

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai alat sistem peringatan dini (*Early Warning System*) tanah longsor telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan topik peringatan dini tanah longsor sebagai kewaspadaan terhadap bencana alam, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Goldlief Erwin Samuel Mige (2022), Onny Octaviani Artha, Budi Rahmadya dan Rahmi Eka Putri (2018), Gita Okta Diana dan Wildian (2019), Agus Setyawan, Jatmiko Endo Suseno, Ratna Dewi Winesthi dan Sela Ade Oktaviana (2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Goldlief Erwin Samuel Mige (2022), jurusan teknik elektro, fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Kupang yang berjudul Implementasi “Jaringan Sensor Nirkabel Sebagai Basis Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah membuat alat yang dapat memantau pergeseran permukaan tanah di lereng dengan cara mencanapkan sensor getaran (*accelerometer*) kedalam permukaan tanah dengan dilengkapi dengan sensor *Geographic Possition System* (GPS). Hasil uji penelitian tersebut adalah hasil pengukuran pada objek tanah longsor buatan yang menghasilkan sensitifitas alat $\pm 17\%$ dan membaca posisi pergerakan tanah dengan tingkat kesalahan 0,00014%. Dalam penelitian tersebut terukur delay maksimum adalah 1,275 detik dan *delay* tersebut adalah 0,98 detik. Konsumsi paket data yang hilang selama 12 jam adalah $\pm 2\%$ dan konsumsi arus dari *Wireless Sensor Network* (WSN) mampu memantau selama ± 11 jam [2].

Penelitian yang dilakukan Onny Octaviani Artha, Budi Rahmadya dan Rahmi Eka Putri (2018), jurusan sistem komputer, fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Padang yang berjudul “Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Menggunakan Sensor *Accelerometer* dan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis Android”. Penelitian tersebut menggunakan Sensor MPU6050 Berbasis

Android”. Penelitian tersebut menggunakan Sensor MPU6050 yaitu sensor *motion tracking* dan sensor *soil moisture* yang ditanam ditanam ditanam sebagai sensor pengukur kelembapan tanah. Untuk mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMcu ESP8266 untuk mengintegrasikan semua sensor dan mengirimkan informasi melalui internet Wi-Fi. Hasil pengujian alat tersebut dengan hasil respon selama 1-3 detik. Kemudian dengan error pada sensor MPU6050 sebesar 0,42% dan sensor *Soil Moisture* sebesar 1,49% [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Gita Okta Diana dan Wildian (2019), jurusan Fisika, Universitas Andalas, Padang yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendeteksian Dini Tanah Longsor Berbasis SMS”. Penelitian tersebut menggunakan sensor VL53L0X dengan modul SIM800L yang berfungsi sebagai pengirim SMS yang diintegrasikan pada mikrokontroler Arduino UNO R3. Penelitian tersebut menghasilkan data siaga I dengan pergeseran tanah 1,12 cm, siaga II dengan pergeseran tanah 2,39 cm, siaga III dengan pergeseran tanah sebesar 3,17cm dan status bahaya sebesar 4,11 cm serta membunyikan *buzzer*. Kemudian kecepatan pengiriman data melalui sms dengan jarak 550 meter dengan waktu 10,399 detik, jarak 10000 meter dengan waktu 13,009 detik dan jarak 20000 meter dengan waktu 16,445 detik [4].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Agus Setyawan, Jatmiko Endo Suseno, Ratna Dewi Winesthi dan Sela Ade Oktaviana (2020), jurusan Fisika, fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, dengan judul “Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan sensor FC-28 dan NodeMCU”. Penelitian tersebut sensor *Soil Moisture* FC-28 dan NodeMCU sebagai mikrokontroler. Alat tersebut bekerja dengan cara menanamkan sensor kedalam tanah untuk mendeteksi kelembaban dalam tanah , kemudian memberikan potensi terjadi tanah longsor dengan membunyikan *buzzer* dan mengirim pesan telegram. Penelitian tersebut menghasilkan pengujian dengan akurasi nilai error sensor sebesar 9,30% dan persamaan linear $y = 0,9929x - 2,5336$ dan nilai $R^2 = 0,9965$ dan sistem mampu mengirim notifikasi pesan rata rata 8,60 detik [5].

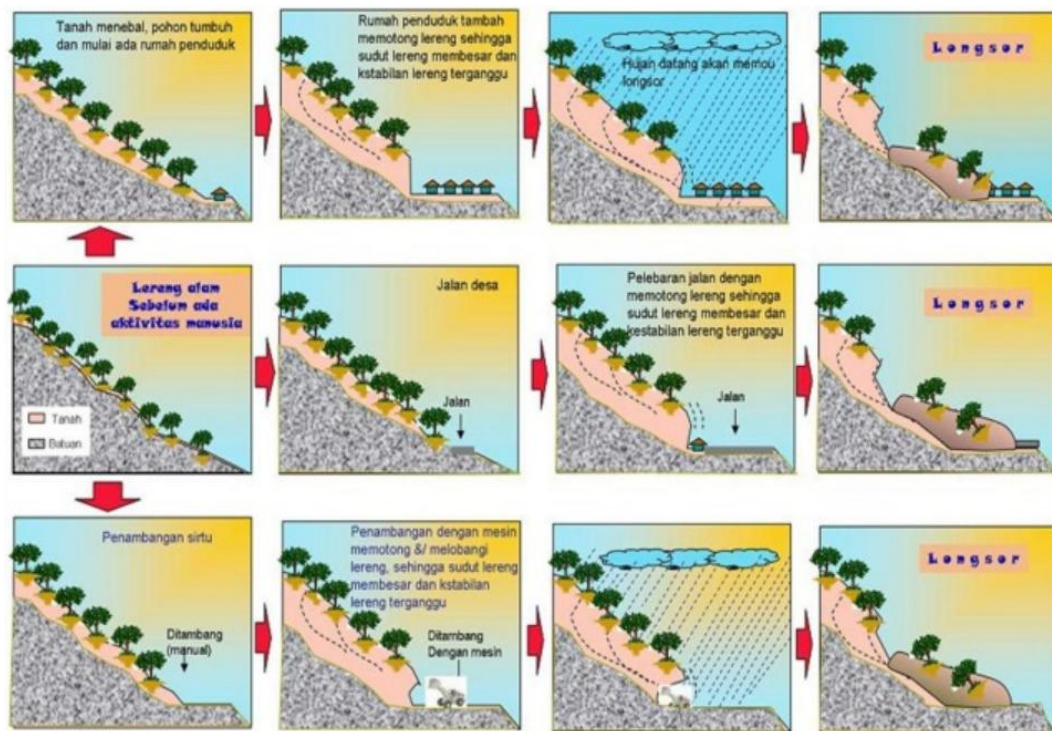
Dari beberapa penelitian, banyak penelitian menggunakan sensor kelembapan dan sensor getaran dengan menanam sensor kedalam tanah dan penggunaan buzzer sebagai pemberi informasi bahaya. Mikrokontroler yang digunakan peneliti terdahulu berbasis pada Arduino UNO dan NodeMCU ESP8266. Pada penelitian terdahulu pengoperasian alat menggunakan sumber listrik dari luar. Pada penelitian ini penulis berusaha mengoptimalkan sistem peringatan tanah longsor yang andal, dapat digunakan berulang kali dan andal. Pada penelitian ini penulis mengembangkan penggunaan panel surya sebagai sumber listrik mandiri yang ramah lingkungan, penggunaan sensor untuk mendeteksi pergerakan tanah dan pengoptimalan pemberitahuan melalui sirine dan pesan telegram.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah suatu proses pergerakan massa tanah atau batuan yang berlangsung ke arah bawah lereng akibat pengaruh gaya gravitasi. Semakin curam kemiringan suatu lereng, maka semakin besar pula potensi material penyusunnya mengalami pergerakan dan berpindah ke area yang lebih rendah. Perpindahan material bergantung pada besarnya regangan untuk mencapai kuat geser puncaknya dan pada tebal zona longsornya [6].

Faktor utama yang dapat menyebabkan potensi bencana tanah longsor adalah intensitas hujan tinggi, lereng yang curam, serta jenis tanah dan batuan yang mudah rapuh. Selain itu, faktor aktivitas manusia seperti penggundulan hutan, pembukaan lahan yang tidak tepat, seperti pembangunan rumah dan pembuatan sawah di lereng, faktor alam juga dapat menyebabkan faktor tanah longsor seperti gempa bumi, erosi, susutnya muka air bendungan yang dapat melemahkan kestabilan tanah dan keberadaan longsor lama yang dapat menjadikan potensi penyebab tanah longsor baru.



Gambar 2-1 Proses Terjadinya Tanah Longsor [6]

Pada Gambar 2-1 menggambarkan proses terjadinya longsor, pada awalnya lereng dalam kondisi stabil dengan pepohonan alami. Namun, pembangunan rumah, pelebaran jalan, dan penambangan membuat sudut lereng menjadi lebih curam dan kestabilannya terganggu. Ketika hujan turun, air meresap ke dalam tanah dan membuat tanah menjadi jenuh air, sehingga ikatan antar partikel tanah melemah. Akibatnya, tanah tidak mampu menahan beban di atasnya dan terjadilah proses tanah longsor.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya penahan batuan tidak sanggup menahan beban tanah pada lereng. Gaya penahan tersebut pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan daya ikat batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan beban tanah dipengaruhi oleh besarnya kemiringan sudut lereng, intensitas air, serta jenis tanah batuan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007, tanah longsor terdiri dari beberapa jenis, yaitu longsor translasi, longsor rotasi,

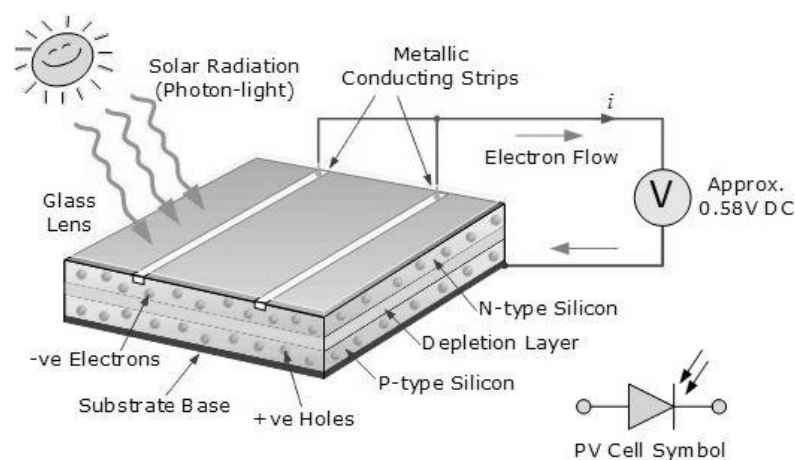
pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Curah hujan yang tinggi

1. Longsoran translasi, terjadi ketika massa tanah dan batuan bergerak di atas bidang gelincir yang berbentuk rata atau menggelombang landai. Jenis longsor ini umum ditemukan di daerah perbukitan.
2. Longsoran rotasi, merupakan pergerakan tanah dan batuan yang terjadi pada bidang gelincir berbentuk cekung. pergerakannya menyerupai rotasi atau perputaran. Longsor ini biasa terjadi pada lereng dengan jenis tanah lempung.
3. Pergerakan blok merupakan tanah longsor yang ditandai dengan perpindahan satu atau beberapa blok batuan besar secara utuh di atas bidang gelincir yang datar. Jenis longsor ini dikenal juga dengan istilah longsor translasi blok batu, dan biasanya terjadi pada lereng yang berbatu.
4. Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lainnya jatuh secara bebas dari lereng yang sangat curam atau menggantung. Umumnya terjadi di daerah pegunungan atau tebing-tebing pantai yang terjal.
5. Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak dengan lambat dan hampir tidak dapat dikenali secara langsung. Jenis ini biasanya terjadi pada tanah berbutir halus dan kasar yang mengalami perubahan kelembaban secara terus-menerus.
6. Aliran bahan rombakan merupakan jenis longsor yang paling berbahaya karena melibatkan campuran tanah, batu, dan material lainnya yang didorong oleh air. Pergerakannya sangat cepat dan dapat menempuh jarak hingga ribuan meter, Longosran ini terjadi di sepanjang lembah atau daerah aliran sungai di sekitar gunung api.

2.2.2 Panel Surya

Panel surya atau solar panel adalah komponen semi konduktor yang mengkonversi foton (cahaya) menjadi energi listrik. Konversi ini disebut efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem

padatan atau cairan saat diletakkan di bawah sinar matahari. Efek *photovoltaic* yang dihasilkan berupa arus listrik yang dapat menghidupkan beban [7]. Arus listrik muncul ketika energi foton dari sinar matahari berubah menjadi energi kinetik dan melepaskan elektron ke pita konduksi. Sel PV atau dikenal juga sebagai sel surya, mengandalkan efek photovoltaic untuk menangkap energi dari matahari kemudian menghasilkan arus yang mengalir antara dua lapisan dengan muatan yang saling berlawanan [7]



Gambar 2-2 Cara Kerja Panel Surya [7]

Gambar 2-2 menunjukkan bahwa energi foton cahaya mengenai semikonduktor tipe N, elektron- electron yang terdapat pada semikonduktor tipe N dapat terbebaskan. Selanjutnya eletron-elekton yang bebas tersebut disambungkan ke semikonduktor tipe P, sehingga terjadi perpindahan electron. Perpindahan ini menghasilkan arus listrik searah atau DC.

2.2.2.1 Jenis-Jenis Panel Surya

Sel surya pada umumnya terbuat dari bahan silikon. Terdapat 3 jenis sel surya silikon yang sering digunakan, yaitu sel surya monokristalin polikristalin dan thin-film cell. Berikut ini penjelasan dari jenis-jenis panel surya tersebut:

1. Panel Surya Monokristalin adalah tipe panel surya yang terbuat dari lapisan tipis silicon murni. Panel surya tipe ini memiliki efisiensi berkisar 15% sampai 20%. Secara fisik panel surya monokristalin memiliki warna sel yang cenderung hitam [7].
2. Panel Surya Polikristalin adalah tipe panel surya yang terbuat dari potongan silicon, namun mengandung lebih banyak kristal silikon. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sebesar 13% sampai 16%. Secara fisik panel surya polikristalin memiliki warna sel yang cenderung biru gelap [7].
3. Panel Surya *Thin-film Cell* adalah panel surya dengan struktur lapisan tipis monokristal-silikon dan amorphous. Secara fisik panel surya thin-film cell memiliki bentuk yang tipis ringan dan fleksibel. Panel surya tipe ini memiliki efisiensi hingga 8,5% [7].

2.2.3 Baterai *Lithium-Ion*



Gambar 2-3 Baterai Li-Ion (*Lithium-Ion*) 18650

Baterai merupakan perangkat penyimpan energi yang mengubah energi kimia menjadi energi Listrik [10]. Baterai memiliki dua kutub, yaitu kutub positif (katoda) dan kutub negatif (*anoda*). Ketika baterai terhubung pada rangkaian terjadi perpindahan ion di dalam elektrolit yang memicu reaksi kimia antara kedua kutub, sehingga menghasilkan aliran arus listrik.

Baterai *lithium-ion* (Li-Ion) merupakan salah satu jenis baterai yang banyak digunakan dalam perangkat elektronik. Baterai ini memiliki tingkat efisiensinya yang tinggi dalam menyimpan energi, daya tahan penggunaan yang panjang, serta memiliki bobot yang ringan. Namun, baterai *lithium-ion* cukup sensitif terhadap suhu tinggi yang dapat menimbulkan risiko kebakaran jika terpapar panas tinggi, *overcharge* atau mengalami kerusakan.

Berikut adalah jenis-jenis baterai *lithium-ion* (Li-Ion) yang umum digunakan sehari-hari:

1. Baterai Silinder (*Cylindrical Cell*), baterai ini memiliki bentuk tabung silinder dan merupakan jenis yang paling umum digunakan. Baterai ini memiliki kapasitas beragam dengan jenis ukuran yang umum digunakan adalah 18650, 21700 dan 14500.
2. Baterai Prismatik (*Prismatic Cell*), memiliki bentuk kotak atau balok dengan casing keras dari logam atau plastik. Baterai jenis ini biasa digunakan pada *smartphone*, tablet, dan kendaraan listrik. Memiliki desain yang ringkas membuatnya cocok untuk perangkat dengan ruang terbatas.
3. Baterai Lithium Polymer (Li-Po), memiliki bentuk pipih dan fleksibel dengan pembungkus dari bahan plastik fleksibel. Baterai ini biasa digunakan pada drone, gadget kecil, dan perangkat *wearable*. Keunggulan utamanya adalah ringan, bisa dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran, serta memiliki kepadatan energi yang tinggi. Namun, baterai ini lebih sensitif terhadap panas dan benturan.
4. Baterai Koin (*Button Cell*), baterai jenis ini berbentuk koin, misalnya tipe LIR2032 dan LIR2450. Biasa digunakan pada jam tangan dan kalkulator

2.2.4 DC-DC Konverter

DC-DC konverter merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan arus searah (DC) dari satu tingkat ke tingkat lainnya tanpa mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC). Perubahan tegangan

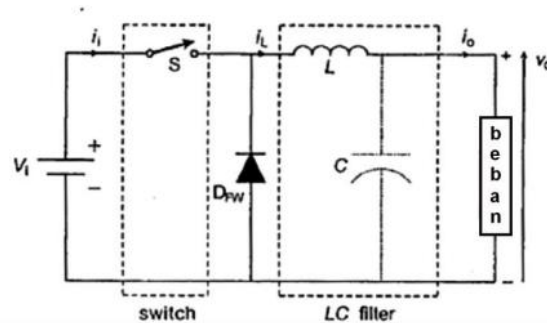
ini dapat berupa penurunan tegangan (step-down), peningkatan tegangan (step-up), atau kombinasi keduanya (step-up/down) sesuai dengan kebutuhan beban.

Prinsip dasar kerja konverter DC-DC adalah penggunaan komponen *switching* berfrekuensi tinggi yang dikendalikan secara elektronik, seperti MOSFET, IGBT, atau BJT [13]. Pengaturan tegangan keluaran dilakukan dengan menerapkan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM), yaitu pengaturan lebar pulsa sinyal untuk mengendalikan lama waktu saklar berada dalam kondisi menyala (*turn-on*) dan mati (*turn-off*). Selama periode *turn-on*, energi disimpan dalam komponen pasif seperti induktor atau kapasitor, dan kemudian dilepaskan ke beban selama periode *turn-off*. Sehingga tegangan keluaran dapat diatur sesuai dengan rasio waktu penyaklaran dari sinyal PWM yang diterapkan.

Pada umumnya DC-DC konverter terdapat 3 fungsi yang biasa digunakan penurun tegangan (*Buck Converter*), peningkat tegangan (*Boost Converter*), atau kombinasi penaik penurun tegangan (*Buck-Boost Converter*) [13].

1. Penurun tegangan (*Buck Converter*) merupakan jenis konverter DC-DC yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input DC menjadi tegangan output DC yang lebih rendah. Konverter ini bekerja dengan cara mengatur siklus kerja (*duty cycle*) dari sinyal PWM pada saklar elektronik, sehingga tegangan rata-rata yang keluar menjadi lebih kecil dari tegangan sumber.
2. Penaik tegangan (*Boost Converter*) merupakan jenis konverter DC-DC yang berfungsi untuk menaikkan tegangan input DC menjadi tegangan output DC yang lebih tinggi. Dalam rangkaian ini, energi disimpan dalam induktor saat saklar dalam keadaan ON dan dilepaskan ke beban saat saklar dalam keadaan OFF.
3. Kombinasi penaik penurun tegangan (*Buck-Boost Converter*), merupakan jenis konverter DC-DC yang berfungsi untuk mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output DC yang dapat lebih tinggi ataupun lebih rendah dari tegangan input. Rangkaian ini menggabungkan prinsip kerja dari *buck converter* dan *boost converter*. Sehingga tegangan output yang dihasilkan lebih optimal walaupun *input* tegangan lebih tinggi maupun lebih rendah.

2.2.4.1 Buck Converter



Gambar 2-4 Topologi Rangkaian *Buck Converter* [13]

Buck converter merupakan salah satu jenis DC-DC converter yang berfungsi untuk menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah (*step-down converter*). Prinsip dasar dari buck converter adalah mengendalikan tegangan keluaran dengan cara mengatur waktu nyala (on) dan mati (off) dari saklar semikonduktor daya secara cepat menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) [13]. Persamaan untuk menentukan tegangan keluaran (V_o) dari *Buck Converter* sebagai berikut:

$$V_o = D \times V_{in}$$

Dimana D adalah *duty cycle*, yaitu rasio waktu saklar ON terhadap total periode.

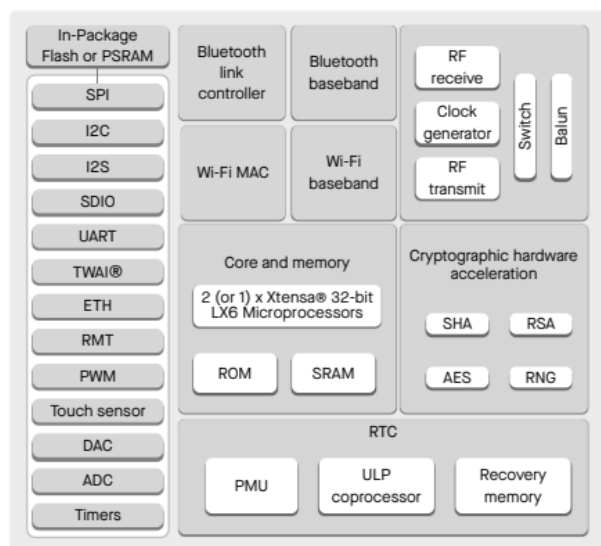
Rangkaian *buck converter* terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Sakelar (*Switch*) komponen ini berupa transistor daya seperti MOSFET atau IGBT. Saklar ini berfungsi untuk menghubungkan dan memutus arus dari sumber ke rangkaian induktor (L) yang diatur oleh sinyal PWM yang diterima.
2. Dioda *freewheeling* (D_{fw}), Dioda ini memberikan jalur alternatif bagi induktor saat saklar dalam kondisi off, sehingga arus induktor tidak terputus secara tiba-tiba yang dapat menyebabkan lonjakan tegangan yang dapat merusak komponen.

3. Induktor (L), induktor berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk medan magnet saat saklar dalam keadaan on, dan kemudian melepaskan energi tersebut ke beban saat saklar off, sehingga menghasilkan aliran arus yang lebih stabil.
4. Kapasitor (C), kapasitor berfungsi untuk menyaring riak (*ripple*) pada tegangan keluaran akibat proses pensaklaran, sehingga tegangan yang diberikan ke beban menjadi lebih halus dan stabil.

2.2.5 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang mempunyai pin *input* dan pin *output* serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus. IC ESP32 mikrokontroler terdapat beberapa bagian seperti mikroprosesor, ROM, RAM, *Peripheral Interfaces* (SPI, I2C, I2S, SDIO, UART, TWAI, ETH, RMT, PWM, Touch Sensor, DAC, ADC, *Timers*), Modul Wi-Fi, Modul *Bluetooth* dan *clock* untuk lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 2-5.



Gambar 2-5 Fungsional Blok ESP32 [14]

Dalam penggunaan chip ESP32 biasanya menggunakan *developer board* atau *board kit* untuk mempermudah proses pengembangan Gambar 2-6 merupakan chip ESP32 didalam *board developer kit V1*.



Gambar 2-6 Mikrokontroler ESP32 DEVKIT

Pada board ESP32 DEVKIT V1 terdapat 30 pin, dimana 26 pin sebagai GPIO (*General Purpose Input Output*) dengan masing – masing pin mempunyai karakteristik tersendiri. Berikut ini tabel 2-1 fungsi masing masing pin pada board ESP32 DEVKIT V1 yang diambil dari *datasheet* ESP32.

Tabel 2-1 Konfigurasi Pin ESP32 DEVKIT V1 [14]

Pin	GPIO	Fungsi Utama	Fungsi Alternatif
EN	-	Enable Chip	-
VIN	-	Tegangan Input (5V-12V)	-
GND	-	Ground	-
3.3V	-	Output Tegangan 3.3V	-
IO36	GPIO36	ADC1_CH0	Sensor VP
IO39	GPIO39	ADC1_CH3	Sensor VN
IO34	GPIO34	ADC1_CH6	Input Only
IO35	GPIO35	ADC1_CH7	Input Only
IO32	GPIO32	ADC1_CH4, Touch9	-
IO33	GPIO33	ADC1_CH5, Touch8	-
IO25	GPIO25	ADC2_CH8, DAC1	-
IO26	GPIO26	ADC2_CH9, DAC2	-
IO27	GPIO27	ADC2_CH7, Touch7	-
IO14	GPIO14	ADC2_CH6, Touch6	HSPI_CLK
IO12	GPIO12	ADC2_CH5, Touch5	HSPI_MISO
IO13	GPIO13	ADC2_CH4, Touch4	HSPI_MOSI
IO15	GPIO15	ADC2_CH3, Touch3	HSPI_CS0
IO2	GPIO2	ADC2_CH2, Touch2	-
IO0	GPIO0	ADC2_CH1, Touch1	Mode Boot
IO4	GPIO4	ADC2_CH0, Touch0	HSPI_CS1

IO16	GPIO16	GPIO Umum	ULP WAKE
IO17	GPIO17	GPIO Umum	-
IO5	GPIO5	GPIO Umum	VSPI_CS0
IO18	GPIO18	GPIO Umum	VSPI_CLK
IO19	GPIO19	GPIO Umum	VSPI_MISO
IO21	GPIO21	GPIO Umum	I2C_SDA
IO22	GPIO22	GPIO Umum	I2C_SCL
IO23	GPIO23	GPIO Umum	VSPI_MOSI
IO1	GPIO1	UART TX0	Debug Serial Output
IO3	GPIO3	UART RX0	Debug Serial Input

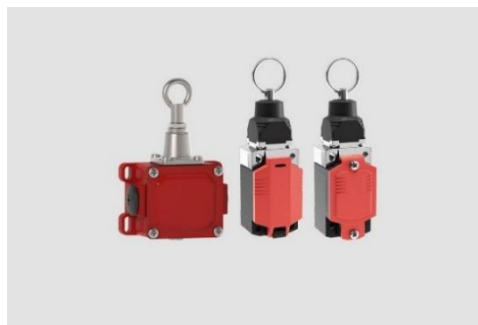
Dari *datasheet* tabel 2-1 penggunaan GPIO dapat diambil kesimpulan pada tabel 2-2 sebagai berikut.

Tabel 2-2 Fungsi Pada Setiap Pin ESP32 DEVKIT V1

Pin GPIO	Status	Keterangan
IO16	Aman	GPIO umum, bisa digunakan tanpa kendala
IO17	Aman	GPIO umum, bisa digunakan tanpa kendala
IO5	Aman	GPIO umum, bisa digunakan untuk VSPI_CS0
IO18	Aman	GPIO umum, bisa digunakan untuk VSPI_CLK
IO19	Aman	GPIO umum, bisa digunakan untuk VSPI_MISO
IO21	Aman	GPIO umum, bisa digunakan sebagai I2C_SDA
IO22	Aman	GPIO umum, bisa digunakan I2C_SCL
IO23	Aman	GPIO umum, bisa digunakan untuk VSPI_MOSI
IO32	Bisa digunakan	berfungsi sebagai ADC1_CH4, Touch9
IO33	Bisa digunakan	berfungsi sebagai ADC1_CH5, Touch8
IO25	Bisa digunakan	berfungsi sebagai ADC2_CH8, DAC1
IO26	Bisa digunakan	berfungsi sebagai ADC2_CH9, DAC2
IO27	Bisa digunakan	berfungsi sebagai ADC2_CH7, Touch7
IO14	Bisa digunakan	berfungsi sebagai HSPI_CLK
IO13	Bisa digunakan	Juga berfungsi sebagai HSPI_MOSI
IO4	Bisa digunakan	Juga berfungsi sebagai HSPI_CS1
IO15	Terbatas	Harus LOW saat startup untuk boot normal dalam beberapa konfigurasi
IO2	Terbatas	Jika LOW saat startup, bisa menyebabkan boot failure pada beberapa board
IO12	Terbatas	strapping pin, jika HIGH saat startup, ESP32 gagal booting

IO0	Terbatas	Jika LOW saat startup, ESP32 masuk ke mode flash
IO36	Terbatas	Hanya bisa digunakan sebagai input (ADC1_CH0)
IO39	Terbatas	Hanya bisa digunakan sebagai input (ADC1_CH3)
IO34	Terbatas	Hanya bisa digunakan sebagai input (ADC1_CH6)
IO35	Terbatas	Hanya bisa digunakan sebagai input (ADC1_CH7)
IO1	Hindari	Digunakan untuk UART TX0 (Debug Serial Output)
IO3	Hindari	Digunakan untuk UART RX0 (Debug Serial Input)
EN	Hindari	Enable chip, bukan GPIO
VIN	Hindari	Tegangan input (5V-12V)
3.3V	Hindari	Output tegangan 3.3V
GND	Hindari	Ground

2.2.6 Sakelar Tarik (*Pull Switch*)

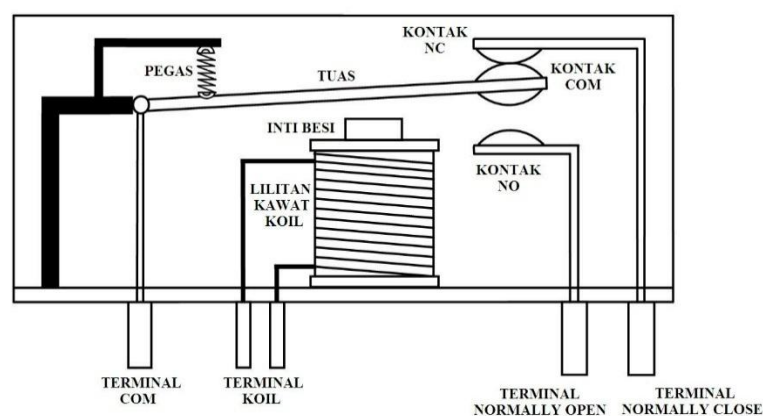


Gambar 2-7 Sakelar Tarik (*Pull Switch*)

Sakelar adalah perangkat yang digunakan untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik pada sirkuit, biasanya berupa dua bilah logam yang dapat dipisahkan atau digabungkan sesuai dengan keadaan sambung atau putus [15]. Sakelar biasanya terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada rangkaian yang dapat terhubung atau terpisah sesuai dengan kondisi dalam rangkaian tersebut. Bahan kontak sakelar penyambungan biasanya terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi. Sakelar tarik (*Pull Switch*) adalah sakelar yang memiliki cara kerja dengan cara diatrik. Di dalam sakelar tarik terdapat selektor yang dapat bergerak ketika tuas ditarik, selektor inilah yang akan menghubungkan atau memutuskan kontak dengan sumber

2.2.7 Relay

Relay adalah perangkat sakelar elektromagnetik yang berfungsi untuk mengendalikan arus listrik berdaya besar menggunakan arus kecil [16]. Komponen utama pada relay meliputi lilitan (solenoid), inti feromagnetik, dan tuas mekanis yang menggerakkan kontak sakelar. Saat arus listrik mengalir ke lilitan, inti feromagnetik akan menghasilkan medan magnet yang akan menggerakkan tuas mekanis untuk menutup atau membuka rangkaian arus listrik.

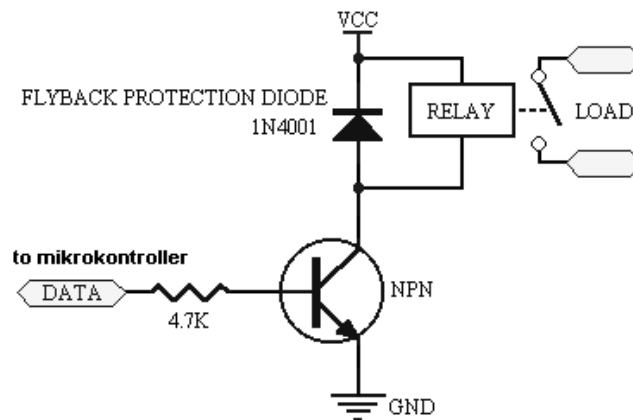


Gambar 2-8 Struktur Relay [16]

Gambar 2-8 merupakan struktur sederhana pada suatu relay dimana komponen tersebut terdiri dari:

1. Lilitan, berfungsi sebagai medan magnet buatan yang bersifat sementara. Ketika lilitan diberi arus listrik maka akan timbul medan magnet pada inti besi.
2. Kontak, berfungsi sebagai terminal kontak dari tuas yang bergerak, dalam konstruksi relay memiliki 2 titik kontak yaitu *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO).
3. Tuas merupakan bahan logam yang dapat bergerak naik dan turun, Tuas akan turun ketika tertarik medan elektromagnet dan akan kembali jika medan elektromagnet hilang.
4. Pegas, berfungsi untuk menarik tuas. ketika sifat elektromagnet hilang maka tuas akan tertarik menuju terminal NC.

Dalam suatu rangkaian relay biasanya tidak bekerja sendiri, dalam kontrol relay umumnya relay diatur oleh rangkaian pengendali relay atau driver relay.



Gambar 2-9 Rangkaian Driver Relay [17]

Gambar 2-9 adalah rangkaian driver relay yang dikendalikan oleh mikrokontroler. rangkaian ini berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay menggunakan sinyal logika tegangan rendah dari mikrokontroler. Berikut ini penjelasan fungsi dari masing-masing komponen:

1. Mikrokontroler (DATA), berfungsi sebagai masukan sinyal logika digital biasanya 3.3V atau 5V ke basis transistor melalui resistor pembatas arus.
2. Resistor berfungsi sebagai pembatas arus yang masuk ke basis transistor. Hal ini mencegah arus berlebih yang dapat merusak transistor atau pin mikrokontroler.
3. Transistor NPN, berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengatur relay. Ketika basis transistor menerima arus dari mikrokontroler, transistor akan berada dalam kondisi aktif sehingga arus dapat mengalir dari kolektor ke emitor dan mengaktifkan relay.
4. Relay, merupakan saklar elektromagnetik yang digunakan untuk mengontrol beban dengan arus atau tegangan yang lebih tinggi.
5. Dioda, berfungsi untuk melindungi transistor dari lonjakan tegangan induktif saat arus relay diputus. Dioda ini dirangkai secara parallel dengan lilitan relay.