

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada tugas ahir ini terdapat *related work* yang dijadikan referensi dalam implementasi perangkat pendeteksi kelelahan berbasis *wearable device* antara lain sebagai berikut.

Pada penelitian Savitri Diah Eka, dari Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta. Penelitian terkait adalah rancang bangun gelang berbasis *Internet Of Things (IoT)* yang dapasangkan sensor detak jantung MAX30102 serta termometer yang dipakai dalam untuk mengukur suhu tubuh lalu hasil dari sensor akan di *interface* kan pada android menggunakan bluetooth HC-05. Pada penelitian terkait, sensor MAX30102 diperoleh rata-rata ketelitian diatas 90% dengan akurasi ketelitian sebesar 98.754% [6].

Pada penelitian Tan Suryani Solli, Alamsyah, Muhammad Bachtiar, Ardi Amir dan Benyamin Bontong dari Universitas Tadulako terkait penelitian Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Menggunakan Arduino. Penelitian ini menggunakan sensor Ds18b20 sebagai sensor suhu dan AD8232 sebagai sensor denyut nadi. Berdasarkan hasil pengujian data detak jantung pada 5 orang laki-laki berada antara 64 – 88 bpm dan suhu tubuh berada antara 36,13– 36,93 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi detak jantung dan suhu normal 5 orang laki-laki adalah normal [7].

Pada penelitian Victori Polly, Steven Pandelaki dan Kristian Dame dari Universitas Katolik Manado. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan alat pendeteksi suhu tubuh *contactless* menggunakan MLX90614 berbasis Mikrokontoller dengan fitur suara. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengurangi kontak fisik saat melakukan pengecekan suhu tubuh, terlebih pada masa pandemi covid-19. Data detak jantung pada 5 orang laki-laki berada antara 64–88 bpm dan suhu tubuh berada antara 36,13– 36,93 °C. Dari data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi suhu menggunakan sensor

MLX90614 dengan fitur suara dapat di terapkan karena respon dan nilai signifikan yang dideteksi melebihi alat dari parbrikan [8].

Penelitian selanjutnya adalah penelitian milik Freean asvian dari Stikom Surabaya. Pada penelitian kali ini diciptakan suatu rancang bangun alat pendeteksi tidur menggunakan sensor *Heart Rate* pada *security guard* berbasis *Internet Of Things* (IOT). Pada penelitian ini memiliki tujuan yaitu: mengetahui perbedaan orang yang tidur dan yang beraktivitas dengan sensor *heart rate* serta mengintegrasikanya dengan arduino pro mini. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa orang yang beristirahat memiliki detak jantung lebih rendah dari pada orang yang beraktivitas, orang yang istirahat memiliki detak jantung < 80 bpm, sedangkan yang beraktivitas memiliki detak jantung > 80 bpm [9].

2.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Kecelakaan kerja merupakan bentuk dari kelalaian yang mengakibatkan kerusakan baik material maupun mental. Kecelakaan kerja menjadi salah satu faktor yang sering membuat kerugian bahkan sampai membahayakan nyawa dan berakibat pada kematian. Menurut H.W Heinrich dalam *International Labour Organization* (ILO) terdapat sebuah teori yang mampu menjelaskan mengenai kecelakaan kerja, dimana teori ini dikenal dengan teori domino Heinrich. Teori ini menyatakan bahwa suatu kecelakaan kerja memiliki keterikatan dari berbagai faktor, yaitu:

1. Kondisi kerja,
2. Kelalaian manusia,
3. Tindakan tidak aman,
4. Kecelakaan, dan
5. Cedera.

Faktor diatas memiliki susunan layaknya sebuah kartu domino yang berdiri sejajar. Artinya apabila satu buah kartu jatuh, maka secara otomatis kartu itu akan menimpa kartu lainya dan akan roboh secara beruntun. Ilustrasi tersebut memiliki kemiripan dengan efek jatuhnya kartu domino, jika satu roboh maka akan menimbulkan peristiwa yang mampu membuah robohnya kartu lainya. Heirich

berpendapat, untuk mencegah suatu kecelakaan dalam proses kerja point tindak tidak aman dari lima faktor diatas harus dihilangkan. Jika kita analogikan menggunakan domino, apabila urutan kartu uno tiga tidak ada lagi maka jatuhnya kartu satu dan kartu dua akan terputus karena tidak adanya kartu ke tiga, akibatnya akan membuat jarak antar kartu dua dan kartu ke empat. Sehingga kecelakaan dan cedera dapat dicegah. Teori Frank E. Bird Petersen, *“mendefinisikan kecelakaan sebagai suatu kejadian yang tidak dikehendaki, dapat mengakibatkan kerugian jiwa serta kerusakan harta benda dan biasanya terjadi sebagai akibat dari adanya kontak dengan sumber energi yang melebihi ambang batas atau struktur”*. Teori yang digunakan oleh Frank E. Bird Petersen merupakan adopsi dari teori Heinrich terkait teori domino, persepektif ini menggunakan teori manajemen yang bersikan lima faktor dalam urutan suatu kecelakaan, yaitu:

1. Manajemen kurang kontrol,
2. Sumber penyebab utama,
3. Gejala penyebab langsung,
4. Kontak peristiwa, dan
5. Kerugian gangguan.

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan ilmu yang memiliki fokus untuk mencegah terjadinya bahaya keselamatan kerja. *“Dasar Hukum K3 yaitu Undang – Undang nomor 1 tahun 1970 (tentang keselamatan kerja), Permenaker Nomor 5 tahun 1996 (yang membahas tentang manajemen keselamatan kerja) dan Permenaker nomor 4 tahun 1987 (yang membahas tentang panitia Pembina keselamatan dan kesehatan kerja), tujuan K3 adalah mencegah terjadinya kecelakaan atau pun sakit yang terjadi karena pekerjaan”* [10].

2.3 Jantung

Jantung adalah organ tubuh (organ otot berongga) yang berukuran sebesar 1 kepal orang dewasa. Berdasarkan penelitian, ukuran dari jantung orang dewasa memiliki lebar 8-9 cm dan panjang 12 cm. Jantung memiliki letak ditengah dada sekitaran paru-paru dan bertumpu pada *diaphragma thoracis*. Dalam satu hari

jantung berdetak sebanyak 100.000 kali dan mampu memompa 7.571 liter darah atau setara 2000 galon darah. Jantung berkerja dengan memompa darah keseluruhan bagian tubuh melalui pembuluh (arteri dan vena). Denyut nadi dapat dirasakan melalui pembuluh darah arteri yang dapat dirasakan ketika melintasi tulang dekat pada kulit permukaan. Pada pembuluh arteri radialis dapat dirasakan pada bagian depan pergelangan tangan (denyut nadi) dan pada pembuluh arteri temporalis berada pada tulang temporal dan doralis melekat pada sikut di mata kaki. Jantung terbentuk dari serambi kiri, serambi kanan, apex serta basic cordis, organ-organ ini adalah bagian dari muscular. Serambi kanan atas jantung terdapat simpul Sino Artial(SA) yang mampu menciptakan litrik yang membuat jantung berdetak normal pada 60-100 bpm. Kondisi jantung normal dapat dinyatakan melalui irama detak dalam waktu atau sering dikenal dengan *Beat Per Minute* (BPM), berikut adalah kategori tipe detak jantung sebagai berikut [5].

1. Normal

Detak jantung berada pada 60-100 bpm.

2. Bradikardia

Detak jantung melambat sehingga kurang dari 60 bpm.

3. Takikardia

Detak jantung cepat melebihi 100 bpm.

Irama detak jantung seseorang dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor seperti: faktor usia, riwayat kesehatan, hipertensi, anemia dan riwayat penyakit jantung. Faktor usia sangat berpengaruh terdapat detak jantung, untuk melihat detak jantung per menit seseorang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah [11].

2.4 Suhu Tubuh

Suhu merupakan satuan panas yang banyak dikenal dengan sebutan derajat, untuk mengukur seberapa dingin atau panas suatu objek. Pada umumnya suhu tubuh dari manusia normal adalah $36^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C}$ yang dapat diketahui dengan mengukur pada anggota tubuh seperti didahi, ketiak, daun telinga dan dubur. Pada keadaan manusia beraktivitas tubuh akan melakukan pengontrolan suhu berdasarkan aliran darah yang menuju kulit dan pengaruh suhu lingkungan, pada Tabel 2.1 dibawah terdapat klasifikasi suhu tubuh manusia.

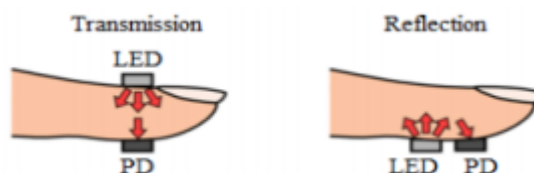
Tabel 2.1 Klasifikasi suhu tubuh manusia

KLASIFIKASI			
Hipotermia	Normal	Hipertermia	febris
$<36^{\circ}\text{C}$	$36^{\circ}\text{C}-37,5^{\circ}\text{C}$	$>40^{\circ}\text{C}$	$36^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan studi literatur suhu tubuh manusia dikatakan normal jika berada pada rentang $36^{\circ}\text{C}-37,5^{\circ}\text{C}$, namun terdapat kondisi suhu tubuh mengalami penurunan (Hipotermia) kenaikan (Hipertermia) serta suhu berada pada rentang normal dan hipertemina (Febris). Dua kondisi awal menandakan bahwa tubuh sedang mengalami kelainan pada sistem termoregulasi (sistem pengaturan adaptasi suhu tubuh terhadap lingkungan sekitar) [6].

2.5 Photoplethysmography (PPG)

Metode *Photoplethysmography* merupakan salah satu metode untuk melakukan pengukuran detak jantung manusia, metode ini adalah pengembangan optik sederhana dengan cara mendeteksi perubahan volume darah yang dipompa oleh jantung keseluruh tubuh. *Photoplethysmography* bekerja menggunakan cahaya dengan panjang gelombang yang akan disesuaikan dengan perubahan volume darah menggunakan *photodetector*. *Photodetecetor* akan menyerap cahaya sisa hasil pantulan LED merah yang telah terserap sebagian pada hemoglobin didalam darah. Ketika jantung memompa darah keseluruh tubuh, maka memberikan gelombang pulsa dari pembuluh artri sampai ke pembuluh kapiler. Berikut adalah bentuk gelombang sinyal dari *Photoplethysmography* (PPG) yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini [6].



Gambar 2.1 Jenis *Photoplethysmography* [6].

Pada penerapannya metode *Photoplethysmography* dibagi menjadi dua, yaitu: reflektansi dan transmisi. *Photoplethysmography* transmisi cenderung akurat dalam hal pengukuran detak jantung, metode ini bekerja dengan cara meneruskan gelombang hasil pembacaan volume darah menuju ke photodetector yang diletakan tepat berhadapan dengan LED. Pada penerapannya metode *Photoplethysmography* transmisi ini banyak digunakan pada alat medis yang di jepitkan pada ujung jari pasien. Selanjutnya *Photoplethysmography* reflektansi, metode ini berbeda dengan prinsip kerja pada transmisi. *Photoplethysmography* reflektansi dapat bekerja pada area yang cukup luas dengan prinsip kerja cahaya yang dipancarkan akan mengenai darah dan hasilnya gelombang akan diserap oleh photodetector yang berada tepat disebelah cahaya LED.

2.6 Formulasi rata-rata detak jantung dan suhu tubuh

Pada anak bayi berdetak lebih cepat, namun aktivitas emosi dan hormonal bisa mempengaruhi denyut jantung ini sehingga berubah detakannya. Denyut nadi ialah sebuah respon yang diperoleh dari jantung selama beraktivitas, denyut nadi atau detak jantung diketahui sebab adanya respon dari jantung saat melakukan pompa darah keseluruh tubuh dalam waktu tertentu. Kecepatan denyut nadi ini memiliki perbedaan berdasarkan usia mulai dari bayi sampai lansia. Berdasarkan penelitian untuk kecepatan normal detak jantung orang dewasa adalah 60-100 kali per menit. Namun, pada bayi memiliki kecepatan detak jantung sedikit cepat, tetapi aktivitas emosi serta hormon juga dapat mempengaruhi detak jantung tersebut, pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 terdapat rata-rata detak jantung dan suhu tubuh manusia berdasarkan usia mulai dari bayi sampai lansia [7].

Tabel 2.2 Data detak jantung [7].

Usia	Minimal (bpm)	Maksimal (bpm)	Rata-rata (bpm)
Baru lahir	100	180	140
1 bulan – 1 Tahun	80	160	120
1 tahun – 3 tahun	80	130	105
3 tahun – 6 tahun	80	120	100

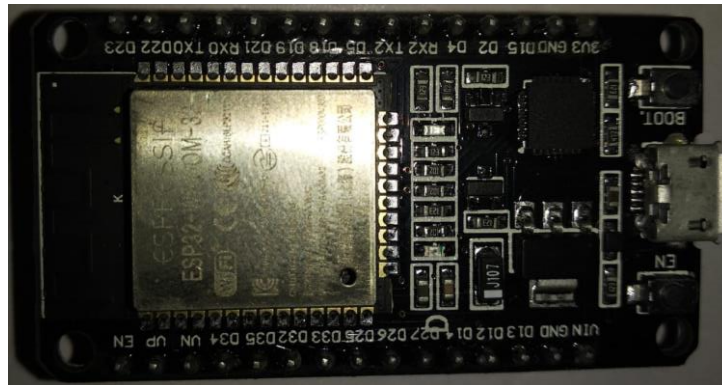
6 tahun – 12 tahun	65	100	83
12 tahun – 18 tahun	60	90	85
19 tahun – 69 tahun	60	100	80
>70tahun	60	100	80

Tabel 2.3 Suhu tubuh manusia berdasarkan usia [7]

Usia	Minimal (C)	Maksimal (C)	Rata-rata (C)
Baru lahir	35,5	37,5	36,5
1 bulan – 1 Tahun	37,4	37,6	37,5
1 tahun – 3 tahun	37,4	37,6	37,5
3 tahun – 6 tahun	37	37,2	37
6 tahun – 12 tahun	37	37	37
12 tahun – 18 tahun	36,1	37,2	36,65
19 tahun – 69 tahun	36,1	37,2	36,65
>70tahun	35	37,2	36,1

2.7 ESP32 WROOM Devkit

ESP32 WROOM Devkit merupakan suatu rangkaian sistem minimum berdaya rendah yang berfungsi sebagai mikrokontroller dengan keunggulan sudah terintegrasi chip Wi-Fi (band 2,4 GHz) dan *Bluetooth* untuk membangun suatu *system* berbasis *Internet of Things* (IoT). ESP32 mampu mendukung pengiriman data menggunakan Bluetooth untuk koneksi klasik tanpa internet dengan konsumsi daya cukup rendah pada kegunaanya. Keunggulan dari ESP32 lainnya yaitu, mampu mengintegrasikan beragam perangkat perifer, mulai dari sensor sentuh kapasitif, sensor Hall, antarmuka kartu SD, Ethernet dan sistem komunikasi SPI kecepatan tinggi, UART, I²S, dan I²C [12]. Bentuk fisik dari ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.2, sedangkan spesifikasi ESP32 dapat dilihat pada Tabel 2.4.



Gambar 2. 2 ESP32.

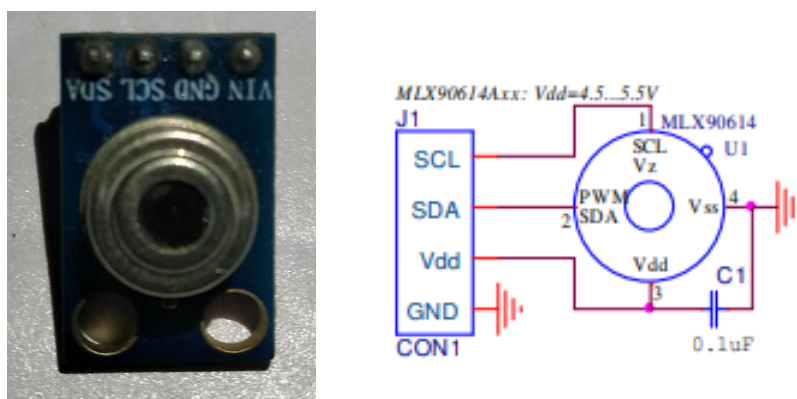
Tabel 2.4 Spesifikasi ESP32Wroom Devkit [12].

Kategori	Fitur	Spesifikasi
Wi-Fi	Frequency range	2.4Ghz ~ 2.5 Ghz
Hardware	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I 2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC, Two-Wire Automotive Interface (TWAI®, compatible with ISO11898-1)
	On-chip sensor	Hall sensor
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	integrated SPI flash	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average : 80 mA

	Recommended operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C
	Package size	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm

2.8 Sensor Suhu MLX90614

MLX90614 adalah modul yang berfungsi sebagai *Infra Red* (IR) yang mampu bekerja tanpa sentuhan (*Contactless*) sebagai pengukur suhu tubuh. Sensor Suhu ini bersifat *Digital Contactless Infrared* (IR) yang dapat digunakan untuk mengukur suhu objek tertentu mulai dari -20° C hingga 120°C. Sensor suhu tubuh MLX90614 sebelumnya dikalibrasi terlebih dahulu oleh digital *output* PWM dan SMBus (*System Management Bus*). Sensor MLX90614 menggunakan komunikasi protokol I2C. Keunggulan lainya dari sensor ini ialah memiliki presisi dan akurasi yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam produk kesehatan serta produk komersil lainnya [13]. Bentuk fisik sensor MLX90614 dapat dilihat pada gambar 2.3, sedangkan spesifikasi sensor MLX90614 dapat dilihat pada Tabel 2.5.



Gambar 2. 3 Sensor suhu MLX90614 [13].

Tabel 2. 5 Spesifikasi MLX90614 [13].

Parameter	Value
Operating Voltage	3.3 V to 5V
Supply Current	1.5mA
Object Temperature Range	-70° C to 382.2°C
Ambient Temperature Range	-40° C to 125°C
Accuracy	0.02°C
Field of View	80°
Distance between object and sensor	2cm-5cm

2.9 LCD Display OLED 0,96 Inch

OLED 0.96 atau *Organic Led* adalah *display* grafik dengan ukuran 0.96 inci dan resolusi 128x64 pixel menggunakan teknologi *organic led*, display Oled biasanya terbuat dari karbon dan hidrogen. Untuk komunikasi dengan mikrokontroler menggunakan komunikasi I2C, menggunakan 2 pin yaitu pin sda dan pin scl, sehingga menghemat pin. Oled 128x64 memiliki ukuran diagonal hanya 0,96 inci. Pengontrol IC SSD1306, berkomunikasi melalui 6800/8080 paralel 8-bit dan antarmuka serial I2C / 3-kawat / 4-kawat, berkat pembangkit tegangan bawaan pengontrol, hanya diperlukan satu catu daya 3,3V. Oled digunakan untuk menampilkan gambar atau tulisan dengan ukuran dan warna yang dapat diatur oleh pengguna menyesuaikan apa yang di butuhkan. Dengan menggunakan I2C LCD ini dapat menghemat pengkabelan [14]. Bentuk fisik LCD oled *display* dapat dilihat pada gambar 2.4, sedangkan spesifikasi LCD oled *display* dapat dilihat pada Tabel 2.6.



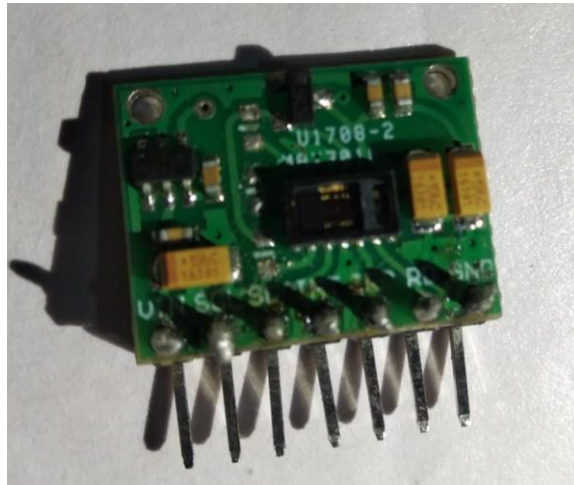
Gambar 2. 4 LCD Oled 0,96 inch

Tabel 2.6 LCD Oled Display 0,96 inch [14].

Spesifikasi	Keterangan
Fitur	layar membuat lampu sendiri, tidak diperlukan lampu latar. Ini mengurangi daya yang diperlukan untuk menjalankan OLED, sudut pandang yang sangat lebar dan suhu yang sangat rendah saat beroperasi
Pixel	128x64
Operating voltage	3,3 V
Serial komunikasi	I2C

2.10 Sensor Pendeteksi Denyut Nadi MAX30102

Modul sensor MAX30102 adalah salah satu jenis sensor yang banyak digunakan untuk mendeteksi detak jantung melalui aliran darah yang mengalir melalui ujung jari pada manusia. Sensor MAX30102 diproduksi oleh perusahaan *Maxim Integrated*, sensor ini bekerja dengan sumber led merah serta *Infra Red* (IR) dengan dilengkapi *photodetector* dan sumber daya yang rendah antara 1,8 V sampai 3,3V. Sensor ini sering digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan eror yang rendah, pada sensor ini terdapat sebuah *photodiode* dan led yang secara kontinyu memancarkan cahaya menggunakan metode *reflektif*. Untuk mengetahui proses kerja dari sensor ini dapat kita pahami, yaitu ketika jantung memompa darah keseluruh tubuh hingga keujung jari terdapat perubahan intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor. Disinilah *photodiode* menangkap kepadatan darah yang melewatinya, selanjutnya *photodiode* akan memberikan respon berupa pengiriman sinyal analog menggunakan protokol I2C dari perubahan intensitas cahaya yang berhasil dideteksi pada sensor lalu hasil sinyal analog akan diproses menggunakan mikrokontoller ESP32 [6]. Bentuk fisik MAX30102 dapat dilihat pada gambar 2.5, sedangkan spesifikasi MAX30102 dapat dilihat pada Tabel 2.7.



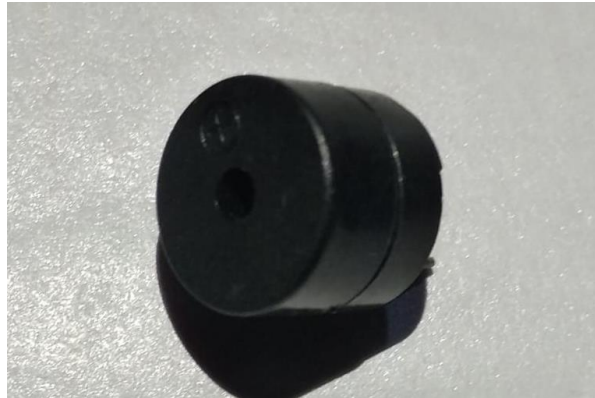
Gambar 2. 5 Sensor Pendeteksi Denyut Nadi MAX30102.

Tabel 2.7 Spesifikasi sensor denyut nadi MAX30102 [6].

Spesifikasi	Fitur
Operating sistem	1,8 V ~ 3,3 V
Interface	I2C
Optical Sensors	IR dan LED merah dikombinasikan dengan photodetector
Dimension	19,6 x 15,56 mm
Operating Temperatur	Beroperasi Pada Suhu -40 C sampai +85 C
Pin	Terdiri dari 7 pin (Vcc,GND,SCL,SDA,INT,RD dan IRD)

2.11 Buzzer Aktif

Buzzer merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat memberikan *output* berupa suara. Buzzer banyak digunakan sebagai *output* dari hasil yang diperoleh setelah melakukan pemrosesan data dari mikrokontoller, buzzer memiliki dua kaki dengan sifat yang berbeda, yaitu: kaki lebih panjang (*Positive*) dan kaki lebih pendek (*Negative*) [15]. Bentuk fisik dari buzzer dapat dilihat pada gambar 2.6, sedangkan spesifikasi buzzer dapat dilihat pada Tabel 2.8.



Gambar 2. 6 Buzzer.

Tabel 2.8 Spesifikasi Buzzer [15].

Fitur	keterangan
Pin	I/O Interface (Active Low)
Operating Voltage	4 to 8 V DC
Rated Current	$\leq 30\text{mA}$
Sound Output	$\geq 85\text{dB}$
Resonant Frequency	$2300 \pm 300\text{Hz}$
Operating Temperature	-25°C to $+80^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	-30°C to $+85^{\circ}\text{C}$

2.12 Sumber Catu Daya

Catu daya adalah elemen penting dalam rangkaian elektronika. Dengan adanya catu daya sebuah perangkat elektronika dapat bekerja. Baterai adalah salah satu sumber energi yang biasanya digunakan untuk mengoperasikan alat yang membutuhkan listrik. Baterai mampu menyimpan cadangan energi listrik cukup besar (tergantung kapasitas baterai). Banyak macam-macam baterai yang biasa digunakan dalam mengoperasikan alat elektronika. Baterai LGIP531A adalah baterai yang di produksi oleh LG dengan ukuran kecil dan pipih dengan kapasitas yang 950 mAh output voltage 4,2V dan charging baterai 3,7V, baterai ini cukup menghidupkan mikrokontoller dengan tegangan referensi 3,3 V – 4,2 V. Berikut ini merupakan spesifikasi baterai LGIP531A. Bentuk fisik dari baterai LGIP531A dapat dilihat pada gambar 2.7, sedangkan spesifikasi baterai dapat dilihat pada Tabel 2.9.



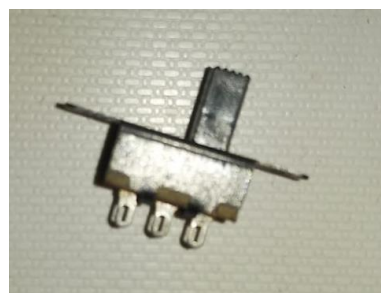
Gambar 2. 7 Baterai LGIP531A

Tabel 2.9 Spesifikasi baterai LGIP531A.

Spesifikasi	Keterangan
Voltage	4,2 V
Battery Capacity	950mAh
Charging Limited Voltage	3,7V
Compatible Brand	LG
Battery Type	Li-Ion

2.13 Toogle Switch

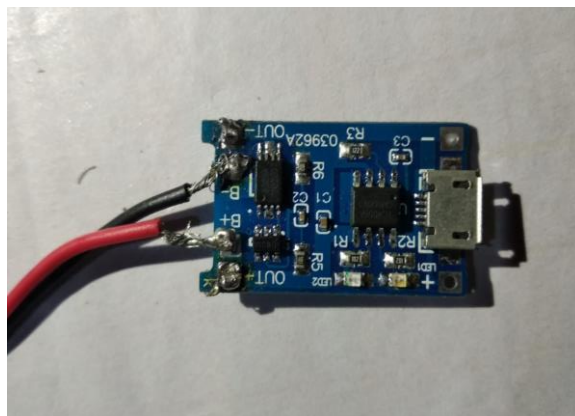
Toogle switch adalah sebuah komponen pasif yang sering digunakan dalam sebuah rangkain elektronika. *Toogle swtich* memiliki ukuran sekitar 1 cm, *switch* memiliki fungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus dalam rangkaian eletronika, bentuk fisik dari *toogle swtich* dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Toogle Switch

2.14 Modul Charging TP4056

Modul TP4056 adalah modul yang memiliki kemampuan untuk me *re-charge* dan melindungi baterai. Modul ini mendukung mode operasi pengisian daya dengan arus dan tegangan secara konstan, pada modul ini terdapat dua keluaran (Positif dan Negatif) seperti pada gambar dibawah ini. Hampir semua perangkat elektronik menggunakan baterai sebagai sumber utama untuk mempermudah perangkat tersebut dibawa kemana-mana, hal ini mengakibatkan cepat habisnya daya baterai. Untuk itu diperlukannya modul *charging* supaya ketika baterai habis maka kita dapat mengisi daya baterai dengan cara menginjeksi energi kedalam baterai tersebut. Pada modul TP4056 mampu melakukan pengisian daya baterai dengan tegangan tetap 4,2 Volt [16]. Bentuk fisik dari TP4056 dapat dilihat pada gambar 2.9, sedangkan spesifikasi TP4056 dapat dilihat pada Tabel 2.10.



Gambar 2.9 Modul Charging Tp4056.

Tabel 2.10 Spesifikasi Modul Charging TP4056 [16].

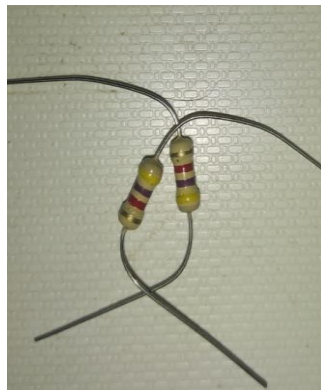
Features	Spesifikasi
Input Voltage	5 V
Charging cut-off	4,2V
Baterai discharge protection voltage	1000 mA
Baterai overcurrent protection	3 A

2.15 Resistor

Resistor adalah sebuah komponen elektronika bersifat pasif yang berguna sebagai penghambat, resistor memiliki berbagai macam varian dan fungsi yang berbeda-beda. Selain dapat digunakan untuk penghambat, resistor pula dapat digunakan untuk membagi tegangan dengan prinsip kerja pembagi tegangan. Pada penelitian ini konsep pembagi tegangan digunakan untuk membuat presentasi baterai pada mikrokontroller. Resistor yang digunakan pada penelitian kali ini berukuran 100 Ohm dan 220 Ohm, selanjutnya hasil ADC dari resistor ini akan dikonversi menjadi tegangan dengan rumus dan konversi yang diproses oleh mikrokontroller. Kemudian pada sensor MAX30102 terdapat resistor eksternal berukuran 4,7 kohm yang digunakan untuk sebagai yang berfungsi sebagai resistor *pull up*. Bentuk fisik resistor dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Resistor 100 dan 220 ohm.



Gambar 2.11 Resistor 4,7 Kohm

2.16 Formulasi perhitungan daya baterai

Pada tahap pengujian catu daya diperlukanya peramalan kekuatan baterai dari segi ketahanan lama baterai dapat bekerja secara optimal sampai daya pada baterai yang digunakan habis, untuk itu diperlukanya peramalan arus dan daya menggunakan kedua rumus sebagai berikut,

$$P = V.I \text{ atau } P = I^2.R , \quad (1)$$

dimana P adalah daya (Watt), V adalah tegangan (Volt), I adalah arus (Ampere) dan R adalah hambatan (Ohm).

2.17 Formulasi perhitungan akurasi

Formulasi perhitungan akurasi ini digunakan untuk menguji kedekatan hasil perancangan alat dengan alat pengukuran konvensional. Untuk itu diperlukanya mengetahui seberapa presisi alat yang sudah di rancang supaya dapat diketahui alat yang dirancang memiliki tingkat akurasi atau tidak. Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung tingkat akurasi [6]:

$$\%akurasi = 100 - \frac{\text{hasil alat konvensional} - \text{hasil alat perancangan}}{\text{hasil alat konvensional}} \times 100\% , \quad (2)$$

2.18 Formulasi perhitungan eror

Pada perancangan sebuah alat tentunya memiliki eror yang jika dibandingkan menggunakan peralatan konvensional. Tetapi hal tersebut dapat ditoleransi apabila memiliki nilai eror yang kecil yaitu kurang dari 5%, untuk itu diperlukannya perhitungan nilai eror menggunakan *Mean Squares Error* (MSE) sebagai berikut:

$$MSE = \frac{(At - Ft)^2}{n} , \quad (3)$$

dimana At adalah nilai pengukuran konvensional, Ft adalah nilai pengukuran penelitian dan n adalah banyaknya data [17].