

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya berfungsi sebagai acuan pengembangan dan sumber kerangka penelitian yang dilakukan oleh penulis. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yang dijadikan rujukan, penulis dapat menarik latar belakang penelitian serta rumusan masalah yang coba dijawab melalui penelitian ini. Dengan pertimbangan utama bahwa apa yang hendak penulis teliti secara spesifik belum dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya atau penelitian ini merupakan pengembangan dari apa yang peneliti lain sudah pernah coba jawab namun dengan keunikan dan metode yang berbeda. Sehingga, harapannya hasil dari penelitian ini adalah hal yang berbeda dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Adapun beberapa penelitian sebelumnya yang penulis jadikan rujukan dan penulis sertakan pada daftar pustaka yang bersumber dari artikel ilmiah beberapa jurnal internasional diantaranya:

1. Penelitian dengan judul, “*Design & Implementation of Solar Powered Automatic Weather Station based on ESP32 and GPRS Module*”, diteliti oleh A. S. Priambodo dan A. P. Nugroho yang berasal dari Indonesia. Diambil dari “*Journal of Physics: Conference Series*” yang dipublikasikan pada tahun 2021. Pada penelitian ini dijelaskan bagaimana membangun *automatic weather station* dengan tujuh parameter pengukuran cuaca pada daerah yang jauh dari sumber listrik dan internet untuk pengaplikasian pada bidang agrikultur [3].
2. Penelitian dengan judul, “*Analyzing the Impact of Meteorological Parameters on Rainfall Prediction*”, diteliti oleh Muhammad Salman Pathan, Jiantao Wu, dan Soumyabrata Dev yang berasal dari *University College Dublin*, Irlandia, serta Yee Hui Lee yang berasal dari *Nanyang Technological University*, Singapura, dan Jianzhou Yan yang berasal dari *Beijing University of Technology*, China. Diambil dari “*arXiv*” yang dipublikasikan pada tahun 2021. Penelitian ini menganalisa lima tahun data meteorologi dari salah satu stasiun

cuaca yang ada di Amerika Serikat. Hal tersebut bertujuan untuk mencari korelasi antara parameter-parameter cuaca yang tercatat selama lima tahun dengan turunnya hujan [5].

3. Penelitian berjudul, “*Design of CO, CO₂, Temperature, Humidity, And Weather Monitoring System based on Internet of Things (IoT) & Android*”, diteliti oleh Christopher Calvin Adrianto, Yohanes Calvinus, dan Pono Budi Mardjoko yang berasal dari Indonesia. Diambil dari “*IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*” yang dipublikasikan pada tahun 2020. Penelitian ini menjelaskan bagaimana merancang sistem monitoring cuaca dan kualitas udara berbasis IoT dan aplikasi *Android* [6].

2.2. Cuaca

Menurut kamus Merriam-Webster, cuaca didefinisikan sebagai keadaan atmosfer bumi yang berhubungan dengan panas atau dingin, basah atau kering, tenang atau badai, cerah atau mendung [7]. Dari definisi tersebut, secara tidak langsung dapat kita lihat beberapa parameter-parameter besaran fisis yang terdapat pada cuaca, seperti suhu udara yang terkait dengan panas atau dingin, kelembaban udara yang terkait dengan basah atau kering, kecepatan angin yang terkait dengan tenang atau badai, dan cerah atau mendung yang terkait dengan intensitas sinar matahari yang menyinari bumi.



Gambar 2.2. Parameter-parameter cuaca

Cuaca sejak zaman manusia purba sudah menjadi penentu aktivitas manusia. Di mana cuaca menentukan kapan harus keluar untuk berburu dan kapan harus mencari tempat berlindung. Lalu 7ctual zaman berganti ke era bercocok tanam, cuaca tetap menjadi penentu aktivitas manusia. Namun kali ini, cuaca diperhitungkan dalam jangka waktu yang relatif lebih lama, yang biasa disebut sebagai iklim. Iklim ini menjadi penentu

jenis tumbuhan apa yang cocok untuk ditanam, bagaimana cara menanamnya, serta bagaimana merawatnya hingga panen. Hingga zaman modern, cuaca tetap menjadi penentu berbagai aktivitas manusia, dari mulai kegiatan rumah tangga seperti menjemur pakaian, hingga keselamatan transportasi penerbangan. Karena cuaca merupakan hal yang vital bagi berbagai aktivitas manusia, maka sepanjang sejarah peradaban, manusia sudah melakukan berbagai macam upaya untuk dapat mengendalikan fenomena &actual&, mulai dari pemantauan parameter cuaca serta prediksinya, hingga rekayasa cuaca untuk suatu kepentingan tertentu.

Selain itu, pada banyak daerah di bumi, cuaca juga menjadi penentu keberlangsungan hidup yang ada di sana. Karena &actual cuaca kering berkepanjangan, atau yang biasa disebut musim kemarau, maka sumber-sumber mata air sebagai penopang utama kehidupan akan sulit didapatkan.

2.2.1. Parameter-Parameter Cuaca

Di antara parameter-parameter cuaca yang dalam kehidupan sehari-hari &actual& amati, rasakan, dan &actual& ukur adalah suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, serta kecepatan angin. Perbedaan cuaca dari suatu tempat dengan tempat lainnya di bumi terjadi &actual terdapat perbedaan parameter-parameter tersebut satu dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena perbedaan sudut datangnya sinar matahari pada permukaan bumi di suatu tempat. Selain itu, perbedaan cuaca, atau iklim secara lebih umum, disebabkan juga karena letak geografis suatu tempat di permukaan bumi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing parameter cuaca yang dapat kita ukur.

Suhu udara : Suhu udara merupakan derajat panas atau dinginnya udara. Udara yang panas mengindikasikan suhu yang tinggi. Begitu pun sebaliknya, udara yang dingin mengindikasikan suhu yang rendah.

Kelembaban udara: Kelembaban udara adalah persentase intensitas air yang terkandung di dalam udara. Seringkali kelembaban udara juga disebut sebagai presentase uap air yang ada di dalam udara. Udara yang terasa basah mengindikasikan kelembaban yang tinggi. Begitu pun

sebaliknya, udara yang kering mengindikasikan kelembaban yang rendah.

Tekanan udara : Tekanan udara atau disebut juga sebagai *atmospheric pressure* atau *barometric pressure* adalah tekanan yang disebabkan oleh massa udara pada permukaan apapun yang disentuhnya. Semakin tinggi suatu benda dari permukaan air laut maka semakin rendah tekanan udara yang menyimpannya. Dalam konteks cuaca, tekanan udara yang rendah mengimplikasikan area yang berawan, berangin, dan hujan. Sedangkan, tekanan udara yang tinggi mengimplikasikan udara yang normal dan tenang [8].

2.2.2. Pengukuran Cuaca

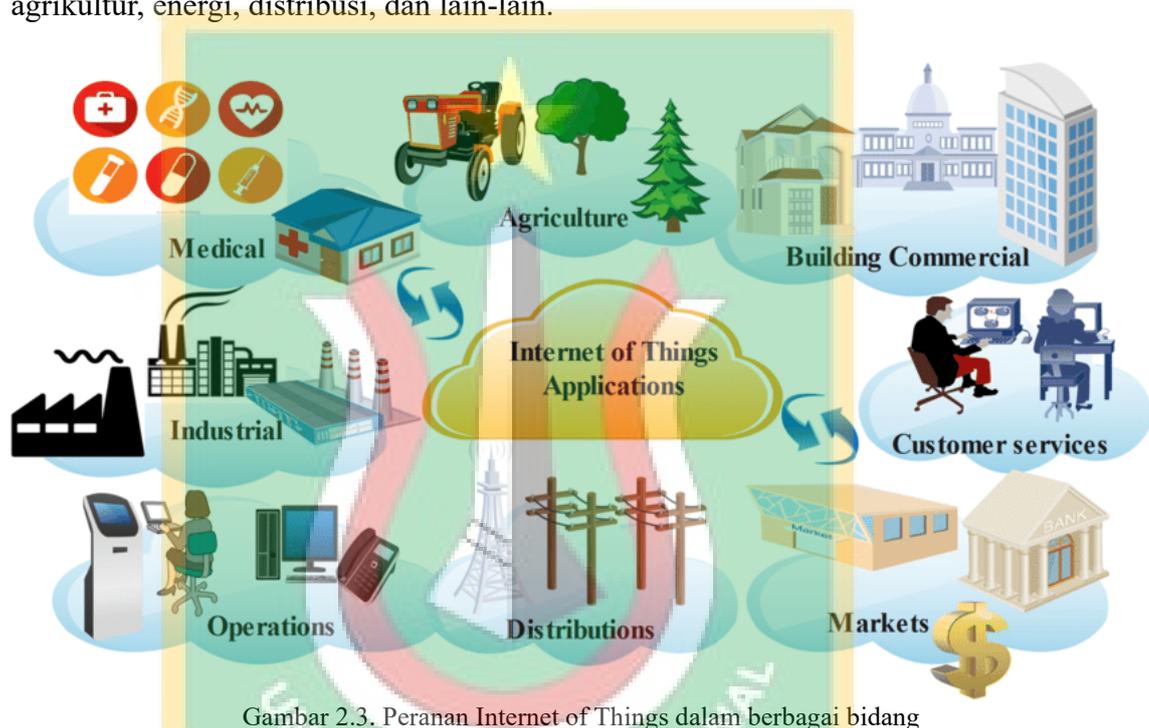
Pengukuran cuaca adalah proses mengamati, menghitung, serta mencatat setiap perubahan fisis yang terjadi pada tiap-tiap parameter cuaca yang diamati dengan menggunakan alat. Tiap parameter cuaca memiliki metode ukur serta alat ukur yang berbeda pula. Hal ini disebabkan oleh perbedaan fenomena fisis dari parameter cuaca yang diamati. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai metode ukur serta alat ukur konvensional dalam memantau parameter-parameter cuaca yang ada, melainkan menggunakan sensor-sensor digital yang dapat dihubungkan ke mikrokontroler untuk kebutuhan pengendalian dan transmisi data. Pembahasan mengenai sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian ini akan dibahas kemudian.

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau yang biasa disingkat sebagai IoT adalah sebuah sistem yang menghubungkan alat pemrosesan *9ctual9r*, mesin-mesin mekanis dan digital, benda-benda, hewan, dan manusia yang masing-masingnya memiliki identifikasi unik (*unique identifiers*), yang mana kesemuanya memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui sebuah jaringan tanpa memerlukan campur tangan manusia [9].

Sebuah “*thing*” di dalam *Internet of Things* bisa merupakan sebuah lampu LED pada suatu ruangan di dalam sebuah rumah, atau sebuah alat monitor kondisi *9ctual9ra* tubuh yang terpasang pada seorang pasien, atau bisa merupakan sebuah mesin produksi

di dalam sebuah pabrik yang perlu secara aktif dimonitor baik untuk kebutuhan perawatan, pengukuran performa, dan lain sebagainya. Sebuah “thing” di dalam *Internet of Thing* bisa juga merupakan sebuah mobil otomatis yang sedang berjalan tanpa pengemudi di jalan raya. Segala sesuatu bisa menjadi bagian dalam arsitektur *Internet of Things* selama sesuatu itu bisa terhubung ke jaringan internet. Oleh karena kapabilitas ini, penerapan IoT sangatlah luas pada berbagai bidang, mulai dari 10ctual10r, medis, agrikultur, energi, distribusi, dan lain-lain.



Gambar 2.3. Peranan Internet of Things dalam berbagai bidang

2.4. ESP32

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroller 32bit yang ada di pasaran yang biasa digunakan untuk membuat proyek berbasis *Internet of Things*. Mikrokontroller ini merupakan suksesor dari generasi sebelumnya, yaitu ESP8266. Dibuat oleh pabrik chip asal China, Espressif Systems. ESP32 menawarkan kemudahan untuk membuat berbagai macam proyek IoT karena didukung oleh konektivitas *WiFi* dan *Bluetooth dual-mode* secara langsung pada sistemnya (*system on a chip*) [10].

Inti dari mikrokontroller ESP32 adalah mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 baik versi *single-core* maupun *dual-core* yang memiliki *clock-rate* sampai 240 MHz. ESP32 sangat terintegrasi dengan sakelar 10ctual10 *built-in*, *RF balun*, *power amplifier*,

amplifier penerima derau rendah, filter, dan modul manajemen daya. ESP32 dapat mencapai konsumsi daya ultra rendah melalui fitur hemat daya.



Gambar 2.4. Mikrokontroler ESP32

2.4.1. Spesifikasi ESP32

Berikut adalah spesifikasi lengkap dari sebuah mikrokontroler ESP32.

Prosesor:

- **Prosesor utama:** Tensilica Xtensa 32-bit LX6 microprocessor
 - Cores: 2 atau 1 (tergantung variasi)
 - Semua chip pada seri ESP32 adalah dual-core kecuali ESP32-S0WD, yang merupakan single-core
 - Frekuensi clock: Sampai sekitar 240 MHz
 - Performa: Sampai sekitar 600 DMIPS
- **Co-Prosesor berdaya ultra rendah:** memungkinkan konversi ADC, komputasi, dan level thresholds 11 ctual mode deep-sleep.

Konektivitas nirkabel:

- **Wi-Fi:** 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz up to 150 Mbit/s)
- **Bluetooth:** v4.2 BR/EDR dan Bluetooth Low Energy (BLE)

Memori:

- **Memori internal:**
 - ROM: 448 KiB

Untuk booting dan fungsi-fungsi inti.

- SRAM: 520 KiB

Untuk data dan instruksi.

- RTC fast SRAM: 8 KiB

Untuk penyimpanan data dan CPU utama selama RTC Boot dari mode deep-sleep.

- RTC slow SRAM: 8 KiB

Untuk pengaksesan co-prosesor selama mode deep-sleep.

- eFuse: 1 Kibit

Di mana 256 bits digunakan untuk sistem (MAC address dan konfigurasi chip) dan sisanya 768 bits dicadangkan untuk aplikasi pelanggan, termasuk Flash-Encryption dan Chip-ID.

- Embedded flash:

Flash terkoneksi secara internal via IO16, IO17, SD_CMD, SD_CLK, SD_DATA_0 dan SD_DATA_1 pada ESP32-D2WD dan ESP32-PICO-D4.

- 0 MiB (ESP32-D0WDQ6, ESP32-D0WD, dan ESP32-S0WD chips)
- 2 MiB (ESP32-D2WD chip)
- 4 MiB (ESP32-PICO-D4 SiP module)

- **Flash eksternal & SRAM:** ESP32 mendukung sampai empat 16 MiB QSPI flash eksternal dan SRAM dengan enkripsi perangkat keras berbasis AES untuk melindungi program dan data pengembang. ESP32 dapat mengakses QSPI flash eksternal dan SRAM melalui *cache* berkecepatan tinggi.

- Sampai sekitar 16 MiB flash eksternal dipetakan ke memori ke ruang kode CPU, mendukung akses 8-bit, 16-bit dan 32-bit. Eksekusi kode didukung.
- Sampai sekitar 8 MiB flash eksternal/memori SRAM dipetakan ke ruang data CPU, mendukung akses 8-bit, 16-bit dan 32-bit. Pembacaan data didukung pada flash dan SRAM. Penulisan data didukung pada SRAM.

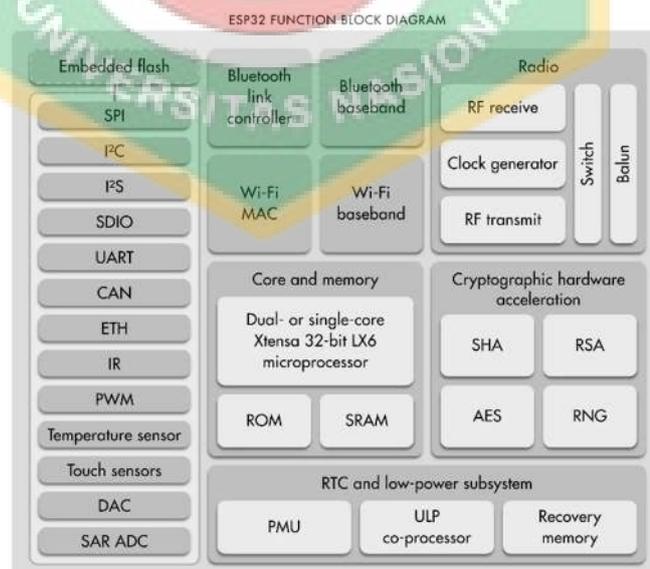
- Chip ESP32 dengan flash tertanam tidak mendukung pemetaan alamat antara flash eksternal dan 13ctual13ral.

Input/output 13ctual13ral: Antarmuka 13ctual13ral yang kaya dengan DMA yang termasuk capacitive touch, ADC (analog-to-digital converter), DAC (digital-to-analog converter), I²C (Inter-Integrated Circuit), UART (universal asynchronous receiver/transmitter), CAN 2.0 (Controller Area Network), SPI (Serial Peripheral Interface), I²S (Integrated Inter-IC Sound), RMI (Reduced Media-Independent Interface), PWM (pulse width modulation), dan lainnya.

Keamanan:

- Semua fitur keamanan standar IEEE 802.11 didukung, termasuk WPA, WPA/WPA2 dan WAPI
- Secure boot
- Flash encryption
- 1024-bit OTP, sampai sekitar 768-bit untuk pelanggan
- Cryptographic hardware acceleration: AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography (ECC), random number generator (RNG)

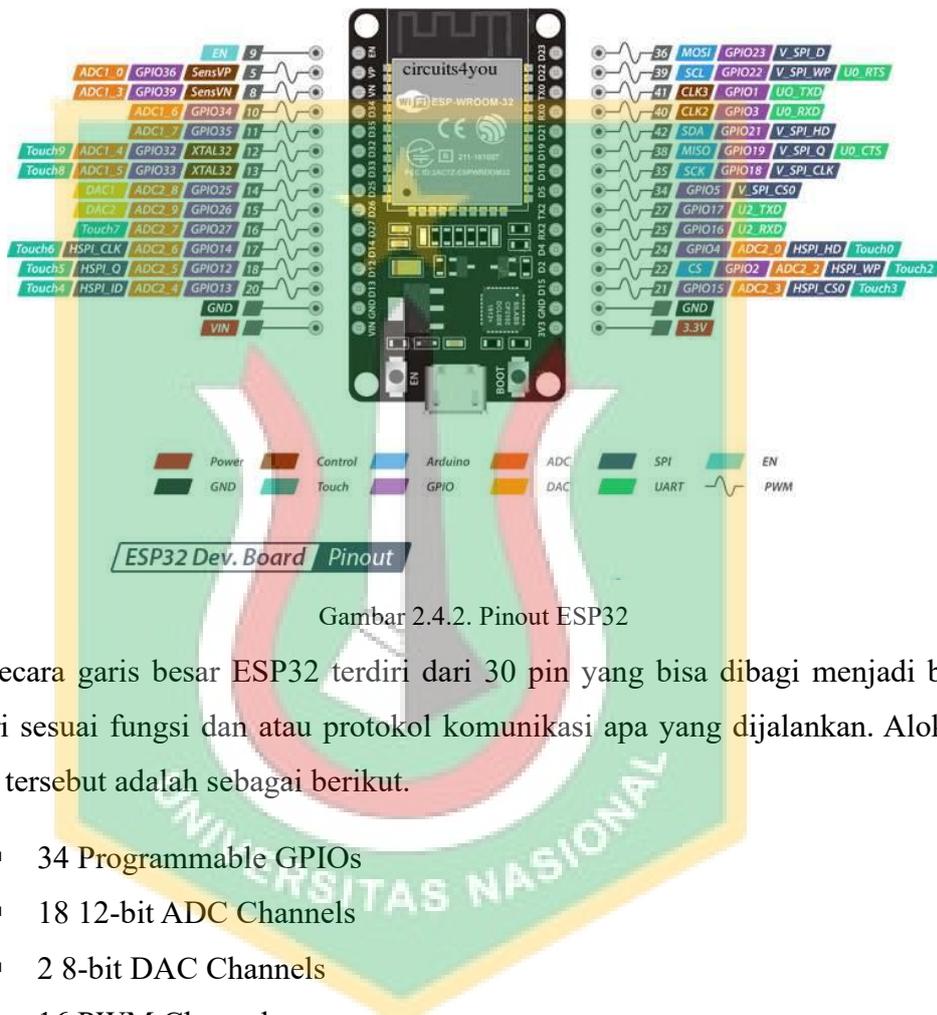
Berikut adalah diagram blok fungsi dari ESP32.



Gambar 2.4.1. Diagram Blok ESP32

2.4.2. Pinout ESP32

Dalam merancang proyek IoT menggunakan ESP32 perlu diperhatikan pinout dari ESP32 sesuai dengan spesifikasi yang ada. Berikut adalah gambar pinout dari ESP32. Versi yang digunakan adalah ESP-WROOM-32.



Gambar 2.4.2. Pinout ESP32

Secara garis besar ESP32 terdiri dari 30 pin yang bisa dibagi menjadi beberapa kategori sesuai fungsi dan atau protokol komunikasi apa yang dijalankan. Alokasi dari pin-pin tersebut adalah sebagai berikut.

- 34 Programmable GPIOs
- 18 12-bit ADC Channels
- 2 8-bit DAC Channels
- 16 PWM Channels
- 3 UART Interfaces
- 3 SPI Interfaces
- 2 I2C Interfaces
- 2 I2S Interfaces
- 10 Capacitive Touch Sensing GPIOs
- 16 RTC GPIOs

2.4.3. Pemrograman ESP32

Pemrograman ESP32 dapat dilakukan di dalam beberapa lingkungan pemrograman dengan 15ctual pemrograman yang berbeda pula, di antaranya:

- Arduino IDE
- Espressif IDF (IoT Development Framework)
- Micropython
- Javascript
- Lua
- dll.

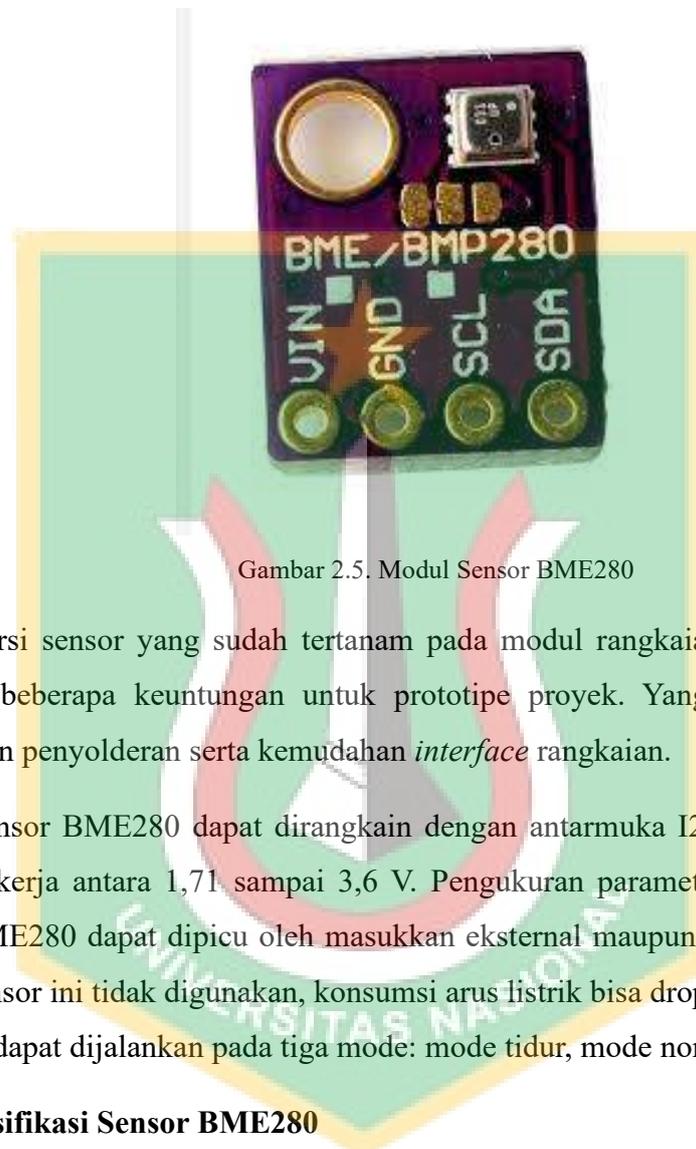
Salah satu metode yang umum digunakan dalam mengembangkan proyek IoT menggunakan ESP32 adalah dengan menggunakan Arduino IDE, di mana *library* dari ESP32 Devkit perlu di-instalasi terlebih dahulu ke dalam lingkungan pengembangan Arduino. Selanjutnya, program bisa dikembangkan dengan 15ctual pemrograman Arduino yang berbasis 15ctual C. Pengunggahan dan pengujian program pada ESP32 dilakukan menggunakan kabel USB A to USB Micro-B.

2.5. Sensor BME280

Sensor BME280 adalah sensor yang dapat mengukur tiga parameter cuaca sekaligus yaitu suhu udara, kelembaban udara, serta tekanan udara berdasarkan prinsip *sensing* yang sudah teruji. Sensor ini berukuran sangat kecil yang terletak di dalam housing metal-lid yang berdimensi hanya 2,5 x 2,5 mm² dengan ketinggian 0.93mm. Ukurannya yang sangat kecil serta konsumsi daya-nya yang juga kecil membuat sensor BME280 ini sangat cocok digunakan untuk proyek yang berbasis baterai dan juga portabel.

Sensor BME280 dapat mencapai performa maksimum pada proyek-proyek yang mengharuskan pengukuran suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Sensor kelembabannya memiliki akurasi keseluruhan yang tinggi pada *range* suhu udara yang lebar. Sensor tekanannya merupakan sensor tekanan barometrik absolut dengan akurasi tinggi dan resolusi dan derau sinyal yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pendahulunya sensor BMP180. Sedangkan sensor suhunya telah dioptimalisasi dengan derau rendah

serta resolusi yang tinggi. Sensor BME280 yang penulis gunakan merupakan versi yang sudah tertanam pada modul seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.5. Modul Sensor BME280

Versi sensor yang sudah tertanam pada modul rangkaian seperti pada gambar memiliki beberapa keuntungan untuk prototipe proyek. Yang paling utama adalah kemudahan penyolderan serta kemudahan *interface* rangkaian.

Sensor BME280 dapat dirangkain dengan antarmuka I2C maupun SPI dengan tegangan kerja antara 1,71 sampai 3,6 V. Pengukuran parameter cuaca menggunakan sensor BME280 dapat dipicu oleh masukan eksternal maupun dengan interval waktu. Ketika sensor ini tidak digunakan, konsumsi arus listrik bisa drop sampai 0,1 uA. Sensor BME280 dapat dijalankan pada tiga mode: mode tidur, mode normal, dan mode paksa.

2.5.1. Spesifikasi Sensor BME280

Subbab ini membahas spesifikasi lengkap dari sensor BME280. Adapun spesifikasi yang dibahas di antaranya: spesifikasi parameter kelistrikan umum, spesifikasi parameter kelembaban, spesifikasi parameter tekanan, serta spesifikasi parameter suhu.

Spesifikasi parameter kelistrikan dari sensor BME280 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5.1.a. Spesifikasi Parameter Kelistrikan Umum BME280

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage Internal Domains	V _{DD}	ripple max. 50 mVpp	1.71	1.8	3.6	V
Supply Voltage I/O Domain	V _{DDIO}		1.2	1.8	3.6	V
Sleep current	I _{DDSL}			0.1	0.3	μA
Standby current (inactive period of normal mode)	I _{DDSB}			0.2	0.5	μA
Current during humidity measurement	I _{DDH}	Max value at 85 °C		340		μA
Current during pressure measurement	I _{DDP}	Max value at -40 °C		714		μA
Current during temperature measurement	I _{DDT}	Max value at 85 °C		350		μA
Start-up time	t _{startup}	Time to first communication after both V _{DD} > 1.58 V and V _{DDIO} > 0.65 V			2	ms
Power supply rejection ratio (DC)	PSRR	full V _{DD} range			±0.01 ±5	%RH/V Pa/V
Standby time accuracy	Δt _{standby}			±5	±25	%

Selanjutnya, untuk detail mengenai spesifikasi parameter kelembaban, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.5.1.b. Spesifikasi Parameter Kelembaban

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating range ¹	RH	For temperatures < 0 °C and > 60 °C see Figure 1	-40	25	85	°C
			0		100	%RH
Supply current	I _{DD,H}	1 Hz forced mode, humidity and temperature		1.8	2.8	μA
Absolute accuracy tolerance	A _H	20...80 %RH, 25 °C, including hysteresis		±3		%RH
Hysteresis ²	H _H	10→90→10 %RH, 25 °C		±1		%RH
Nonlinearity ³	NL _H	10→90 %RH, 25 °C		1		%RH

Response time to complete 63% of step ⁴	$\tau_{63\%}$	90→0 or 0→90 %RH, 25°C	1	s
Resolution	R _H		0.008	%RH
Noise in humidity (RMS)	N _H	Highest oversampling, see chapter 3.6	0.02	%RH
Long term stability	ΔH_{stab}	10...90 %RH, 25 °C	0.5	%RH/year

Selanjutnya, spesifikasi parameter tekanan udara sensor BME280 dapat dilihat secara detail pada tabel berikut ini.

Tabel 2.5.1.c. Spesifikasi Parameter Tekanan

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating temperature range	T _A	operational	-40	25	+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Operating pressure range	P	full accuracy	300		1100	hPa
Supply current	I _{DD,LP}	1 Hz forced mode, pressure and temperature, lowest power		2.8	4.2	µA
Temperature coefficient of offset ⁵	TCOP	25...65 °C, 900 hPa		±1.5		Pa/K
				±12.6		cm/K
Absolute accuracy pressure	A ^P _{ext}	300...1100 hPa -20...0 °C		±1.7		hPa
	A _{P,full}	300...1100 hPa 0...65 °C		±1.0		hPa
	A ^P	1100...1250 hPa 25...40 °C		±1.5		hPa
Relative accuracy pressure V _{DD} = 3.3V	A _{rel}	700...900hPa 25...40 °C		±0.12		hPa
Resolution of pressure output data	R _P	Highest oversampling		0.18		Pa
Noise in pressure	N _{P,fullBW}	Full bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6		1.3		Pa
				11		cm
	N _{P,filtered}	Reduced bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6		0.2		Pa
				1.7		cm
Solder drift		Minimum solder height 50µm	-0.5		+2.0	hPa

Long term stability ⁶	ΔP_{stab}	per year		± 1.0		hPa
Possible sampling rate	f_{sample_P}	Lowest oversampling, see chapter 9.2	157	182		Hz

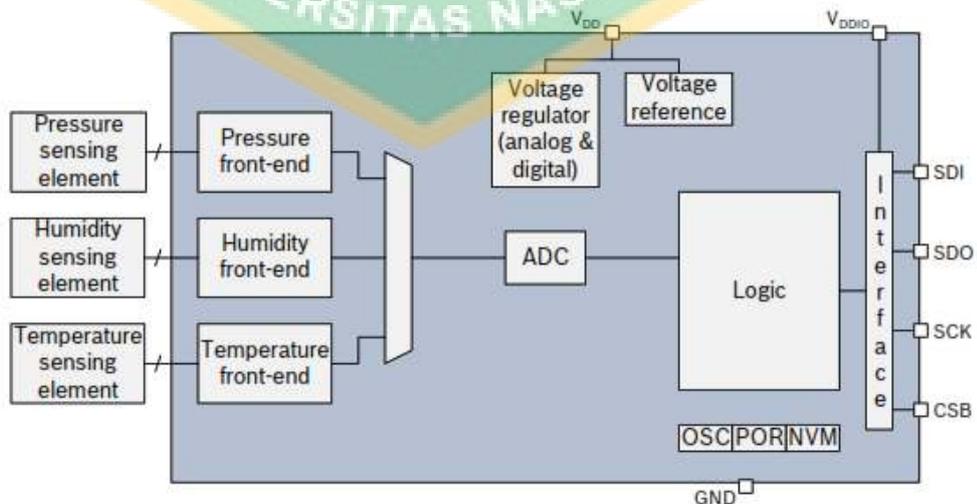
Terakhir, spesifikasi lengkap dari parameter suhu udara dari sensor BME280 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5.1.d. Spesifikasi Parameter Suhu

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating range	T	Operational	-40	25	85	°C
		Full accuracy	0		65	°C
Supply current	$I_{DD,T}$	1 Hz forced mode, temperature measurement only		1.0		μA
Absolute accuracy temperature ⁷	$A_{T,25}$	25 °C		± 0.5		°C
	$A_{T,full}$	0...65 °C		± 1.0		°C
	$A_{T,ext}^B$	-20 ... 0 °C		± 1.25		°C
	$A_{T,ext}^B$	-40 ... -20 °C		± 1.5		°C
Output resolution	R_T	API output resolution		0.01		°C
RMS noise	N_T	Lowest oversampling		0.005		°C

2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280

Diagram blok sensor BME280 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



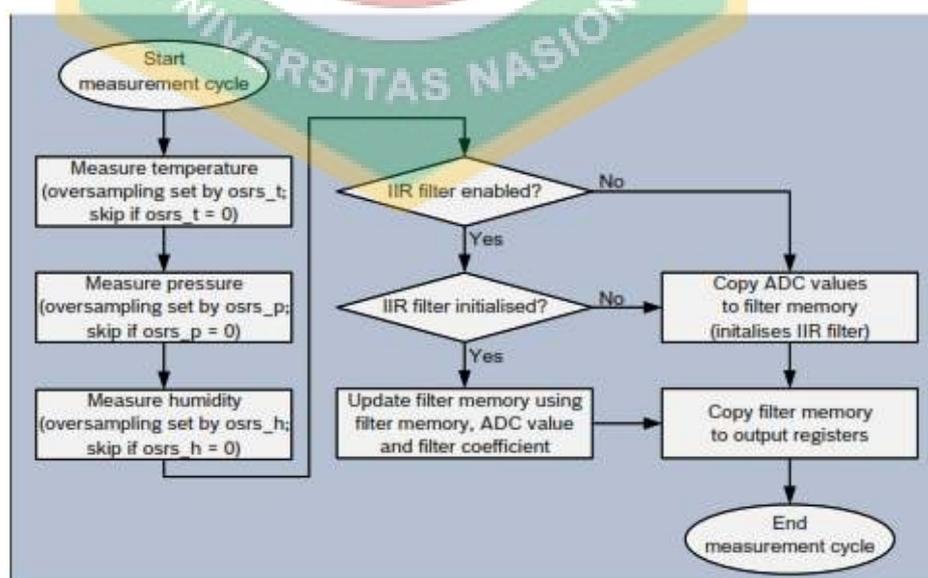
Gambar 2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280

Diagram blok sensor BME280 menggambarkan proses yang terjadi pada sensor BME280 ketika melakukan proses pengukuran ketiga parameter cuaca hingga dapat diinterpretasikan ke sinyal digital yang dapat diolah melalui antarmuka. Dapat dilihat pada diagram blok di atas bahwa sensor BME280 memiliki dua pin catu daya yang berbeda yaitu V_{DD} dan V_{DDIO} . Pin V_{DD} merupakan pin catu daya utama sensor untuk semua blok fungsional analog maupun digital yang ada di dalam sensor. Sedangkan, pin V_{DDIO} merupakan catu daya terpisah yang digunakan untuk menentagani antarmuka digital.

Secara keseluruhan alur kerja dari pembacaan sensor BME280 dimulai dari elemen *sensing* dari masing-masing parameter, yaitu *temperature sensing element*, *humidity sensing element*, dan *pressure sensing element*. Dari masing-masing sensing element, pembacaan sensor akan diteruskan pada *front-end* element yang mana pada tahap ini sinyal pembacaan parameter fisis masih berupa sinyal analog. Untuk mendapatkan keluaran sinyal digital maka selanjutnya sinyal analog dikonversi ke sinyal digital melalui ADC: *Analog to Digital Converter*. Kemudian sinyal diteruskan ke logic yang mengatur regulasi pembacaan sensor yang dilakukan melalui antarmuka digital.

2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280

Alur pengukuran sensor BME280 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280

Periode pengukuran sensor BME280 terdiri atas pengukuran parameter suhu, kelembaban, dan tekanan udara dengan opsi *oversampling*. Setelah periode pengukuran terjadi, data suhu dan tekanan udara dapat dilewatkan melalui opsi filter IIR, yang mana dapat menghilangkan fluktuasi jangka pendek pada pembacaan tekanan. Namun, pada pembacaan kelembaban opsi ini tidak dibutuhkan. Pembahasan mengenai detail masing-masing alur pengukuran tiap parameter adalah sebagai berikut.

2.5.3.1. Alur Pengukuran Kelembaban

Pengukuran kelembaban pada dasarnya dapat diabaikan pada tiap periode pengukuran. Namun, ketika pengukuran kelembaban dijalankan terdapat beberapa opsi *oversampling* yang muncul. Pada pengukuran kelembaban *oversampling* dapat dilakukan untuk mengurangi derau sinyal. Resolusi pengukuran kelembaban berada tetap pada ADC output 16 bit.

2.5.3.2. Alur Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan udara dapat dijalankan ataupun dilewati. Ketika pengukuran tekanan dijalankan, terdapat beberapa opsi *oversampling* yang terjadi. *Oversampling* dilakukan untuk mengurangi derau pada sinyal. Resolusi data tekanan tergantung pada filter IIR dan setting *oversampling* yang digunakan:

- Ketika filter IIR digunakan, resolusi tekanan adalah 20 bit.
- Ketika filter IIR tidak digunakan, resolusi tekanan adalah mencapai hingga 18 bit.

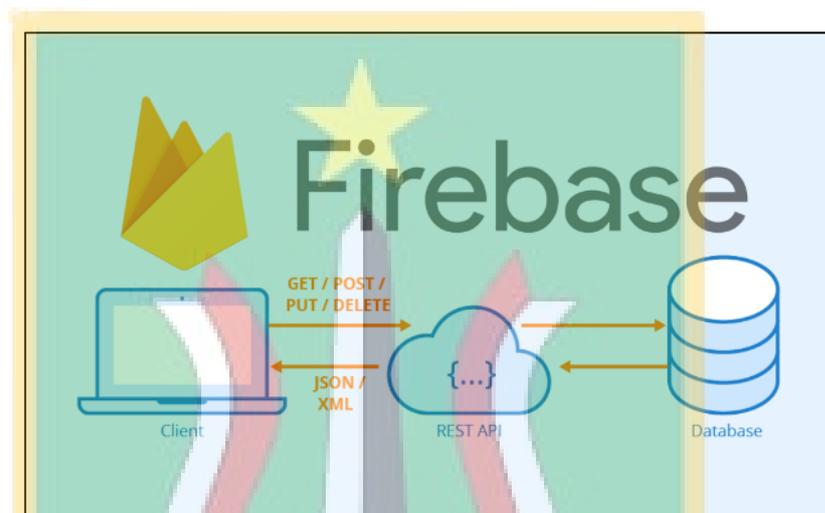
2.5.3.3. Alur Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dapat dianggap sebagai opsional, artinya dapat dilakukan atau dapat juga dilewati. Ketika pengukuran suhu tidak dilakukan, maka implikasinya adalah pengukuran tekanan dapat dilakukan jauh lebih cepat. Namun, ketika pengukuran suhu dilakukan, maka ada beberapa opsi *oversampling* yang muncul. *Oversampling* dimaksudkan untuk mengurangi derau sinyal. Resolusi data suhu sangat tergantung pada penggunaan filter IIR:

- Ketika filter IIR digunakan, resolusi suhu menjadi 20 bit.
- Ketika filter IIR tidak digunakan resolusi suhu hanya mencapai 18 bit.

2.6. Firebase

Firestore Realtime Database adalah basis data yang disimpan di *cloud*. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime ke setiap klien yang terhubung. Ketika seseorang membuat aplikasi lintas platform dengan platform Apple, Android, dan SDK JavaScript, semua klien dapat berbagi satu instans *Realtime Database* dan secara otomatis menerima pembaruan dengan data terbaru.



Gambar 2.6. Ilustrasi Alur Layanan Firebase

2.6.1. Cara Kerja Firebase

Firestore Realtime Database memungkinkan pengguna membuat aplikasi yang kaya dan kolaboratif dengan mengizinkan akses aman ke database langsung dari kode sisi klien. Data disimpan secara lokal, dan bahkan saat *offline*, peristiwa waktu nyata terus menyala, memberikan pengalaman responsif kepada pengguna. Saat perangkat mendapatkan kembali koneksi, *Realtime Database* menyinkronkan perubahan data lokal dengan pembaruan jarak jauh yang terjadi saat klien sedang *offline*.

Realtime Database menyediakan bahasa aturan berbasis ekspresi yang fleksibel, yang disebut Aturan Keamanan *Firestore Realtime Database*, untuk menentukan bagaimana struktur data pengguna dan kapan data dapat dibaca atau ditulis. Saat terintegrasi dengan *Firestore Authentication*, pengembang dapat menentukan siapa yang memiliki akses ke data apa, dan bagaimana mereka dapat mengaksesnya.

Realtime Database adalah database NoSQL dan karenanya memiliki pengoptimalan dan fungsionalitas yang berbeda dibandingkan dengan basis data relasional. *Realtime Database* API dirancang untuk hanya mengizinkan operasi yang dapat dijalankan dengan cepat. Hal ini memungkinkan pengguna membangun pengalaman waktu nyata yang luar biasa yang dapat melayani jutaan pengguna tanpa mengurangi daya tanggap. Karena itu, penting untuk memikirkan tentang bagaimana pengguna perlu mengakses data di Firebase dan kemudian menyusunnya sesuai kebutuhan.

2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase

Kapabilitas kunci dari Firebase Realtime Database dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase

Kapabilitas	Penjelasan
<i>Realtime</i>	Alih-alih menggunakan permintaan HTTP biasa, <i>Firestore Realtime Database</i> menggunakan sinkronisasi data. Setiap kali data berubah, setiap perangkat yang terhubung akan otomatis menerima pembaruan itu dalam milidetik.
<i>Offline</i>	Aplikasi <i>Firestore</i> tetap responsif bahkan saat <i>offline</i> karena <i>Firestore Realtime Database</i> SDK menyimpan data pengguna ke <i>disk</i> . Setelah konektivitas terjadi kembali, perangkat klien menerima setiap perubahan yang terlewatkan, menyinkronkannya dengan status server saat ini.
<i>Accessible</i>	<i>Firestore Realtime Database</i> dapat diakses langsung dari perangkat seluler atau browser web dan tidak memerlukan server aplikasi. Keamanan dan validasi data tersedia melalui aturan keamanan <i>Firestore Realtime Database</i> , aturan berbasis ekspresi yang dijalankan saat data dibaca atau ditulis.
<i>Scalable</i>	Dengan <i>Firestore Realtime Database</i> pada paket harga Blaze, pengguna dapat mendukung kebutuhan data aplikasi dalam skala besar dengan membagi data ke beberapa instans basis data dalam

	<p>proyek <i>Firestore</i> yang sama. Proses autentikasi dapat disederhanakan dengan <i>Firestore Authentication</i>. Kontrol akses ke data di setiap basis data dengan aturan <i>Firestore Security Rules</i> khusus untuk setiap instans basis data.</p>
--	--

2.7. MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah lingkungan pengembangan terintegrasi aplikasi web yang digunakan untuk membuat aplikasi *mobile* berbasis kode blok. Awalnya, MIT App Inventor disediakan oleh Google, namun sekarang dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). Aplikasi ini memungkinkan pemula dalam pemrograman komputer untuk membuat perangkat lunak aplikasi *mobile* dengan menggunakan program berbasis blok. MIT App Inventor adalah perangkat lunak gratis dan *open source* yang dirilis di bawah lisensi ganda: lisensi Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 Unported dan Lisensi Apache 2.0 untuk kode sumber. Untuk dapat memulai pengembangan aplikasi *mobile* menggunakan aplikasi App Inventor, pengguna dapat membuka alamat <http://ai2.appinventor.mit.edu/>.



Gambar 2.7. Logo MIT App Inventor

2.7.1. Alur Pengembangan Aplikasi MIT App Inventor

Pada lingkungan kerja MIT App Inventor, alur pengembangan aplikasi dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian desain tampilan dan bagian kode. Bagian desain tampilan dibuat dengan mengatur komponen-komponen yang akan digunakan pada *screen* sebagai layar utama. Setiap komponen pada *screen*, termasuk gaya dan

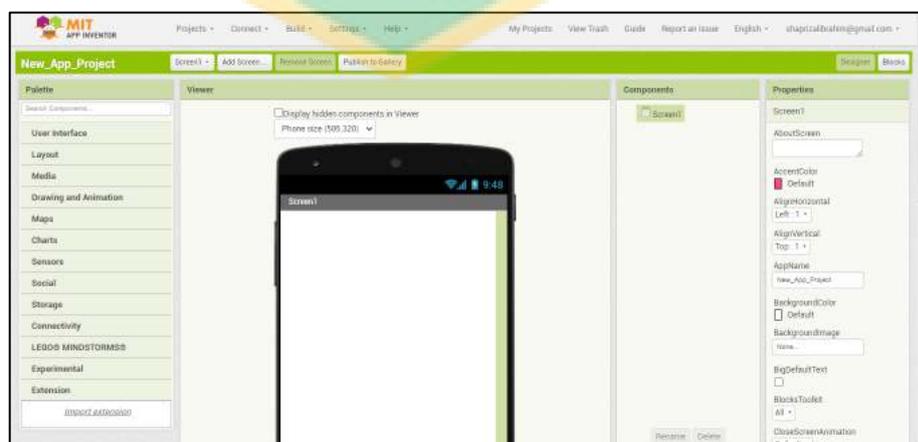
penempatannya dapat dikustomisasi sesuai dengan preferensi pengguna. Sedangkan bagian kode, dibuat dengan mengatur perilaku dari komponen atau *event* di dalam program dengan menggunakan blok kode.

2.7.1.1. Desain Tampilan Aplikasi

Desain tampilan aplikasi App Inventor dilakukan dengan menyusun komponen di dalam *screen*. Komponen-komponen yang terdapat pada layar terdiri atas dua jenis yaitu komponen, yaitu komponen yang terlihat dan komponen yang tidak terlihat. Komponen yang terlihat adalah komponen yang tampil pada *screen*, sedangkan komponen tidak terlihat adalah komponen yang hanya menjalankan fungsionalitas tertentu tanpa terlihat di *screen*.

Komponen-komponen tersebut dibagi atas kategori masing-masing. Kategori-kategori komponen pada MIT App Inventor adalah sebagai berikut: *User interface, layout, media, drawing and animation, maps, charts, sensors, social, storage, connectivity, experimental, dan extension*. Kategori tersebut menunjukkan klasifikasi kegunaan komponen. Misal, pada kategori *user interface*, terdapat segala macam komponen yang mendukung tampilan antarmuka pengguna, baik secara fungsional maupun estetika. Namun, pada kategori sensor tidak memiliki keterkaitan dengan antarmuka pengguna sama sekali.

Tampilan antarmuka MIT App Inventor bagian desain tampilan aplikasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7.1.a. Tampilan Antarmuka Desain Aplikasi MIT App Inventor

2.7.1.2. Pemrograman Aplikasi

Pemrograman aplikasi App Inventor dilakukan dengan menyusun blok-blok kode sesuai dengan fungsionalitas yang hendak dijalankan. Misal, membuat variabel, mengubah teks, mengubah warna *screen*, mengubah gambar, menampilkan data, dll. Blok-blok program pada MIT App Inventor dapat dibagi menjadi blok umum dan blok komponen. Blok umum adalah blok-blok program yang menjalankan konsep pemrograman secara umum seperti inisialisasi variabel, operasi matematika, operasi logika, dll. Sedangkan, blok komponen adalah blok program yang terkait dengan komponen yang sudah pengguna tambahkan pada *screen* di bagian desain. Blok komponen dapat mengubah properti yang dimiliki oleh tiap komponen. Blok komponen bersifat unik untuk setiap jenis komponen.

Tampilan antarmuka MIT App Inventor bagian program dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7.1.b. Tampilan Antarmuka Program Aplikasi App Inventor

2.7.2. Penyimpanan dan Pemrosesan Data MIT App Inventor

Pada MIT App Inventor data bisa berasal dari sumber lokal seperti variabel atau dari sumber eksternal dari basis data. Pada aplikasi sederhana, mungkin sumber data eksternal tidak diperlukan. Namun, pada aplikasi yang lebih kompleks, penggunaan basis data eksternal diperlukan. Pilihan basis data eksternal yang dapat digunakan pada MIT App Inventor di antaranya: *CloudDB*, *Google Spreadsheet*, *TinyDB*, *TinyWebDB*, dan *FirebaseDB*.

2.8. Modul Charger TP4056

Modul charger TP4056 merupakan modul elektronik yang dapat digunakan untuk men-charge baterai li-ion bertegangan sekitar 3,7V sampai 5,5V. Komponen inti dari modul ini adalah IC TP4056 yang dapat menerima tegangan listrik AC maupun DC untuk melakukan pengisian baterai DC. Pada modul ini terdapat beberapa fitur terkait proses pengisian baterai di antaranya indikator baterai penuh, indikator proses charging, micro-usb jack, dll.



Gambar 2.8. Modul charger TP4056

Spesifikasi lengkap dari modul charger TP4056 adalah sebagai berikut.

- Input voltage : 4.5V ~ 5.5V
- A full charge voltage: 4.2V
- Power: 4.2 w
- Charging accuracy: 1.5%
- Charging indicator: micro LED
- Input Interface: Micro USB port
- Charging method: linear charge
- Operating Temperature: -10 to +85°C