catu daya. NodeMcu juga dilengkapi dengan tombol push button yakni tombol reset dan flash. NodeMcu adalah sebuah platform IoT yang bersifat *open source*. NodeMcu pada dasarnya merupakan pengembangan dari esp8266 dengan *firmware* berbasis e-Lua yang terdiri dari

perangkat keras berupa *System on Chip (SoC)* esp8266 buatan Espressif System.



Gbr. 2 Konfigurasi pin NodeMcu ESP8266

DS3231 adalah perangkat *Real Time Clock (RTC)* I2C yang dilengkapi dengan *Temperature Compensated Crystal Oscillator (TCXO)* seperti ditunjukkan dalam gambar 3.



Gbr. 3 RTC DS3231

Perangkat ini memiliki sebuah baterai sendiri dan dapat dengan akurat tetap menjadi pewaktu ketika daya utama yang ke perangkat ini terhenti. RTC meliputi informasi detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. Konfigurasi Pin RTC DS3231 ditunjukkan dalam Tabel 2.

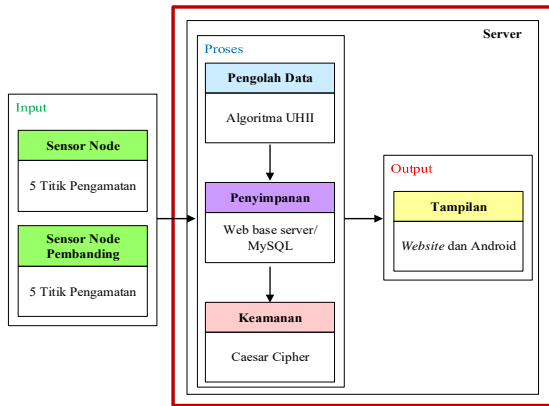
TABEL 2
PIN-PIN RTC DS3231

Pin	Penjelasan
Vcc	Power Suply
Gnd	Ground
SDA	Saluran data
SCL	<i>Clock Frequency</i>
SQW	<i>Output frekuensi</i>
32K	Saluran <i>clock</i>

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem yang di rancang dalam penelitian ini ditunjukkan dalam blok diagram gambar 4. Blok diagram ini merepresentasikan fungsi dari setiap bagian komponen yang ada di dalam sistem dan hubungan antara komponennya. *Input* terdiri atas lima sensor suhu yang menggunakan *wireless*

sensor network (WSN). Proses terdiri dari pengolahan data, penyimpanan data beserta keamanannya. Output terdiri dari tampilan website dan android.

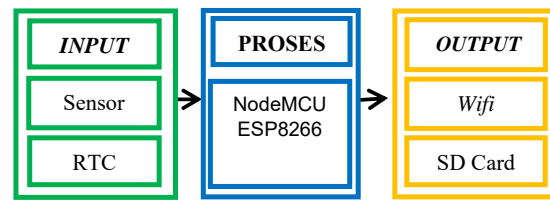


Gbr. 4 Diagram blok sistem

Fungsi dari setiap blok diagram pada gambar 4 adalah sebagai berikut:

1. Sensor Node Daerah Urban, terdapat 6 buah perangkat sensor yang terdapat pada daerah urban yang berfungsi sebagai pengukur suhu pada suatu titik pengukuran daerah urban yang akan dikirimkan ke database.
2. Sensor Node Daerah Rural, terdapat 4 buah perangkat sensor yang terdapat pada daerah rural yang berfungsi sebagai pengukur suhu pada suatu titik pengukuran daerah rural dan sebagai data pembandingan daerah urban yang akan dikirimkan ke database.
3. Penyimpanan, berfungsi sebagai penyimpan data realtime menggunakan MySQL database dan berbasis cloud database, sehingga dapat diakses dari jarak jauh melalui internet.
4. Pengolah Data, pengolah data menggunakan algoritma UHII dimana hasil yang diperoleh dari perhitungan algoritma ini berdasarkan data suhu yang di dapatkan di 2 wilayah, yaitu rural dan urban menggunakan persamaan 1.
5. Keamanan, keamanan data menggunakan metode enkripsi AES-128 dimana data yang tersimpan di dalam database akan tersimpan dalam bentuk terenkripsi (ciphertext).
6. Tampilan, Berfungsi untuk menampilkan parameter UHII berupa tampilan di website dan Android.

Blok diagram sensor node daerah urban dan sensor node daerah rural ditunjukkan dalam gambar 5. Input menggunakan sensor suhu DS18B2 dan RTC, proses menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan output menggunakan modul sd card dan wifi.

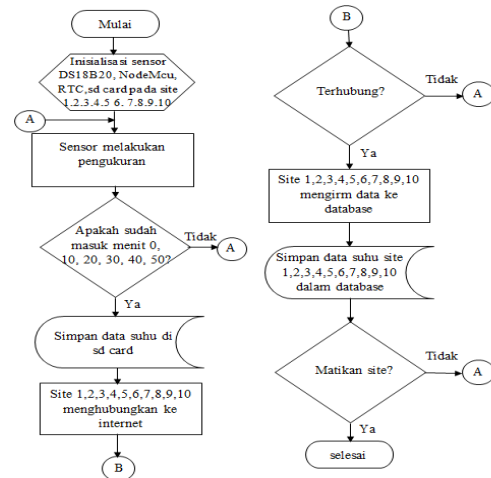


Gbr. 5 Blok diagram sensor node

Fungsi kerja dari masing-masing blok diagram pada Gambar 5 adalah sebagai berikut:

1. Input terdiri dari sensor suhu DS18B20 dan RTC DS3231 sebagai penanda waktu realtime.
2. Pemroses data menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
3. Output terdiri dari sd card module untuk menyimpan data dan Wifi untuk mengirim data ke jaringan internet.
4. Catu daya menggunakan sumber catu daya dari PLN.

Cara kerja sistem sensor node rural dan sensor node urban digambarkan dengan flowchart seperti pada gambar 6.



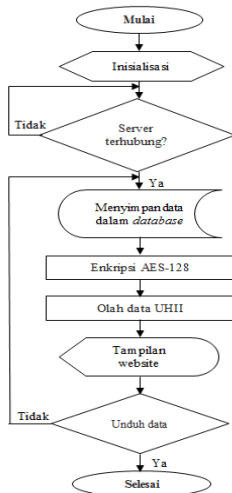
Gbr. 6 Flowchart cara kerja sensor node

Penjelasan Flowchart pada Gambar 6 adalah sebagai berikut :

1. Program melakukan inisialisasi hardware yang akan digunakan yaitu sensor DS18B20, Modul RTC, NodeMCU ESP8266, dan SD Card pada 10 site yang di instalasi. Inisialisasi ini menandakan kesiapan hardware untuk digunakan.
2. Sensor suhu pada 10 site melakukan pengukuran.
3. Mikrokontroler melakukan pembacaan suhu dan data yang sudah didapat akan diproses lanjut oleh mikrokontroler.
4. RTC sebagai pewaktu akan digunakan untuk memeriksa jam penyimpanan dan pengiriman data ke database. Jika sudah memasuki jam pengiriman data (menit ke 0, 10, 20, 20, 30, 40 dan 50) sistem akan melanjutkan ke proses selanjutnya, jika tidak maka akan kembali ke proses inisialisasi.
5. Data hasil pengukuran disimpan ke dalam SD card.
6. NodeMCU ESP8266 melakukan sambungan ke jaringan internet dengan menggunakan jaringan Wifi setempat.

7. Apabila sambungan gagal maka proses akan dikembalikan ke proses inialisasi. Hal ini bertujuan supaya alat tetap melakukan proses pengamatan suhu dan akan *looping* sampai masuk pada waktu pengiriman data.
8. Apabila sambungan ke internet berhasil maka data pengukuran akan dikirim ke database.
9. Data pengamatan dari tiap-tiap alat akan disimpan secara *online* di database. Penyimpanan data secara *online* bertujuan agar data dapat diakses dimana saja, tanpa terkendala waktu dan tempat.
10. Program akan terus berjalan dan berulang jika tidak ada perintah mematikan catu daya atau alat kehilangan catu daya.

Proses pengolahan data yang ditunjukkan dalam diagram blok sistem pada Gambar 4 diterangkan dalam diagram alir pada gambar 7.



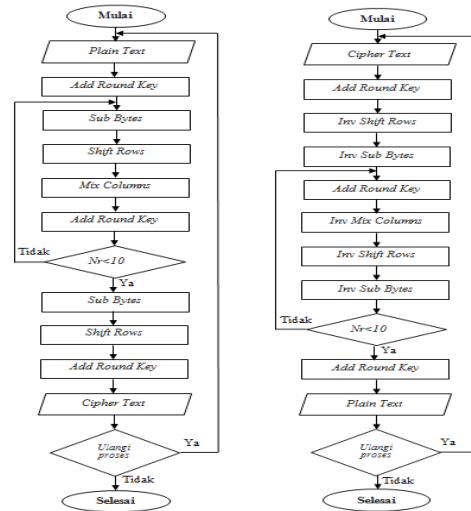
Gbr. 7 Flowchart cara kerja sistem pengolahan data

Penjelasan *flowchart* pada gambar 7 adalah sebagai berikut :

1. Mulai, merupakan langkah awal inialisasi sistem, ditandai dengan pengaktifan sistem, sehingga sistem siap untuk digunakan.
2. Saat *server* terhubung sistem siap menerima data suhu yang dikirimkan dari masing-masing alat ukur suhu.
3. Data yang masuk akan disimpan pada *database* dan diolah menggunakan persamaan UHII. Data UHII maksimum hasil pengolahan akan ditampilkan pada *website* bersama data suhu, user dan grafik.
4. Data dalam database dapat diunduh dalam format .csv.

Algoritma AES-128 digunakan untuk melindungi data dalam database MySQL seperti yang digunakan dalam penelitian ini. Algoritma AES-128 yang digunakan mempunyai panjang *key* 4 dan jumlah putaran (*round*) 10 kali. Proses enkripsi pada algoritma AES-128 terdiri dari 4 jenis transformasi *bytes*, yaitu *SubBytes*, *ShiftRows*, *Mixcolumns* dan *AddRoundKey*, seperti ditunjukkan dalam *flowchart* gambar 8a. Pada awal proses enkripsi, input yang telah

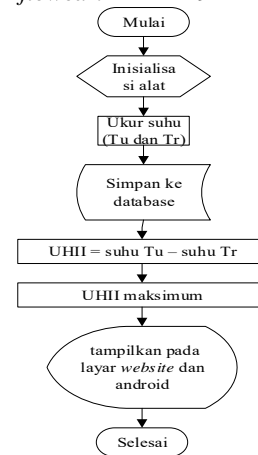
dikopikan ke dalam *state* akan mengalami transformasi *byte AddRoundKey*, kemudian *state* akan mengalami transformasi *SubBytes*, *ShiftRows*, *MixColumns* dan *AddRoundKey* secara berulang-ulang sebanyak Nr-1 (9 *rounds*). Pada *round* terakhir (10), *state* tidak mengalami transformasi *Mix Columns* yang menjadikannya agak berbeda dengan *round-round* sebelumnya[13].



a. Enkripsi
b. Dekripsi
Gbr. 8 Flowchart proses kriptografi AES-128

Proses dekripsi pada algoritma AES-128 melakukan transformasi *cipher* dengan membalikkan dan mengimplementasikan ke dalam arah yang berlawanan proses enkripsi untuk menghasilkan *inverse cipher (plaintext)*. Transformasi *byte* yang digunakan pada *invers cipher*, yaitu *InvShiftRows*, *InvSubBytes*, *InvMixColumns* dan *AddRoundKey*[11], seperti ditunjukkan dalam *flowchart* Gambar 8b.

Penentuan UHI dilakukan dengan mengurangi nilai suhu urban (*Tu*) dan nilai suhu rural (*Tr*) sehingga menghasilkan nilai indeks UHI (UHII) sebagai mana ditunjukkan dalam *flowchart* Gambar 9.

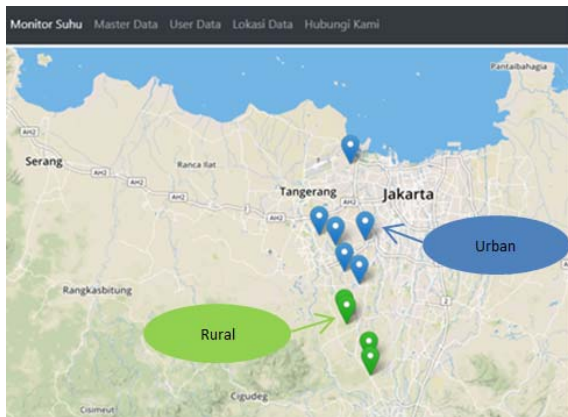


Gbr. 9 Flowchart penentuan UHII.

Algoritma pada gambar 9 menjelaskan cara kerja dari proses penghitungan UHII, proses selengkapnya adalah sebagai berikut:

1. Mulai, merupakan langkah awal terminasi, ditandai dengan pengaktifan sistem. Program melakukan inisialisasi sistem sehingga sistem siap untuk digunakan.
2. *Server* akan menunggu data masuk yang dikirimkan dari masing-masing alat ukur suhu.
3. Data yang masuk akan disimpan pada database dan diolah dengan persamaan UHII.
4. Data UHII maksimum hasil pengolahan akan ditampilkan pada web bersama data suhu, user dan grafik.

Data suhu yang berasal dari daerah urban ke-i ($i=1,2,3,4,5,9$) direpresentasikan oleh 6 lokasi, yaitu kampus STMKG, Kecamatan Pondok Aren, Kecamatan Serpong Utara, Kantor Walikota Tangerang Selatan, Kecamatan Pamulang dan Cengkareng, sedangkan data suhu dari daerah *rural* ke-i ($i=6,7,8,10$) direpresentasikan oleh 4 lokasi, yaitu Tajur Halang, Sawangan, Parung dan Kecamatan Kemang, peta pemasangan seperti ditunjukkan dalam gambar 10, posisi warna biru merupakan daerah urban dan warna hijau adalah daerah rural. Contoh instalasi pemasangan sensor *node* seperti pada gambar 11.



Gbr. 10 Peta posisi pemasangan sensor-sensor *node*.



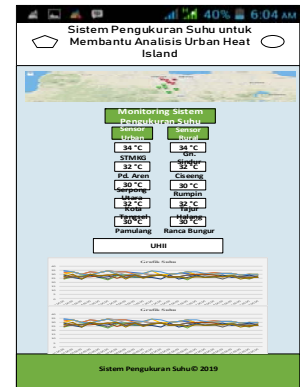
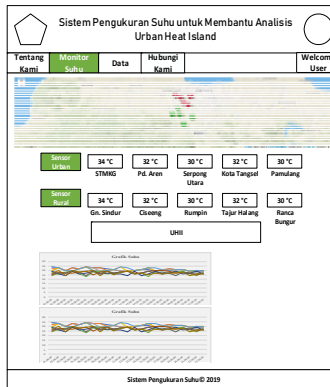
Gbr. 11 Contoh instalasi sensor *node*.

Suhu yang terukur akan dikirim ke database kemudian diproses dengan persamaan UHII setiap jamnya, sehingga terdapat 24 nilai UHII yang dihasilkan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

TABEL 3
TABEL KLASIFIKASI UHII

Lokasi Urban ke-i	Lokasi Rural ke-i			
	6 Tajur Halang	7 Sawangan	8 Parung	10 Kec. Kemang
1 STMKG	UHII1	UHII7	UHII13	UHII19
2 Kec. Pondok Aren	UHII2	UHII8	UHII14	UHII20
3 Kec. Serpong Utara	UHII3	UHII9	UHII15	UHII21
4 Kantor Walikota Tangerang Selatan	UHII4	UHII10	UHII16	UHII22
5 Kec. Pamulang	UHII5	UHII11	UHII17	UHII23
9 Cengkareng	UHII6	UHII12	UHII18	UHII24

Tampilan yang digunakan adalah *website* dan *android*. Data yang ditampilkan meliputi : suhu masing-masing lokasi pengukuran, grafik dan UHII maksimum seperti ditunjukkan dalam Gambar 12 .



a. Tampilan Website

b. Tampilan android

Gbr. 12 Tampilan dalam bentuk *website* dan *Android*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian laboratorium terhadap sensor dilakukan sebelum sensor digunakan untuk pengambilan data. Pengujian dilakukan dengan proses kalibrasi yang bertujuan menguji kebenaran data hasil pengukuran sensor suhu DS18B20 dengan cara membanding dengan alat pengukuran suhu standar yang tertelusur yang diletakkan bersama dalam sebuah *chamber* suhu yang nilai suhunya dapat kita tentukan. Pengujian sensor dilakukan di Laboratorium Instrumen dan Kalibrasi Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

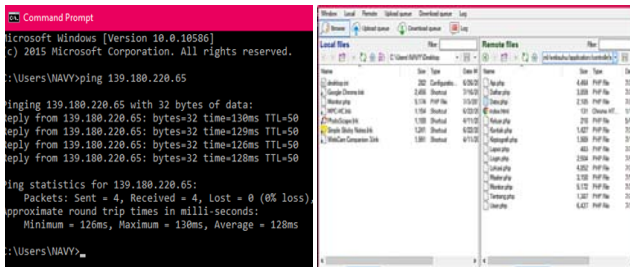
Wilayah II Ciputat pada hari Jumat 3 Mei 2019 dan Rabu 8 Mei 2019 seperti ditunjukkan dalam gambar 13.

Hasil kalibrasi didapatkan nilai koreksi rata-rata dari 10 sensor yang dikalibrasi yaitu 0,197°C untuk sensor1, 0,144°C untuk sensor2, 0,186 °C untuk sensor3, 0,143 °C untuk sensor4, 0,195 °C untuk sensor5, 0,206 °C untuk sensor6, 0,070 °C untuk sensor7, -0,009 °C untuk sensor8, -0,193 °C untuk sensor9, -0,041 °C untuk sensor10, nilai koreksi rata-rata dari 10 sensor ini masih berada dalam rentang toleransi pembacaan suhu yang diatur oleh WMO No.8 *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* yaitu sebesar $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ [10], sehingga kesepuluh sensor dikatakan laik digunakan.



Gbr. 13 Kalibrasi sensor suhu di Balai Besar BMKG Wilayah 2 Ciputat

Pengujian *Server* dilakukan untuk mengetahui *server* sudah terhubung ke jaringan *internet* dan dapat mengirim dan melakukan komunikasi data. Pengujian dilakukan dengan memastikan apakah alamat IP yang digunakan terhubung ke terminal dan SSH client juga terhubung menggunakan aplikasi Bitwise SSH Client. Gambar 14.a menunjukkan aktivitas ping ke terminal dan hasilnya menunjukkan bahwa *server* yang telah tersedia dan terkoneksi ke internet.

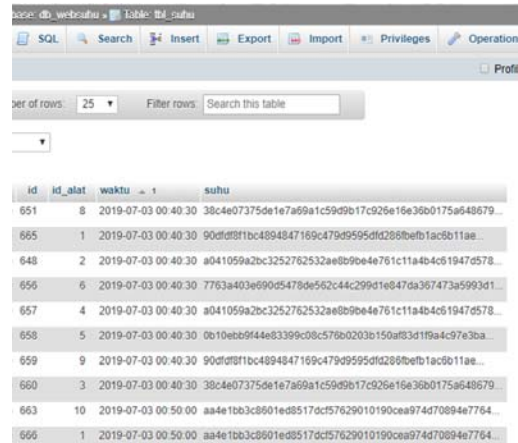


a. Ping ke terminal b. Isi web

Gbr. 14 Pengujian *Server*

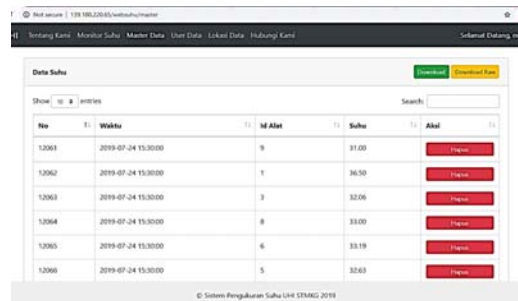
Aktivitas *login* ke server pribadi melalui Bitwise SSH Client untuk dapat mengakses data-data isi *website* seperti yang terlihat pada Gambar 15b sehingga dapat diketahui bahwa *server* berjalan dengan baik yang ditandai dengan server yang tersedia dan berhasil login melalui Bitwise SSH Client.

Pengujian enkripsi dilakukan untuk melihat data yang telah diunggah oleh *server* ke dalam MySQL *Database* yang sudah terenkripsi dan terdekripsi. Pengujian dilakukan dengan menerapkan enkripsi AES-128 ke dalam database penyimpanan data pada sistem yaitu MySQL *Database*.



Gbr. 15 Tampilan *database* data suhu yang terenkripsi

Hasil dari pengujian enkripsi ditunjukkan pada gambar 15 yang merupakan tampilan *database* dengan tampilan pada halaman master data pada *website* yang diakses, di mana halaman tersebut menampilkan isi data suhu di dalam *database* yang terenkripsi, sedangkan gambar 16 adalah tampilan *web database* data suhu dalam bentuk telah terdekripsi.



Gbr. 16 Tampilan master data suhu di *web* yang terdekripsi

Pengujian *database* dilakukan dengan melihat data yang telah dikirim oleh sensor dan *server* ke dalam MySQL *database* apakah dapat berjalan dengan baik atau tidak. Sensor mengirimkan data ke *database* menggunakan koneksi WiFi pada masing-masing lokasi alat. *Database* disimpan dengan nama “websuhu_db” dan dapat dilihat pada halaman *console* MySQL *database* setelah melakukan *login*. Data yang dikirim masuk ke *database* secara otomatis dan dapat ditampilkan dalam bentuk *website* dan *android*.

Data yang telah dikirim oleh sistem sensor dan *server* telah masuk ke dalam MySQL *database* dan dapat ditampilkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 15 dimana penyimpanan data nya di *database* telah berformat enkripsi. Penyimpanan data suhu pada *database* oleh masing-masing

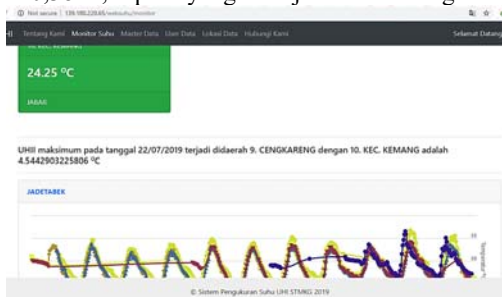
alat dilakukan setiap 10 menit sekali dan sangat tergantung pada kualitas jaringan internet di lokasi alat dipasang.

Analisis UHI dapat diketahui dengan mengetahui nilai UHII maksimum dengan menggunakan persamaan 1. Penghitungan UHII dilakukan setiap satu jam sekali. Data yang diolah pada perhitungan UHII adalah data suhu yang terakhir dikirim oleh alat setiap jamnya atau data pada menit ke 50, misalkan data pada tanggal 22 Juli 2019 pukul, 22.50 adalah data yang diolah untuk mewakili UHII yang terjadi pada pukul 23.00 WIB. Data tersebut diambil berdasarkan ketersediaan data dari 10 alat sehingga mendapatkan hasil UHII maksimum. Hasil perhitungan UHII yang diperoleh dapat diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

TABEL 4. TABEL KLASIFIKASI UHII PADA TANGGAL 22 JULI 2019 PUKUL 23.00 WIB

Lokasi Urban ke-i	Lokasi Rural ke-i				
	6	7	8	10	
	Tajur Halang	Sawangan	Parung	Kec. Kemang	
1	STMKG	2,96°C	1,5°C	2,98°C	3°C
2	Kec. Pondok Aren	1,08°C	-0,38°C	1,1°C	1,12°C
3	Kec. Serpong Utara	3,02°C	1,56°C	3,04°C	3,06°C
4	Kantor Walikota Tangerang Selatan	1,52°C	0,06°C	1,54°C	1,56°C
5	Kec. Pamulang	1,83°C	0,37°C	1,85°C	1,87°C
9	Cengkareng	4,5°C	3,04°C	4,52°C	4,54°C

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai UHII maksimum yang didapatkan adalah UHII24, yaitu yang terjadi di antara daerah Cengkareng dan Kecamatan Kemang dengan selisih suhu sebesar 4,54°C, sedangkan nilai UHII minimum yang didapatkan adalah UHII8, yaitu terjadi di antara daerah Kecamatan Pondok Aren dan Sawangan dengan selisih suhu sebesar -0,38°C, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 17.



Gbr. 17. Tampilan UHII maksimum pada halaman monitoring suhu.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan UHII dapat ditampilkan dengan baik pada *website* maupun *android*. Hasil yang ditampilkan sangat bergantung pada ketersediaan data suhu pada database, sehingga jika 1 dari 10 alat tidak

mengirimkan data maka algoritma UHII maksimum tidak akan muncul pada *website*.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring suhu untuk penentuan UHI dapat berjalan dengan baik, hal ini dapat dilihat dari hasil kalibrasi 10 sensor suhu masih berada dalam rentang toleransi pembacaan suhu yang diatur oleh WMO No.8 *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* yaitu sebesar $\pm 0,2^\circ\text{C}$, sehingga kesepuluh sensor dikatakan laik digunakan. Hasil pengukuran sensor suhu dapat disimpan pada MySQL *database* dan dapat diterapkan algoritma AES-128 untuk proses enkripsi dan dekripsi dengan baik sehingga keamanan dalam suatu sistem informasi yang tersimpan dalam database dapat ditingkatkan. Tampilan dan masing-masing fungsi pada web dan android dapat menampilkan data UHII maksimum setiap jam nya, selain itu data hasil pengukuran berupa data biasa dan data raw (terenkripsi) dapat di unduh dengan format .csv.

Sistem monitoring suhu untuk penentuan UHI dapat berjalan dengan baik, namun terdapat beberapa saran kedepannya agar sistem ini dapat berjalan dengan lebih baik lagi yaitu : penggunaan jaringan *internet* yang stabil untuk menghindari data hilang pada MySQL *database* dan penambahan fitur *auto recover* sehingga riwayat data yang hilang saat terjadi gangguan dapat diakses ulang secara *online*.

Sistem informasi dikembangkan lebih lanjut pada pengaturan javascript konfigurasi *web server* untuk meningkatkan performa dan meminimalisir kerentanan *website*. Dibuatkan sistem pengecekan data di database, sehingga jika ada data yang kosong *site* akan mengirim data yang kosong sesuai permintaan *database*. Pengambilan data lebih lama untuk menguji kehandalan sistem dan data yang lebih lama sehingga penentuan UHI menjadi lebih baik

REFERENSI

- [1] C. Hasiholan, R. Pramananda, and K. Amron, "Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem Monitoring Banjir menggunakan Protokol MQTT," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 6128–6135, 2018.
- [2] A. Wijaya and M. Rivai, "Monitoring dan Kontrol Sistem irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana PI," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [3] T. Rahajoengoe and I. H. Saputra, "Sistem Monitoring Cuaca dan Deteksi Banjir pada Android Berbasis Internet of Things (IoT) Weather Monitoring System and Flooding Detection on Android Based Internet of Things (IoT)," 2017.
- [4] T. R. Oke, "The energetic basis of the urban heat island," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 108, no. 455, pp. 1–24, 1982.
- [5] Y.-H. Kim and J.-J. Baik, "Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul," *J. Appl. Meteorol.*, vol. 44, no. 5, pp. 591–605, 2005.
- [6] G. Mihalakakou, M. Santamouris, N. Papanikolaou, C. Cartalis, and A. Tsangrassoulis, "Simulation of the urban heat island phenomenon in Mediterranean climates," *Pure Appl. Geophys.*, vol. 161, no. 2, pp. 429–451, 2004.
- [7] R. Maru and S. Ahmad, "Nocturnal air temperature traverses across the city of Jakarta, Indonesia," *Glob. J. Adv. Pure Appl. Sci.*, vol. 2, pp. 19–23, 2014.
- [8] S. B. Rushayati and R. Hermawan, "Characteristics of urban heat island condition in DKI Jakarta," in *Forum Geografi*, 2013, vol. 27, no. 2, pp. 111–118.

- [9] P. Indonesia, *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 31 TAHUN 2009*, vol. 53, no. 9. Lembaran Negara RI Tahun 2009, No. 139. Sekretariat Negara, 2009.
- [10] M. Jarraud, "Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8)," *World Meteorol. Organ. Geneva, Switz.*, 2008.
- [11] G. G. P. U. K and A. Erlanshari, "Implementasi Metode Advanced Encryption Standard (AES) Dan Message Digest 5 (MD5) Pada Enkripsi Dokumen (Studi Kasus LPSE UNIB)," vol. 4, no. 3, pp. 277-287, 2016.
- [12] A. M. Abidin, F. Hardianti, and I. N. Setiani, "Analisa Dan Implementasi Proses Kriptografi Encryption-Decryption Dengan Algoritma Advanced Encryption Standard (Aes-128)," *J. Sarj. Tek. Inform. Keamanan Komput.*, p. 1-20, 2016.
- [13] A. Prameshwari and N. P. Sastra, "Implementasi Algoritma Advanced Encryption Standard (AES) 128 Untuk Enkripsi dan Dekripsi File Dokumen," *Eksplora Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 52, 2018.