

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* SUHU DAN
PENGENDALIAN KIPAS IoT DENGAN *MULTI LEVEL CONTROL* DAN
DATA LOGGING BERBASIS PANEL SURYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Informatika dan Pertanian
Universitas Islam Nusantara

Oleh :

**MOHAMMAD RAFFY PRADIPTA PUTRA
41037006221011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
BANDUNG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Pengendalian Kipas IoT dengan *Multi Level Control* dan *Data Logging* Berbasis Panel Surya
Nama : Mohammad Raffy Pradipta Putra
NIM : 41037006221011
Program Studi : Teknik Informatika

Tanggal Lulus, 13 Agustus 2026

Disetujui Oleh,

Pembimbing I,



Galih.S.T.,M.Kom
NIDN.0427068707

Pembimbing II,



Dr.Ir.Tedjo Darmanto.M.T
NIDN.8959250022

Diketahui Oleh,

Dekan,



Dr. Debby Ustari, S.P., M.P.
NIDN.0401129202

Ketua Program Studi,



Dr.Ir.Tedjo Darmanto.M.T
NIDN.8959250022

HALAMAN PENGESAHAN SIDANG

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Pengendalian Kipas IoT dengan *Multi level control* dan *Data logging* Berbasis Panel Surya
Nama : Mohammad Raffy Pradipta Putra
NIM : 41037006221011
Program Studi : Teknik Informatika

Telah dipertahankan di depan dewan penguji dalam sidang tugas akhir :

Hari : Kamis

Tanggal : 13 Agustus 2026

Disetujui,

Ketua Sidang : Rafika Rafik Srimuni, S.Tp., M.Si.
NIDN. 0414109103


.....

Penguji 1 : Siti Nur, S.ST., M.Kom.
NIDN. 0425058705


.....

Penguji 2 : Yenni Fatman, S.T., M.T.
NIDN. 0403048106


.....

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Raffy Pradipta Putra
NIM : 41037006221011
Fakultas : Teknik dan Pertanian
Program Studi : Teknik Informatika
Konsentrasi :
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Pengendalian kipas IoT dengan *Multi Level Control* dan *data logging* berbasis Panel Surya

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan sebelumnya, kecuali yang secara tertulis dikutip dan diacu dalam naskah ini sesuai kode etik ilmiah.
2. Data, informasi, dan hasil analisis yang disajikan adalah valid, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik, serta tidak mengandung unsur manipulasi atau fabrikasi data.
3. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiarisme, pemalsuan data, atau pelanggaran integritas lainnya, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Islam Nusantara, termasuk pembatalan gelar yang telah diperoleh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada paksaan dari pihakmana pun, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 20 Juli 2026

Mohammad Raffy Pradipta Putra

41037006221011

ABSTRAK

MOHAMMAD RAFFY PRADIPTA PUTRA, 2026. Rancang Bangun Sistem monitoring suhu dan Pengendalian Kipas IoT dengan *Multi level control* dan *Data logging* Berbasis Panel Surya. Dibimbing oleh GALIH, S.T., M.Kom. dan Dr. Ir. TEDJO DARMANTO. M.T.

Penggunaan panel surya sebagai sumber energi terbarukan dalam sistem *Internet of Things* (IoT) memerlukan mekanisme monitoring dan pengendalian yang mampu menjaga efisiensi operasional dan keandalan secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemantauan berbasis IoT untuk parameter suhu, tegangan, dan arus yang terintegrasi dengan kontrol kipas otomatis menggunakan metode *On/Off* dan *Multi-level Control*, dilengkapi pencatatan data, pemantauan berbasis web, dan mekanisme fail-safe. Metode penelitian menggunakan pendekatan rancang bangun yang mencakup identifikasi kebutuhan, desain sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian, serta evaluasi kinerja. Perangkat keras terdiri dari panel surya, modul TP4056, baterai 18650, LM2596, ESP8266, sensor DHT22, sensor INA219, relay, dan kipas DC 5 V. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan *React JS*, *REST API*, dan *MySQL* sebagai *platform* pemantauan berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu menampilkan data suhu, tegangan, dan arus secara *real-time*, menyimpan data melalui fitur *data logging*, serta mengontrol kecepatan kipas pada tiga tingkat sesuai perubahan suhu. Pengujian *black-box* menunjukkan seluruh fitur situs web berfungsi sesuai rancangan, sementara pengujian sensor menunjukkan tingkat kesalahan relatif rendah dibandingkan instrumen referensi. Mekanisme *fail-safe* berhasil mematikan operasi kipas saat parameter listrik berada dalam kondisi abnormal sehingga meningkatkan keselamatan sistem. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi pemantauan berbasis IoT, kontrol adaptif, dan pemanfaatan energi panel surya dapat menghasilkan sistem yang terintegrasi, responsif, dan andal untuk mendukung pengembangan sistem pemantauan pintar berbasis energi terbarukan.

Kata Kunci: DHT22, ESP8266, *fail-safe*, INA219, *Internet of Things* (IoT).

ABSTRACT

MOHAMMAD RAFFY PRADIPTA PUTRA, 2026. *Design and Development of an IoT-Based Temperature Monitoring and Fan Control System with Multi-Level Control and Data Logging Powered by Solar Panels*. Supervised by GALIH, S.T., M.Kom. and Dr. Ir. TEDJO DARMANTO, M.T.

The use of solar panels as a renewable energy source in Internet of Things (IoT) systems requires monitoring and control mechanisms capable of maintaining operational efficiency and reliability. This research aims to design and build an IoT-based monitoring system for temperature, voltage, and current, integrated with automatic fan control using On/Off and Multi-level Control methods, equipped with data logging, web-based monitoring, and a fail-safe mechanism. The research method follows a design-and-build approach covering requirement identification, system design, hardware and software implementation, testing, and performance evaluation. The hardware consists of solar panels, a TP4056 module, an 18650 battery, an LM2596, an ESP8266, a DHT22 sensor, an INA219 sensor, a relay, and a 5V DC fan. The software was developed using React JS, a REST API, and MySQL as the web-based monitoring platform. Results show that the system can display temperature, voltage, and current data in real time, store data through a data logging feature, and automatically control fan speed at three levels in response to temperature changes. Black-box testing shows that all website features function as intended, while sensor testing reveals a relatively low error rate compared to reference instruments. The fail-safe mechanism successfully shuts down fan operation when electrical parameters become abnormal, improving system safety. This research demonstrates that integrating IoT-based monitoring, adaptive control, and solar panel energy utilization produces an integrated, responsive, and reliable system supporting the development of smart, renewable-energy-based monitoring systems.

Keyword: DHT22, ESP8266, fail-safe, INA219, Internet of Things (IoT)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN PENGENDALIAN KIPAS IoT DENGAN *MULTI LEVEL CONTROL* DAN *DATA LOGGING* BERBASIS PANEL SURYA”**. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Pertanian, Universitas Islam Nusantara

Tugas akhir ini disusun dengan tujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring suhu berbasis IoT dengan *Multi level control* dan *data logging* berbasis panel surya. Yang dilatarbelakangi oleh kebutuhan sistem pemantauan dan pengendalian suhu yang efisien, andal, dan berkelanjutan. Dalam proses penyusunannya, penulis banyak memperoleh bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Endang Komara, M.M.Pd.**, selaku Rektor universitas Islam Nusantara.
2. Ibu **Dr. Debby Ustari, S.P., M.P.**, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Pertanian Universitas Islam Nusantara, yang selalu memberikan dukungan serta memfasilitasi pelaksanaan proses Pendidikan dan Tugas Akhir ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Tedjo Darmanto, M.T.**, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika
4. Bapak **Galih.S.T.,M.Kom.** Selaku dosen pembimbing I dan Bapak **Dr.Ir. Tedjo Darmanto,M.T.**, selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan waktu, ilmu, arahan serta bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terimakasih atas kesabaran dan perhatian yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ayah dan Mama. Meskipun kita bukan keluarga yang hangat dan terbiasa berbicara dari hati ke hati, penulis tahu bahwa di dalam kedinginan itu tersimpan beribu do'a, dan harapan yang tak pernah putus. Penulis memahami dan merasakan bahwa cinta dan dukungan yang kalian berikan

hadir dalam bentuk yang berbeda. Selesainya Tugas Akhir, termasuk segala pencapaian yang penulis raih, menjadi bukti atas doa dan harapan kalian. Terimakasih untuk segala restu dan semua hal yang kalian usahakan untuk penulis.

6. Ketiga saudara penulis, Terimakasih sudah menjadi sumber semangat dan motivasi dalam setiap perjuangan penulis. Meski sering menjadi “musuh terbesar”, di balik kata itu. Kau lah alasanku untuk terus berjuang dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Nusantara, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pembelajaran berharga selama masa perkuliahan.
8. Ratu Febya Lesmana, wanita hebat setelah ibu penulis, Terimakasih karena selalu memberikan dukungan, meluangkan waktu, dan menemani segala proses yang penulis lalui, Terimakasih karena selalu hadir mendengarkan setiap keluh kesah serta menjadi salah satu alasan penulis tetap kuat dan tidak menyerah dalam proses Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat di sebutkan satu per satu, yang telah mendoakan, memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. *Last but not least*, anak laki-laki pertama dan harapan orang tuanya. Mohammad Raffy Pradipta Putra, terimakasih tetap memilih bertahan dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini serta tidak memilih menyerah sesulit apa pun proses penyusunan Tugas Akhir ini dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin.

Bandung, 20 Juli 2026

Mohammad Raffy Pradipta Putra

NIM. 41037006221011

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SIDANG.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1 Manfaat Teoritis	6
1.5.2 Manfaat Praktis	6
1.6 Jadwal Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II LANDASAN TEORI	10

2.1 Posisi Penelitian (State Of The Art).....	10
2.1 <i>Internet of Things</i>	17
2.1.1 Arsitektur <i>Internet of Things</i> (IoT)	17
2.1.2 Komponen <i>Internet of Things</i> (IoT).....	19
2.2 Energi Surya (Solar Panel).....	20
2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya	22
2.2.2 Jenis – Jenis Panel Surya.....	23
2.2.3 Spesifikasi Panel Surya	26
2.3 Modul Pengisian dan Penyimpanan Energi	27
2.4 Mikrokontroler ESP8266	30
2.4.1 Arsitektur ESP8266.....	31
2.4.2 Spesifikasi ESP8266	31
2.4.3 Konfigurasi Pin ESP8266	32
2.5 Sensor DHT22.....	33
2.5.1 Prinsip Kerja DHT22	33
2.5.2 Konfigurasi Pin DHT22	34
2.6 Sensor INA219.....	35
2.6.1 Prinsip kerja INA219	35
2.6.2 Spesifikasi INA219	35
2.6.3 Konfigurasi Pin INA219	36
2.7 Sistem <i>Monitoring</i>	37
2.8 Sistem Kontrol	37
2.9 <i>Multi level control</i>	38
2.10 <i>Data logging</i>	39
2.11 Notifikasi Sistem.....	40

2.12 <i>Fail safe System</i>	41
2.13 <i>Website monitoring</i>	43
2.14 REST API	44
2.15 <i>Database MySQL</i>	45
2.16 React JS	46
2.17 Tailwind CSS	48
2.18 Recharts.....	49
2.19 Metode Perancangan Perangkat Lunak.....	50
2.19.1 Metode <i>prototype</i>	51
2.20 UML (Unified Modeling Language).....	56
2.20.1 <i>Use case Diagram</i>	57
2.20.2 <i>Activity Diagram</i>	58
2.20.3 <i>Class Diagram</i>	58
2.20.4 <i>Sequence Diagram</i>	59
2.21 Pengujian Sistem.....	60
2.21.1 Pengujian Perangkat Keras	60
2.21.2 Pengujian Perangkat Lunak	61
2.21.1 <i>Black Box Testing</i>	61
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	63
3.1 Kerangka Berfikir.....	63
3.2 Metode Penelitian.....	63
3.2.1 Tahapan Penelitian	64
3.3 Prosedur Penelitian.....	68
3.3.1 Identifikasi Masalah	69
3.3.2 Studi Literatur	69

3.3.3 Analisis Kebutuhan Sistem	69
3.3.4 Perancangan Sistem	70
3.3.5 Implementasi Sistem	70
3.3.6 Pengujian Sistem.....	70
3.3.7 Pengumpulan Data	71
3.3.8 Analisis Data	71
3.3.9 Penarikan Kesimpulan dan Rekomendasi	71
3.4 Rancangan Sistem	71
3.4.1 Arsitektur Sistem.....	72
3.4.2 <i>Use case</i> Diagram	75
3.4.3 <i>Activity</i> Diagram.....	78
3.4.4 Class Diagram	80
3.4.5 <i>Sequence</i> Diagram.....	83
3.4.6 <i>Flowchart</i> Sistem	86
3.4.7 Rancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	90
3.4.8 Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	97
3.5 Rencana Implementasi Sistem	104
3.6 Teknik Pengumpulan Data	109
3.6.1 Studi Literatur	109
3.6.2 Studi Kasus	110
3.6.3 Eksperimen.....	110
3.7 Pengolahan dan Analisis Data.....	111
3.7.1 Pengolahan Data.....	111
3.7.2 Analisis Akurasi Sensor	112
3.7.3 Analisis Kinerja Sistem <i>Monitoring</i>	112

3.7.4 Analisis <i>Multi level control</i>	113
3.7.5 Analisis Kinerja Sistem Kontrol	113
3.7.6 Analisis Kinerja Panel Surya	114
3.7.7 Analisis Deskriptif Kuantitatif	114
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	115
4.1 Implementasi Sistem	115
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	115
4.1.2 implementasi Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	121
4.2 Hasil Implementasi Sistem.....	128
4.2.1 Hasil <i>Monitoring</i> Suhu.....	128
4.2.2 Hasil <i>Monitoring</i> Tegangan dan Arus.....	132
4.2.3 Hasil Pengendalian Kipas Menggunakan <i>Multi level control</i>	136
4.2.4 Hasil <i>Data logging</i>	138
4.2.5 Hasil <i>Monitoring</i> Melalui <i>Website</i>	141
4.2.6 Hasil Implementasi Sistem Berbasis Panel Surya.....	145
4.2.7 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	147
4.2.8 Kelebihan dan Keterbatasan Sistem.....	149
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	152
5.1 Kesimpulan.....	152
5.2 Saran	153
5.2.1 Saran Akademis	153
5.2.1 Saran Praktis	153
DAFTAR PUSTAKA	155
DAFTAR LAMPIRAN	160
RIWAYAT HIDUP PENULIS	169

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jadwal Penelitian.....	7
Tabel 2. 1 State OF The Art	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi panel surya.....	26
Tabel 2. 3 konfigurasi pin ESP8266	32
Tabel 2. 4 Konfigurasi pin DHT22	34
Table 2. 5 Spesifikasi INA219	35
Tabel 2. 6 Konfogurasi pin INA219	36
Tabel 2. 7 Pin konfigurasi INA219	36
Tabel 2. 8 UML Use case.....	57
Tabel 2. 9 UML Activity Diagram.....	58
Tabel 2. 10 Class diagram.....	59
Tabel 2. 11 Sequence diagram	59
Tabel 3. 1 Komponen hardware	90
Tabel 3. 2 Component software	98
Tabel 3. 3 Perancangan Level Sistem Kontrol.....	99
Tabel 4. 1 Konfigurasi Pin ESP8266	119
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Suhu	129
Tabel 4. 3 Perbandingan Thermometer digital.....	129
Tabel 4. 4 Nilai persentase error	130
Tabel 4. 5 Hasil pengukuran tegangan dan arus	133
Tabel 4. 6 Perbandingan multimeter	133
Tabel 4. 7 Persentase error tegangan dan arus	134
Tabel 4. 8 Hasil pengujian multi level control.....	136
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian kontrol manual.....	137
Tabel 4. 10 Hasil monitoring PWM.....	137
Tabel 4. 11 Pengujian konsistensi penyimpanan data.....	140
Tabel 4. 12 Pengujian panel surya	146

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian black box.....	147
Tabel 4. 14 Kelebihan pada sistem	150
Tabel 4. 15 Keterbatasan pada sistem	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Internet of Things	18
Gambar 2. 2 Potensi energi surya	21
Gambar 2. 3 Prinsip kerja panel surya	22
Gambar 2. 4 Panel Surya Monokristalin	23
Gambar 2. 5 Panel Surya Polikristalin	24
Gambar 2. 6 Panel Surya Thin Film	25
Gambar 2. 7 Panel Surya Organic Photovoltaic	26
Gambar 2. 8 ESP8266	32
Gambar 2. 9 DHT22.....	34
Gambar 2. 10 Gambar Metode prototype	51
Gambar 3. 1 Kerangka berfikir	63
Gambar 3. 2 prosedur Penelitian.....	68
Gambar 3. 3 Arsitektur Sistem.....	73
Gambar 3. 4 Use case diagram sistem	76
Gambar 3. 5 Activity diagram sistem	78
Gambar 3. 6 Class diagram sistem.....	81
Gambar 3. 7 sequence diagram sistem Monitoring.....	84
Gambar 3. 8 Flowchart sistem monitoring suhu dan parameter listrik.....	86
Gambar 3. 9 Diagram Blok Sistem	92
Gambar 3. 10 Wiring Diagram catu daya	92
Gambar 3. 11Wiring Diagram Sensor.....	93
Gambar 3. 12 Wiring Diagram driver kipas.....	94
Gambar 3. 13 Wiring Diagram fail safe sistem.....	94
Gambar 3. 14 Wiring Diagram Sistem Keseluruhan	95
Gambar 3. 15 Deployment diagram Keseluruhan Sistem.....	96
Gambar 3. 16 Wireframe dashboard	100
Gambar 3. 17 wireframe grafik monitroing	101
Gambar 3. 18 Wireframe Sistem kontrol	102
Gambar 3. 19 Wireframe data logging.....	103
Gambar 3. 20 Wireframe sidebar	104

Gambar 3. 21 Rencana Implementasi Sistem	105
Gambar 4. 1 Implementasi panel surya.....	116
Gambar 4. 2 Implementasi catu daya	117
Gambar 4. 3 Implementasi ESP8266	118
Gambar 4. 4 Implementasi Sensor DHT22	119
Gambar 4. 5 Implementasi Sensor INA219	120
Gambar 4. 6 Code autentikasi jaringan	122
Gambar 4. 7 Code program koneksi Wifi	123
Gambar 4. 8 Kode program deklarasi pin dan objek DHT22	124
Gambar 4. 9 Inisialisasi Sensor DHT22.....	124
Gambar 4. 10 Pembacaan data suhu	124
Gambar 4. 11 kode deklarasi objek sensor INA219	125
Gambar 4. 12 Kode inisialisasi sensor INA219	125
Gambar 4. 13 Kode pembacaan tegangan dan arus INA219	125
Gambar 4. 14 Kode logika multi level control berdasarkan suhu.....	126
Gambar 4. 15 Kode konversi level kipas ke nilai PWM.....	127
Gambar 4. 16 Kode data JSON ke server	128
Gambar 4. 17 Grafik suhu realtime.....	131
Gambar 4. 18 Grafik tegangan dan arus.....	135
Gambar 4. 19 Pengujian database	139
Gambar 4. 20 Halaman data logging.....	139
Gambar 4. 21 Tampilan dashboard	141
Gambar 4. 22 Tampilan data logging.....	142
Gambar 4. 23 Tampilan grafik	143
Gambar 4. 24 Tampilan kontrol	144
Gambar 4. 25 Tampilan fitur notifikasi	145

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

No	Istilah	Keterangan
1	IoT (Internet of Things)	Konsep konektivitas antarperangkat elektronik melalui jaringan internet sehingga dapat saling bertukar data dan dikendalikan dari jarak jauh.
2	ESP8266	Modul mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang digunakan sebagai pusat pemrosesan data serta penghubung antara sensor, aktuator, dan jaringan internet pada sistem.
3	DHT22	Sensor digital yang digunakan untuk membaca nilai suhu dan kelembapan udara secara langsung pada sistem monitoring.
4	INA219	Sensor digital berbasis komunikasi I2C yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada sistem.
5	TP4056	Modul pengisi daya (charger module) yang berfungsi mengatur proses pengisian baterai lithium 18650 dari sumber panel surya.
6	LM2596	Modul step-down (buck converter) yang berfungsi menurunkan dan menstabilkan tegangan listrik agar sesuai kebutuhan komponen sistem.
7	PWM (Pulse Width Modulation)	Teknik modulasi lebar pulsa yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran kipas DC secara bertingkat.
8	<i>Multi-level Control</i>	Metode pengendalian yang mengatur kecepatan kipas ke dalam beberapa tingkatan (level) berdasarkan perubahan nilai suhu yang terbaca.
9	On/Off Control	Metode pengendalian sederhana yang mengaktifkan atau menonaktifkan kipas berdasarkan status tertentu tanpa pengaturan tingkat kecepatan.
10	Fail-Safe System	Mekanisme keamanan yang secara otomatis menghentikan operasi kipas ketika parameter listrik atau suhu berada pada kondisi abnormal.
11	<i>Data logging</i>	Proses pencatatan dan penyimpanan data secara berkala ke dalam basis data agar dapat ditinjau atau dianalisis di kemudian hari.
12	REST API	Arsitektur antarmuka pemrograman aplikasi yang digunakan untuk menghubungkan komunikasi data antara perangkat keras, server, dan aplikasi web.
13	MySQL	Sistem manajemen basis data relasional yang digunakan untuk menyimpan data hasil pemantauan suhu, tegangan, dan arus.

14	React JS	Pustaka (library) JavaScript yang digunakan untuk membangun antarmuka pengguna (user interface) pada situs web monitoring.
15	Tailwind CSS	Kerangka kerja (framework) CSS berbasis utility-first yang digunakan untuk mempercepat proses penataan tampilan antarmuka web.
16	Recharts	Pustaka visualisasi data berbasis React JS yang digunakan untuk menampilkan grafik suhu, tegangan, dan arus secara real-time.
17	UML (Unified Modeling Language)	Bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk menggambarkan rancangan sistem secara visual, seperti use case, activity, class, dan sequence diagram.
18	Use Case Diagram	Diagram UML yang menggambarkan interaksi antara pengguna (aktor) dengan fungsi-fungsi yang disediakan oleh sistem.
19	Activity Diagram	Diagram UML yang menggambarkan alur aktivitas atau proses kerja yang terjadi di dalam sistem.
20	Class Diagram	Diagram UML yang menggambarkan struktur kelas, atribut, dan hubungan antarkomponen perangkat lunak dalam sistem.
21	Sequence Diagram	Diagram UML yang menggambarkan urutan interaksi antarobjek dalam sistem berdasarkan waktu.
22	<i>prototype</i>	Metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara bertahap melalui pembuatan model awal yang terus disempurnakan.
23	Black-Box Testing	Metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsi keluaran sistem tanpa memeriksa struktur kode program di dalamnya.
24	Wi-Fi	Teknologi komunikasi nirkabel yang digunakan sebagai media penghubung antara perangkat IoT dengan jaringan internet.
25	Panel Surya	Perangkat yang berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik sebagai sumber daya utama sistem.
26	Baterai 18650	Jenis baterai lithium-ion berbentuk silinder yang digunakan sebagai media penyimpanan energi listrik hasil pengisian panel surya.
27	Relay	Komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik menuju kipas.
28	Dashboard	Halaman utama pada situs web monitoring yang menampilkan ringkasan data suhu,

		tegangan, arus, dan status sistem secara real-time.
29	Threshold	Nilai ambang batas suhu yang digunakan sebagai acuan untuk mengubah status atau level kecepatan kipas.
30	JSON (JavaScript Object Notation)	Format pertukaran data ringan yang digunakan untuk mengirimkan data dari perangkat IoT menuju server.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Bebas Plagiasi.....	161
Lampiran 2. Hasil Pembuatan website monitoring	162
Lampiran 3. Proses perakitan hardware	162
Lampiran 4. Mengukur suhu menggunakan thermometer digital.....	163
Lampiran 5. Hasil Implementasi Hardware	163
Lampiran 6 Dokumentasi perencanaan penelitian	164
Lampiran 7 dokumentasi observasi sekolah SMAN 21 Bandung	164
Lampiran 8 Implementasi Penelitian	165
Lampiran 9 Proposal Penelitian	166
Lampiran 10 Poster hasil penelitian.....	167
Lampiran 11 Artikel Ilmiah Hasil Penelitian	168