

BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Tinjauan Desain Sistem

3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan

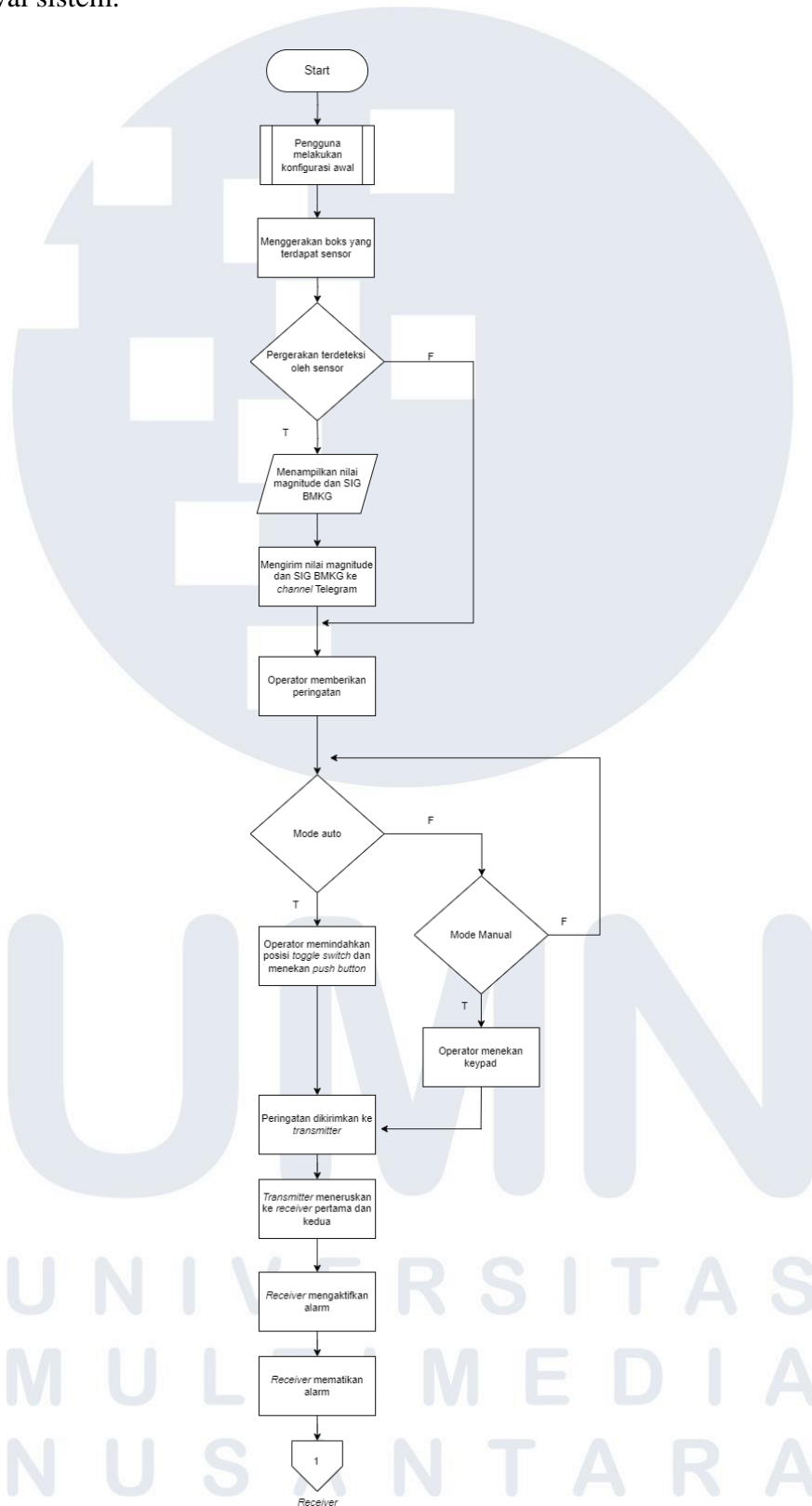
Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa dirancang untuk simulasi gempa. Sistem ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi pergerakan saat simulasi gempa dilakukan dan pergerakan yang terdeteksi akan dikonversi menjadi magnitudo dan SIG BMKG. Selain itu, sistem ini dapat memberikan peringatan gempa atau peringatan potensi tsunami yang diakibatkan oleh gempa serta ini memberikan informasi untuk masyarakat mengenai kekuatan gempa yang disimulasikan, dampak dari nilai kekuatan gempa pada simulasi gempa bumi, dan waktu pelaksanaan simulasi gempa. Namun, peringatan tidak dapat diberikan secara otomatis melainkan melalui operator.

Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa dirancang dengan memiliki empat boks. Boks pertama digunakan untuk menempatkan rangkaian mikrokontroler pengendali sistem. Boks kedua digunakan untuk menempatkan rangkaian *transmitter*. Boks ketiga dan keempat digunakan untuk menempatkan rangkaian *receiver* pertama dan *receiver* kedua.

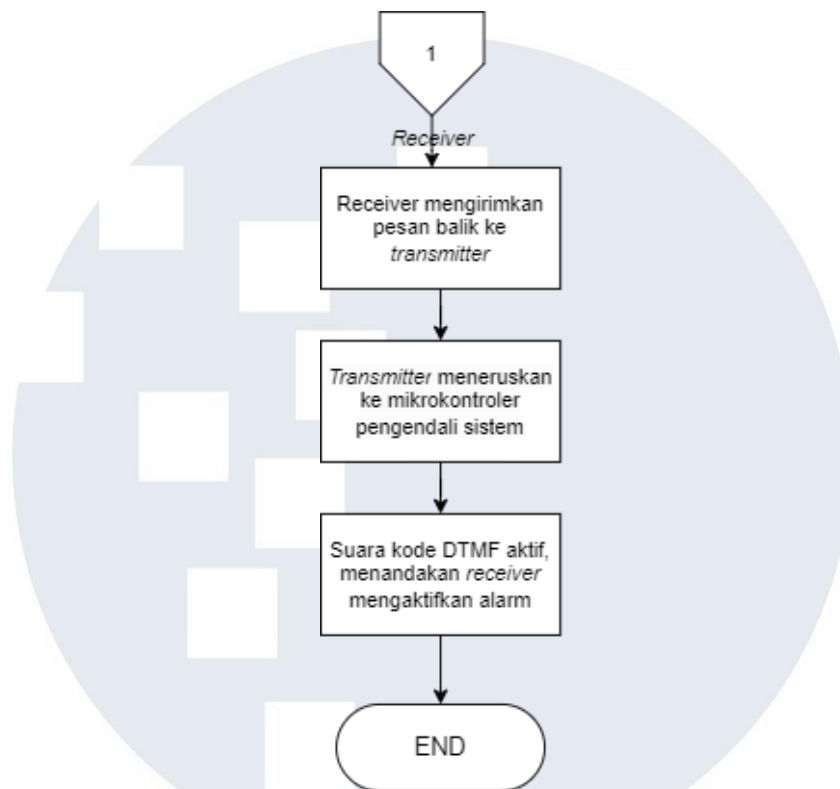
Cara kerja Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa yaitu untuk memperoleh magnitudo dan SIG BMKG, operator dapat menggerakkan boks yang terdapat sensor di dalamnya. Ketika boks tersebut digerakan mikrokontroler pengendali sistem akan mendeteksi pergerakan dan mengonversi pergerakan tersebut menjadi magnitudo dan SIG BMKG. Kemudian, magnitudo serta SIG BMKG ditampilkan pada layar LCD. Selanjutnya, magnitudo dan SIG BMKG dikirimkan ke *transmitter*, lalu *transmitter* memberikan informasi magnitudo dan SIG BMKG pada *channel* Telegram. Untuk memberikan informasi pada *channel* Telegram mikrokontroler pengendali sistem perlu mengirimkan ke *transmitter* terlebih

dahulu karena mikrokontroler yang digunakan untuk *transmitter* dapat terhubung dengan Wi-Fi, sedangkan mikrokontroler pengendali sistem tidak dapat terhubung dengan Wi-Fi. Pada simulasi gempa, operator dapat memberikan alarm peringatan menggunakan dua mode yaitu mode *auto* dan mode manual. Apabila mode *auto* yang dipilih, maka pengguna dapat memberikan peringatan gempa atau peringatan potensi tsunami dengan memindahkan posisi *toggle switch* dan menekan *push button*. Kombinasi dari tiga *toggle switch* dapat menghasilkan kode DTMF yang berbeda untuk memberikan peringatan. Apabila mode manual yang dipilih, maka operator dapat memberikan peringatan dalam simulasi gempa dengan memasukan kode DTMF pada layar LCD dengan cara menekan *keypad*. Terdapat empat kode DTMF yang dapat digunakan untuk memberikan peringatan, empat kode DTMF tersebut yaitu *456#01, *456#02, *456#03, dan *456#04. Kode DTMF pertama digunakan untuk peringatan gempa dan, kode DTMF kedua digunakan untuk peringatan waspada potensi tsunami, kode DTMF ketiga digunakan untuk peringatan siaga potensi tsunami, dan kode terakhir digunakan untuk peringatan awas potensi tsunami. *456#01 akan mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 1 menit, *456#02 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 10 menit, *456#03 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 11 menit, *456#04 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 12 menit. Kode DTMF tersebut nantinya akan dikirimkan dari mikrokontroler pengendali sistem ke *transmitter* melalui komunikasi UART, lalu *transmitter* meneruskan kode DTMF ke *receiver* menggunakan LoRa dan *receiver* akan mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm. Setelah mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm, *receiver* akan mengirimkan pesan balik ke *transmitter*, lalu *transmitter* mengirimkan ke mikrokontroler pengendali sistem dan buzzer mengeluarkan nada sesuai dengan kode DTMF yang dikirim sebagai tanda kepada operator bahwa *receiver* telah menyalakan alarm. Sistem ini belum dapat beroperasi secara otomatis dan masih membutuhkan operator dalam pengoperasiannya. Berikut

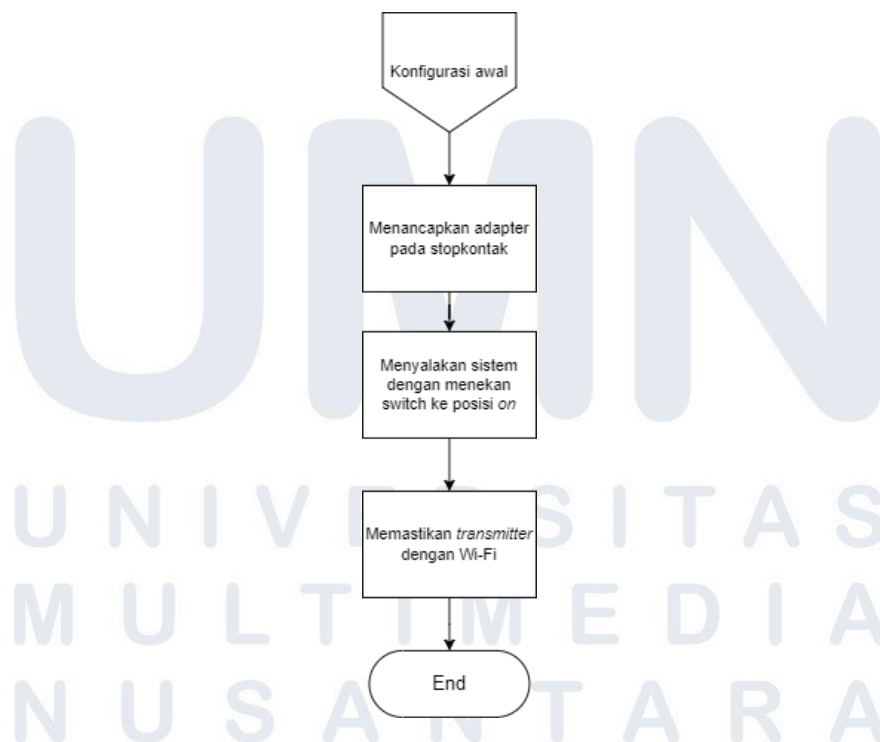
ini merupakan *flowchart* pengoperasian sistem dan *flowchart* konfigurasi awal sistem.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengoperasian Sistem

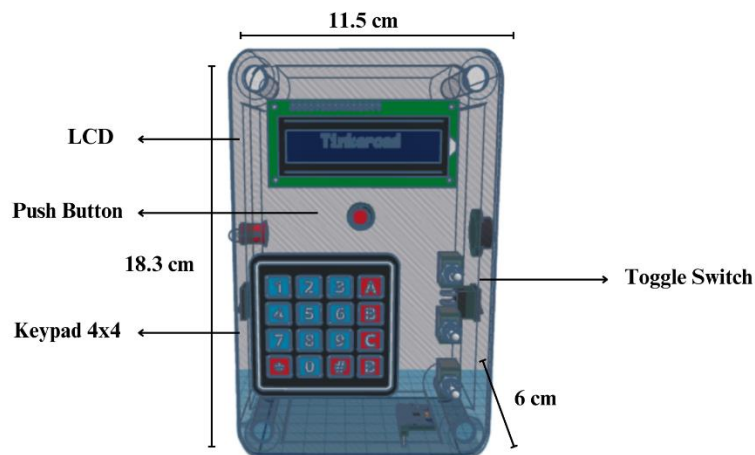


Gambar 3.2 Lanjutan *Flowchart* Pengoperasiaan Sistem

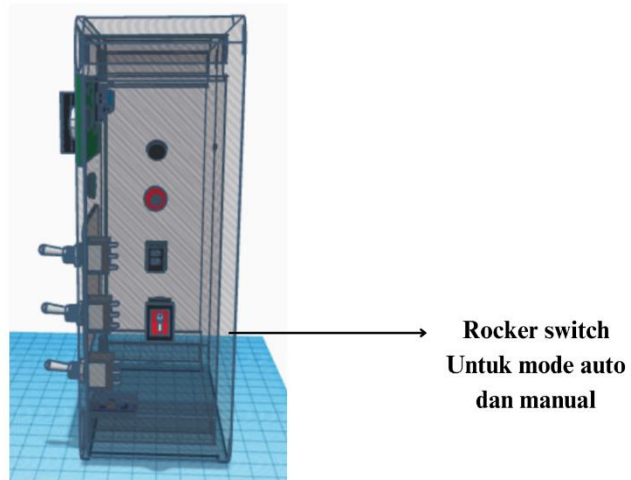


Gambar 3.3 *Flowchart* Konfigurasi Awal Sistem

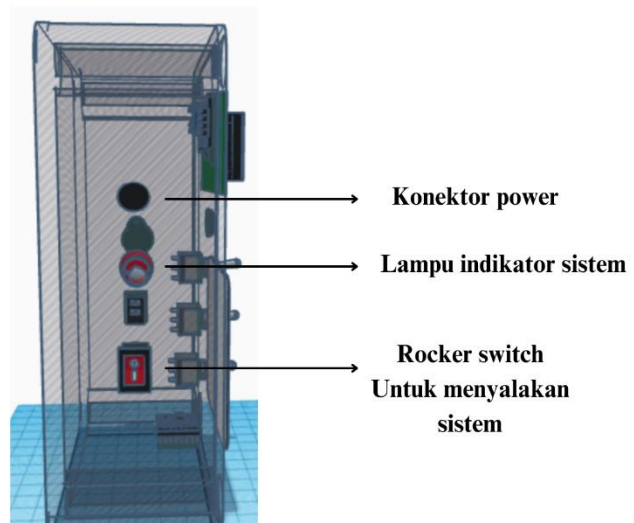
Gambar 3.1 hingga Gambar 3.3 merupakan *flowchart* pengoperasian sistem dan *flowchart* konfigurasi sistem. Untuk mengoperasikan sistem, operator dapat langsung memberikan alarm peringatan kepada masyarakat atau menggerakkan boks yang terdapat sensor untuk memperoleh magnitude dan SIG BMKG dalam simulasi gempa. Namun, sebelum mengoperasikan sistem, hal yang perlu dilakukan yaitu konfigurasi awal sistem, dimana operator perlu menancapkan adapter pada stopkontak untuk memberikan daya pada keseluruhan sistem. Untuk menyalakan sistem operator perlu menekan *switch* ke posisi *on*. Kemudian, setelah sistem keseluruhan menyala perlu dipastikan *transmitter* terhubung dengan Wi-Fi agar dapat memberikan informasi mengenai kekuatan gempa yang disimulasikan, dampak dari nilai kekuatan gempa pada simulasi gempa bumi, dan waktu pelaksanaan simulasi gempa. Berikut ini merupakan rancangan Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa.



Gambar 3.4 Tampak Depan Boks Mikrokontroler Pengendali Sistem

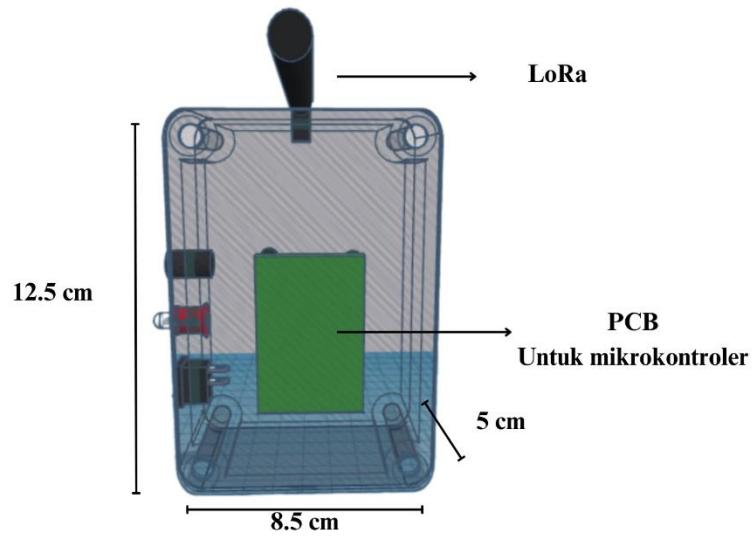


Gambar 3.5 Tampak Samping Kanan Boks Mikrokontroler Pengendali Sistem

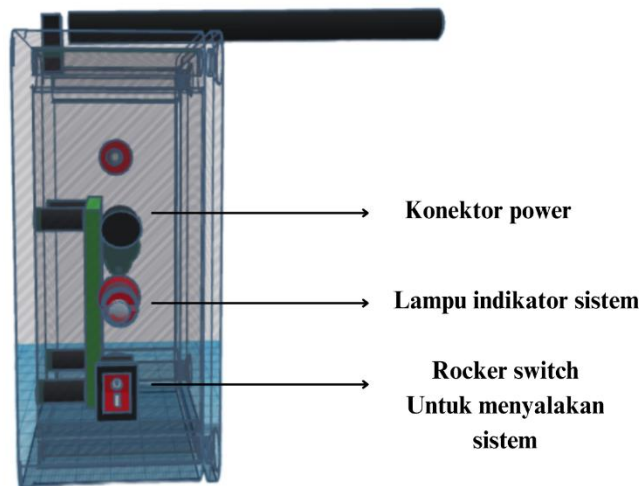


Gambar 3.6 Tampak Samping Kiri Boks Mikrokontroler Pengendali Sistem

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

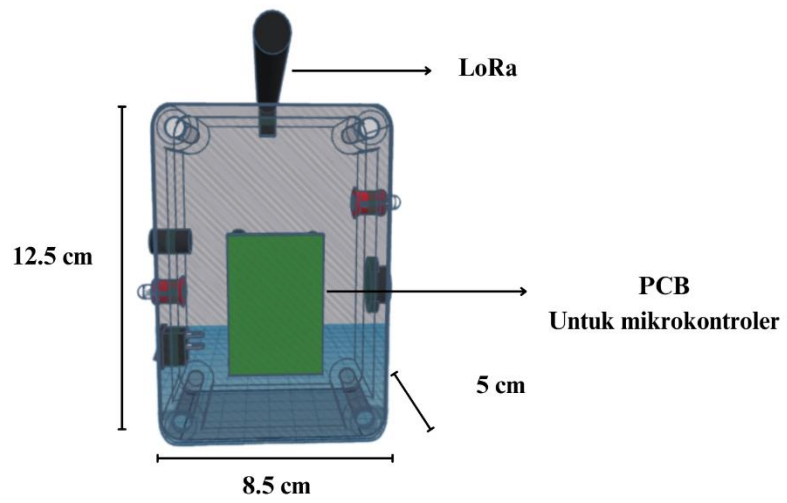


Gambar 3.7 Tampak Depan Boks *Transmitter*

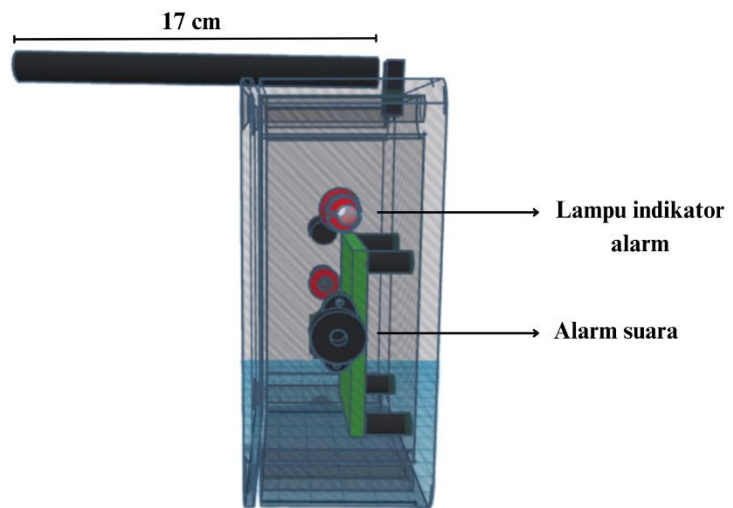


Gambar 3.8 Tampak Samping Kiri Boks *Transmitter*

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

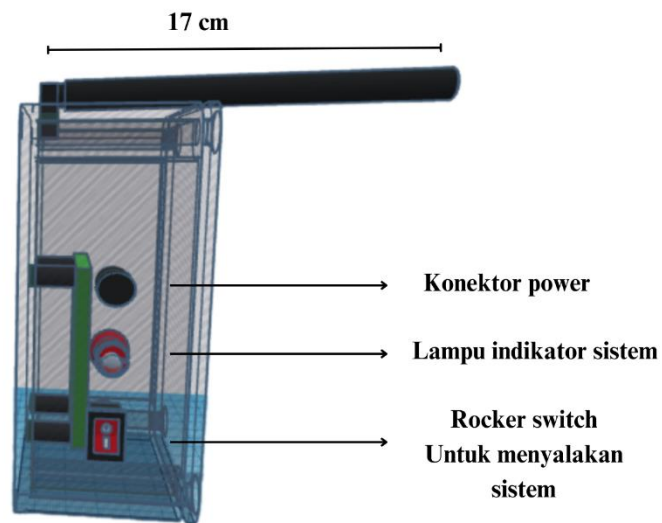


Gambar 3.9 Tampak Depan Boks *Receiver*



Gambar 3.10 Tampak Samping Kanan Boks *Receiver*

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.11 Tampak Samping Kiri Boks *Receiver*

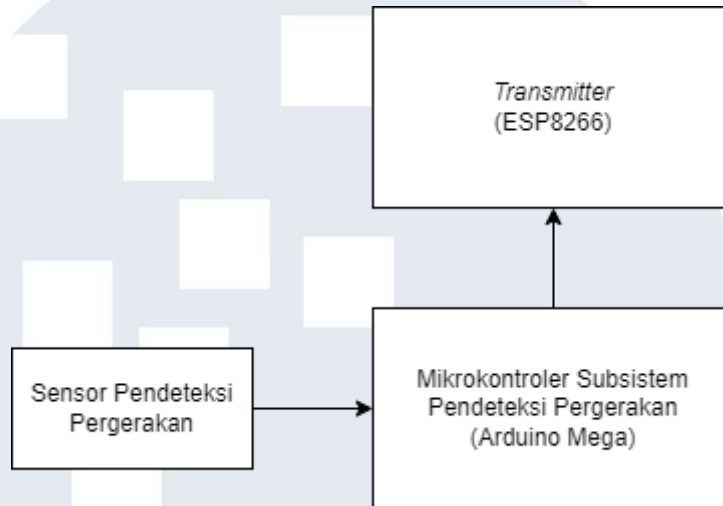
Gambar 3.4 sampai 3.11 Gambar merupakan desain produk Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa. Sistem tersebut terdiri dari 4 boks. Pada boks pertama terdapat beberapa komponen, seperti sensor MPU6050, LCD, *keypad*, *push button*, *toggle switch*, dan *rocker switch* dan satu mikrokontroler yaitu Arduino Mega. Boks tersebut berfungsi untuk mendeteksi pergerakan saat simulasi gempa dilakukan, mengonversi pergerakan menjadi magnitude dan SIG BMKG, menampilkan magnitude dan SIG BMKG, menampilkan kode DTMF yang dimasukan oleh operator pada layar LCD, mengirimkan kode DTMF untuk peringatan ke *transmitter*, serta memberikan peringatan kepada masyarakat melalui operator. Boks kedua hanya terdapat satu komponen utama yaitu LoRa. Hal ini karena boks kedua berfungsi untuk mengirimkan pesan ke *receiver* untuk mengaktifkan alarm peringatan. Boks ketiga dan keempat berfungsi untuk mengaktifkan alarm peringatan dengan alarm suara dan lampu indikator alarm.

3.1.2 Desain Subsistem

Bagian ini memberikan penjelasan yang lebih mendalam tentang subsistem yang dirancang, mengikuti alur dari tinjauan desain sistem secara umum. Tinjauan desain subsistem mencakup perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem. Setiap

subsistem yang akan dibahas meliputi mekanisme input, output dan proses yang dilakukan.

3.1.2.1 Desain Subsistem Pendeteksi Pergerakan



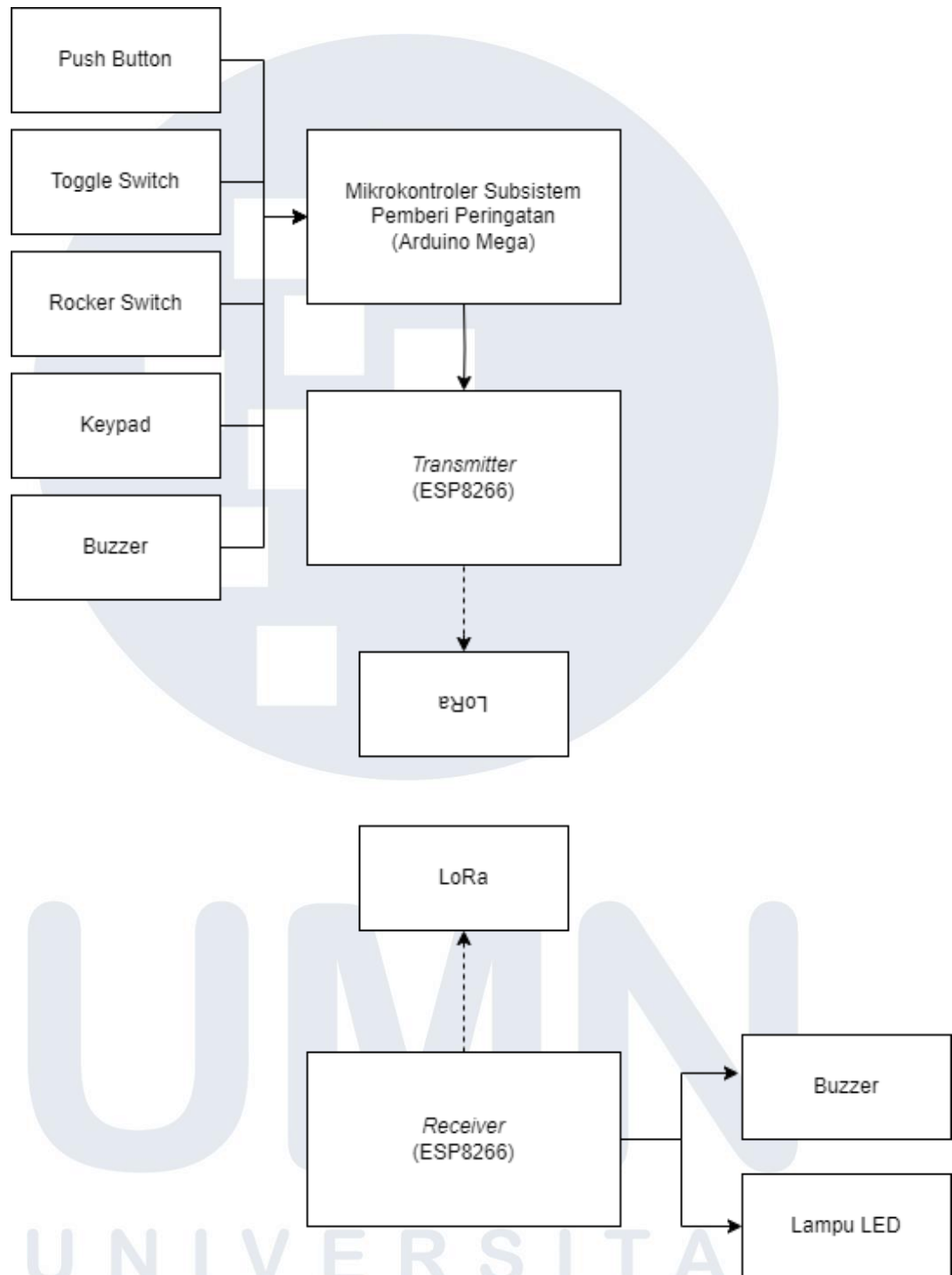
Gambar 3.12 DFD Level 2 Subsistem Pendeteksi Pergerakan

Tabel 3.1 Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Pendeteksi Pergerakan

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> Pergerakan saat simulasi gempa dilakukan
Output	<ul style="list-style-type: none"> Magnitude dan SIG BMKG
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> Mengubah pergerakan menjadi magnitude dan SIG BMKG Mengirimkan magnitude dan SIG BMKG ke <i>transmitter</i> untuk diinformasikan pada <i>channel</i> Telegram

Berdasarkan Gambar 3.12 dan Tabel 3.1, subsistem pendeteksi pergerakan memiliki fungsi untuk mendeteksi pergerakan menggunakan sensor MPU6050. Ketika terdapat pergerakan, mikrokontroler subsistem ini akan mengonversi pergerakan menjadi magnitude dan SIG BMKG. Magnitude dan SIG tersebut nantinya akan dikirimkan mikrokontroler subsistem ini ke *transmitter* dan *transmitter* lanjut mengirimkan ke *channel* Telegram untuk memberikan informasi terkait kekuatan gempa yang disimulasikan, dampak dari nilai kekuatan gempa pada simulasi gempa bumi, dan waktu pelaksanaan simulasi gempa.

3.1.2.2 Desain Subsistem Pemberi Peringatan



Gambar 3.13 DFD Level 2 Subsistem Pemberi Peringatan

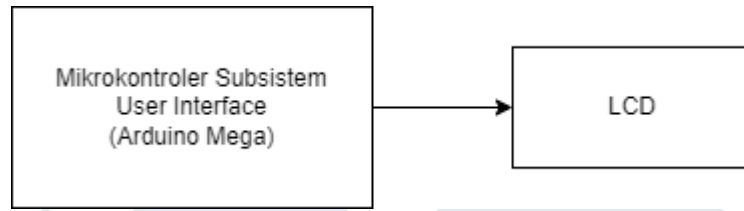
Tabel 3.2 Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Pemberi Peringatan

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> Operator memindahkan posisi <i>toggle switch</i> dan menekan <i>push button</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • Operator menekan angka dan simbol pada <i>keypad</i>
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm untuk peringatan kepada masyarakat • Mematikan alarm suara dan lampu indikator alarm
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengirimkan kode DTMF untuk peringatan ke <i>transmitter</i> melalui komunikasi UART • Mengirimkan kode DTMF untuk peringatan ke receiver menggunakan komunikasi LoRa

Berdasarkan Gambar 3.13 dan Tabel 3.2, subsistem pemberi peringatan memiliki fungsi untuk memberikan peringatan gempa atau peringatan potensi tsunami saat simulasi gempa berlangsung. Peringatan potensi tsunami yang dapat diberikan yaitu peringatan waspada, siaga, dan awas. Saat simulasi gempa operator dapat memberikan peringatan dengan dengan memindahkan posisi *toggle switch* dan menekan *push button* untuk mode *auto*, sedangkan untuk mode manual menekan *keypad*. Pada sistem ini terdapat empat kode DTMF yang dapat digunakan yaitu *456#01, *456#02, *456#03, dan *456#04. Kode *456#01 digunakan untuk peringatan gempa, sedangkan kode *456#02, *456#03, dan *456#04 digunakan untuk peringatan potensi tsunami yang diakibatkan oleh gempa. Ketika operator menggunakan mode *auto* atau mode manual untuk memberikan peringatan, kode DTMF yang digunakan sebagai pesan untuk mengaktifkan alarm akan dikirimkan ke *transmitter* melalui komunikasi UART. *Transmitter* akan meneruskan pesan kode DTMF tersebut ke *receiver* pertama dan *receiver* kedua menggunakan LoRa. Setelah pesan sampai pada *receiver*, *receiver* akan mengaktifkan alarm sesuai dengan kode DTMF yang diterima dan mematikan alarm tersebut. Kemudian, memberikan pesan balik ke *transmitter* sebagai tanda untuk operator bahwa alarm peringatan telah aktif.

3.1.2.3 Desain Subsistem *User Interface*



Gambar 3.14 DFD Level 2 Subsistem *User Interface*

Tabel 3.3 Penjelasan DFD Level 2 Subsistem *User Interface*

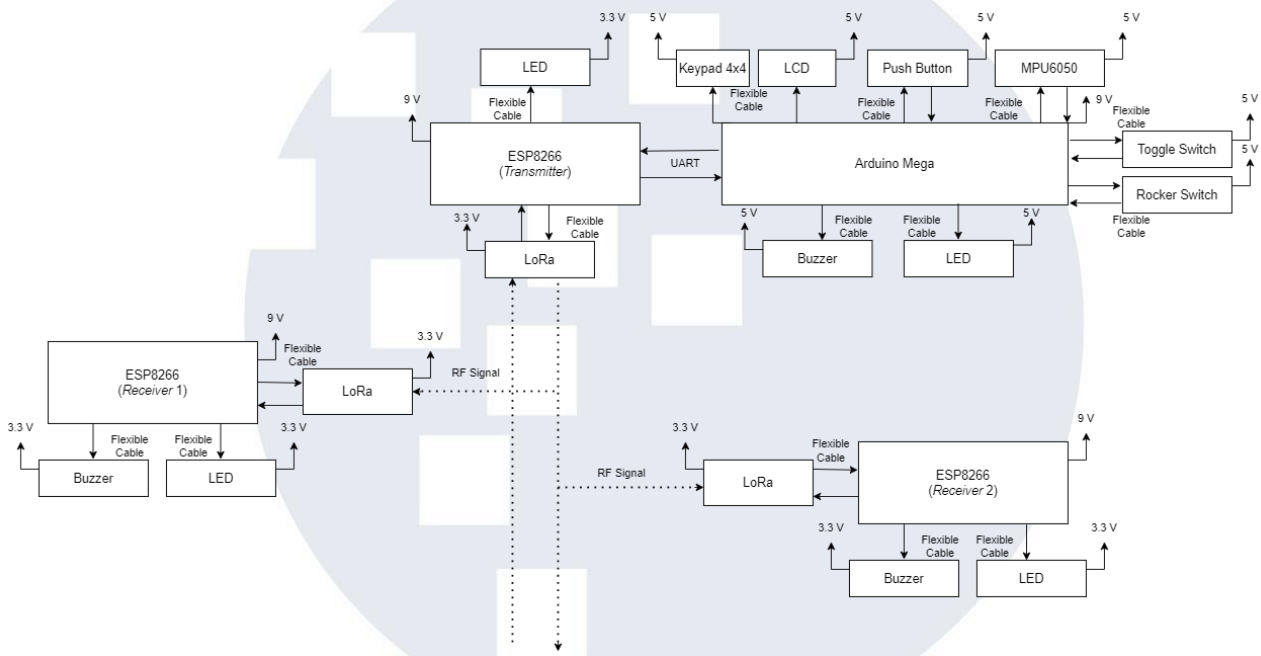
Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitude dan SIG BMKG • Operator menekan <i>keypad</i> untuk memberikan peringatan
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan magnitude dan SIG BMKG • Menampilkan kode DTMF yang dimasukan oleh operator
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Memberikan tampilan data dari magnitude dan SIG BMKG serta kode DTMF pada layar LCD

Berdasarkan Gambar 3.14 dan Tabel 3.3, *subsistem user interface* memiliki fungsi untuk menampilkan magnitude dan SIG BMKG pada layar LCD. Selain itu, menampilkan kode DTMF yang dimasukan oleh operator ketika memberikan peringatan. agnitude dan SIG BMKG yang ditampilkan didapatkan dari subsistem pendeteksi pergerakan.

UMMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

3.1.3 Diagram Sistem

Berikut ini merupakan diagram pengkabelan sistem produk secara spesifik.

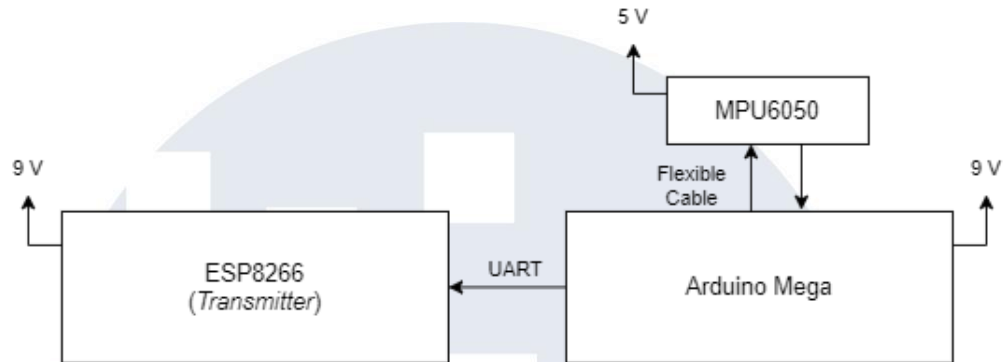


Gambar 3.15 Diagram Pengkabelan Sistem Keseluruhan Produk

Gambar 3.15 merupakan diagram pengkabelan sistem keseluruhan produk yang terdiri dari subsistem pendeteksi pergerakan, subsistem pemberi peringatan, dan subsistem *user interface*. *Transmitter* berkomunikasi dengan *receiver* pertama dan *receiver* kedua menggunakan LoRa. Selain berkomunikasi dengan LoRa, *transmitter* juga berkomunikasi dengan mikrokontroler pengendali sistem atau mikrokontroler gabungan dari tiga subsistem menggunakan UART. Berikut ini merupakan diagram pengkabelan lebih spesifik dari masing-masing subsistem produk Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi dengan Menggunakan LoRa.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

3.1.3.1 Diagram Pengkabelan Subsistem Pendeteksi Pergerakan

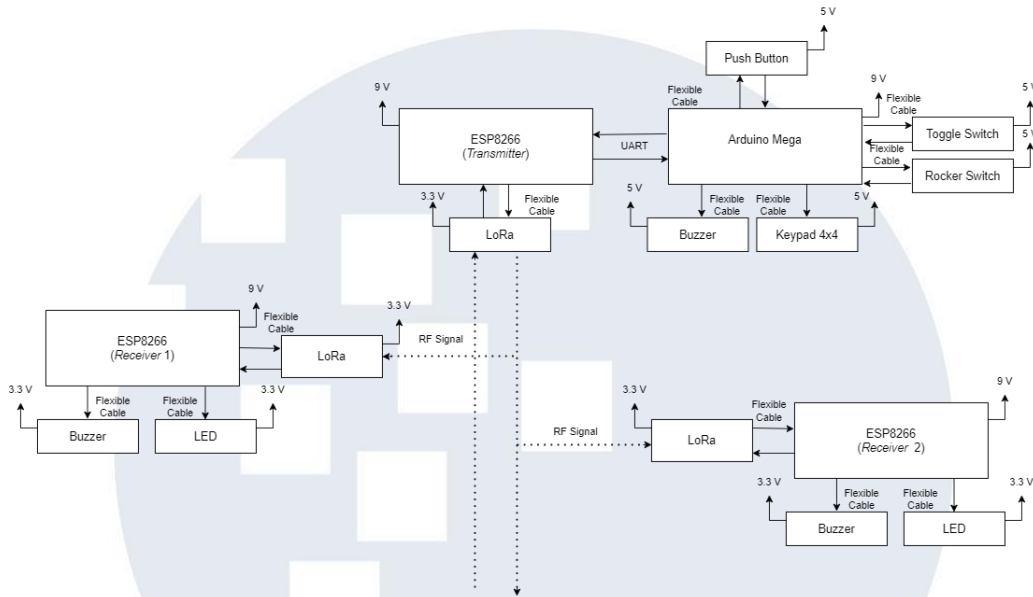


Gambar 3.16 Diagram Pengkabelan Subsistem Pendeteksi Pegerakan

Pada subsistem pendeteksi pergerakan, mikrokontroler Arduino Mega mendapatkan tegangan 5V dan 3A yang diturunkan dari 9V adapter menggunakan modul penurun tegangan (XL4015). Kabel keluaran dari modul penurun tegangan dihubungkan dengan pin 5V pada mikrokontroler Arduino Mega, sedangkan untuk *transmitter* mendapatkan tegangan sebesar 3.3V yang diturunkan dari 9V adapter menggunakan XL4015. Kabel keluaran dari modul penurun tegangan dihubungkan dengan pin 3.3V pada ESP8266. Pada subsistem ini mikrokontroler Arduino Mega dihubungkan dengan *transmitter* untuk melakukan komunikasi melalui UART. Pin yang digunakan untuk komunikasi UART yaitu TX dan RX pada mikrokontroler Arduino Mega dihubungkan dengan RX dan TX *transmitter*. Komunikasi UART pada subsistem ini digunakan untuk mengirim magnitudo dan SIG BMKG. Untuk komponen sensor MPU6050 dihubungkan dengan pin 5V untuk mendapatkan tegangan sebesar 5V dan dihubungkan dengan pin SDA dan SCL pada mikrokontroler Arduino Mega.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

3.1.3.2 Diagram Pengkabelan Subsistem Pemberi Peringatan

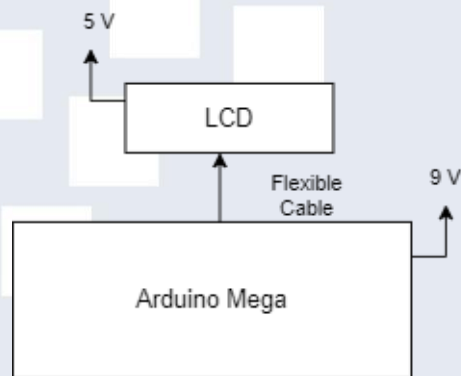


Gambar 3.17 Diagram Pengkabelan Subsistem Pemberi Peringatan

Pada subsistem pendeteksi pergerakan, mikrokontroler Arduino Mega mendapatkan tegangan 5V dan 3A yang diturunkan dari 9V adapter menggunakan XL4015. Kabel keluaran dari modul penurun tegangan dihubungkan dengan pin 5V pada mikrokontroler Arduino Mega, sedangkan untuk *transmitter*, *receiver* pertama, dan *receiver* kedua mendapatkan tegangan sebesar 3.3V 3A yang diturunkan dari 9V adapter menggunakan XL4015. Kabel keluaran dari modul penurun tegangan dihubungkan dengan pin 3.3V pada ESP8266. Pada subsistem ini mikrokontroler Arduino Mega dihubungkan dengan *transmitter* untuk melakukan komunikasi melalui UART. Pin yang digunakan untuk komunikasi UART yaitu TX dan RX pada mikrokontroler Arduino Mega dihubungkan dengan RX dan TX *transmitter*. Komunikasi UART pada subsistem ini digunakan untuk mengirimkan kode DTMF sebagai pesan untuk peringatan dan mengirimkan pesan bahwa alarm telah diaktifkan. Untuk komponen *push button*, *toggle switch*, *rocker switch*, buzzer, dan *keypad* dihubungkan dengan pin digital mikrokontroler Arduino Mega. Push button dihubungkan dengan pin digital 2, *toggle switch* dihubungkan dengan pin digital 3, 4, dan 5 karena *toggle switch* berjumlah tiga, buzzer dihubungkan dengan pin digital 6 dan 7, *rocker switch* dihubungkan dengan pin digital 9, dan *Keypad* 4x4 dihubungkan dengan pin digital 22, 24, 26,

28, 30, 32, 34, dan 36, dan. Komponen LoRa dihubungkan dengan GPIO dari ESP8266 *transmitter* dan ESP8266 *receiver*, komponen tersebut berkomunikasi dengan ESP8266 menggunakan *Serial peripheral interface* (SPI). GPIO yang terhubung dengan LoRa yaitu GPIO12, GPIO13, GPIO14, GPIO15, GPIO16, dan GPIO 4. GPIO tersebut terhubung dengan pin MISO, MOSI, SCK, NSS, RST, DIO 0 pada LoRa.

3.1.3.3 Diagram Pengkabelan Subsistem *User Interface*



Gambar 3.18 Diagram Pengkabelan Subsistem *User Interface*

Pada subsistem pendeteksi pergerakan, mikrokontroler Arduino Mega mendapatkan tegangan 5V dan 3A yang diturunkan dari 9V adapter menggunakan XL4015. Kabel keluaran dari modul penurun tegangan dihubungkan dengan pin 5V pada mikrokontroler Arduino Mega. Untuk komponen LCD dihubungkan dengan pin SDA dan SCL dan mendapatkan tegangan sebesar 5V dari Arduino Mega.

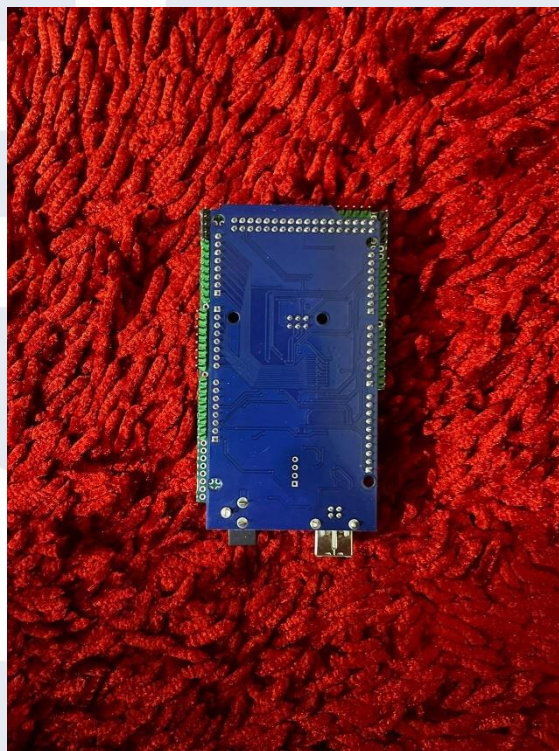
3.2 Implementasi Sistem

Sistem Pendeteksi dan Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan LoRa terdapat 3 subsistem yaitu subsistem pendeteksi pergerakan, subsistem pemberi peringatan, dan subsistem user interface. Implementasi pada ketiga subsistem tersebut dilakukan dengan dua tahapan yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak.

3.2.1 Implementasi Subsistem Pendeteksi Pergerakan

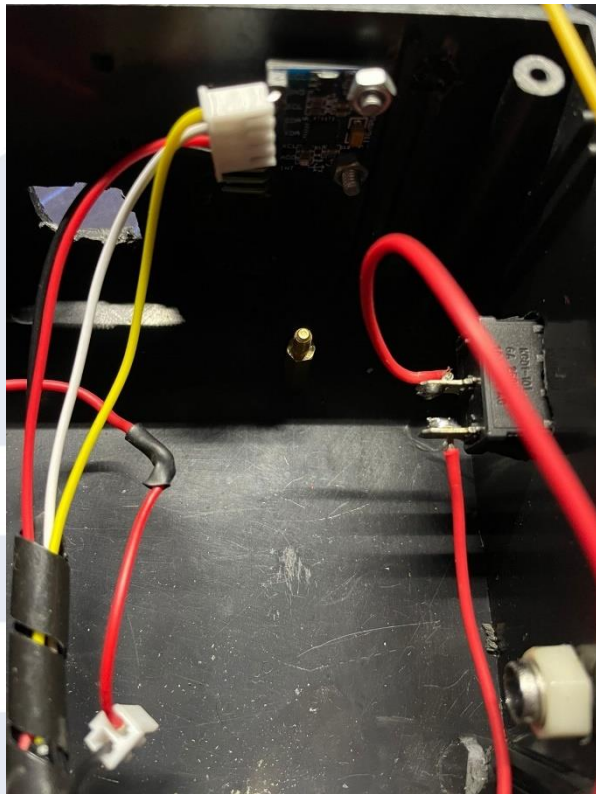
Implementasi perangkat keras pada subsistem pendeteksi pergerakan dilakukan dengan terdiri dari tiga tahapan. Tahapan pertama, membuat papan

breakout untuk mikrokontroler Arduino Mega. Papan *breakout* merupakan papan sirkuit yang dirancang untuk memperluas pin yang dimiliki oleh mikrokontroler, seperti Arduino Mega dengan cara menyambungkan pin mikrokontroler dengan pin *header* pada papan sirkuit. Tujuan dibuatnya papan *breakout* adalah untuk memutus dan menghubungkan komponen dengan cepat, tanpa perlu menyolder. Berikut ini merupakan bentuk papan *breakout* mikrokontroler Arduino Mega.



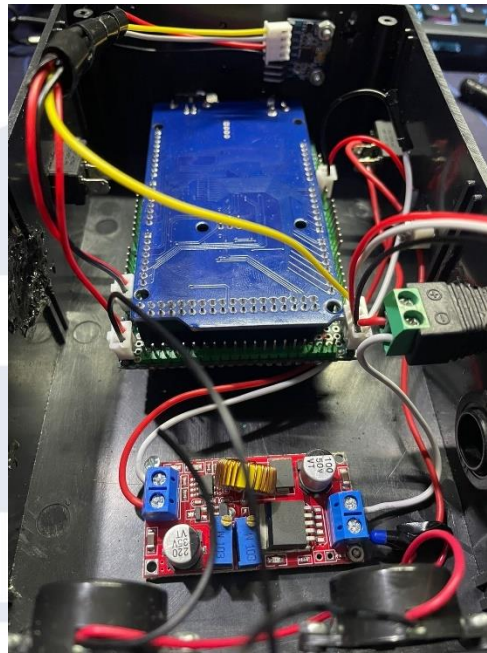
Gambar 3.19 Papan *Breakout* Mikrokontroler Arduin Mega

Tahapan kedua, membuat lubang pada boks untuk menempatkan komponen sensor MPU6050 dan memasang sensor tersebut pada boks menggunakan sekrup agar sensor terpasang dengan kokoh pada boks. Berikut ini merupakan penempatan sensor pada boks.



Gambar 3.20 Penempatan Sensor MPU6050 Pada Boks

Tahapan Ketiga, menghubungkan sensor yang telah dipasang pada boks dengan mikrokontroler Arduino Mega. Pada sensor MPU6050 pin yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Mega berjumlah empat yaitu VCC, GND, SDA, dan SCL. VCC dihubungkan dengan pin 5V mikrokontroler Arduino Mega, GND dihubungkan dengan pin GND mikrokontroler Arduino Mega, serta SDA dan SCL dihubungkan dengan pin SDA dan SCL mikrokontroler Arduino Mega. Pada subsistem ini magnitude dan SIG BMKG akan dikirimkan ke *transmitter*, untuk *transmitter* memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kekuatan gempa yang disimulasikan, dampak yang ditunjukkan oleh simulasi gempa bumi, dan waktu pelaksanaan simulasi gempa. Sehingga pin TX RX mikrokontroler Arduino Mega perlu dihubungkan ke pin RX TX *transmitter*. Berikut ini merupakan implementasi rangkaian subsistem pendeteksi pergerakan.



Gambar 3.21 Implementasi Rangkaian Subsistem Pendeteksi Pergerakan

Setelah melakukan implementasi perangkat keras, langkah selanjutnya adalah melakukan implementasi perangkat lunak. Perangkat lunak yang diterapkan pada subsistem ini yaitu mengirimkan magnitude dan SIG BMKG ke *transmitter* menggunakan komunikasi UART, membaca nilai percepatan linear dari sensor MPU6050 dalam sumbu x dan sumbu y ketika boks digerakan serta mengonversi pergerakan menjadi magnitude dan SIG BMKG. Untuk mengonversi pergerakan menjadi magnitude dan SIG BMKG. Hal yang perlu dilakukan pertama adalah menghitung resultan. Resultan dapat dihitung dengan memasukan nilai percepatan linear dalam sumbu x dan sumbu y yang didapat dari sensor. Sensor MPU6050 dapat membaca dalam tiga sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Namun, hanya sumbu x dan sumbu y yang digunakan untuk menghitung resultan, sedangkan sumbu z tidak. Hal ini karena gempa bumi terjadi pada bidang x dan y, yang mana dipicu oleh polarisasi gelombang S. Pada bidang x dan bidang y, sumbu z bernilai konstan sehingga dapat diabaikan. Berikut ini merupakan persamaan resultan yang didapatkan dari [20].

$$\text{Resultan } \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

Selanjutnya, mencari nilai PGA. Dalam gempa bumi nilai PGA dapat memberikan informasi mengenai dampak gempa bumi paling parah yang pernah terjadi di suatu lokasi [21]. Nilai PGA diperoleh dari nilai tertinggi resultan selama terdapat pergerakan. Dari nilai PGA tersebut dapat diketahui magnitude. Berikut ini merupakan konversi magnitude berdasarkan dari nilai PGA (m/s^2) [20].

Tabel 3.4 Konversi Nilai Magnitude Berdasarkan Nilai PGA (m/s^2)

Magnitude	PGA (m/s^2)
1	<0.017
2-3	0.017-0.14
4	0.14-0.39
5	0.39-0.92
6	0.92-1.8
7	1.8-3.4
8	3.4-6.5
9	6.5-12.4
10	>12.4

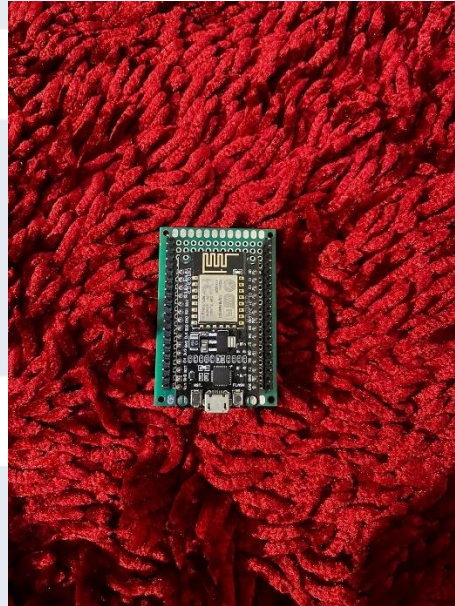
Untuk mendapatkan SIG BMKG dapat dilakukan dengan cara mengonversi satuan PGA dari (m/s^2) menjadi satuan gal. Berikut ini merupakan konversi SIG BMKG berdasarkan nilai PGA dalam satuan gal [22].

Tabel 3.5 Konversi Skala Intensitas Gempa Berdasarkan Nilai PGA (gal)

SIG	PGA (gal)
I	<2.9
II	2.9-88
III	89-167
IV	168-564
V	>564

3.2.2 Implementasi Subsistem Pemberi Peringatan

Implementasi perangkat keras pada subsistem pemberi peringatan dilakukan dengan tiga tahapan. Tahapan pertama, Tahapan pertama, membuat papan *breakout* untuk mikrokontroler Arduino Mega dan ESP8266.



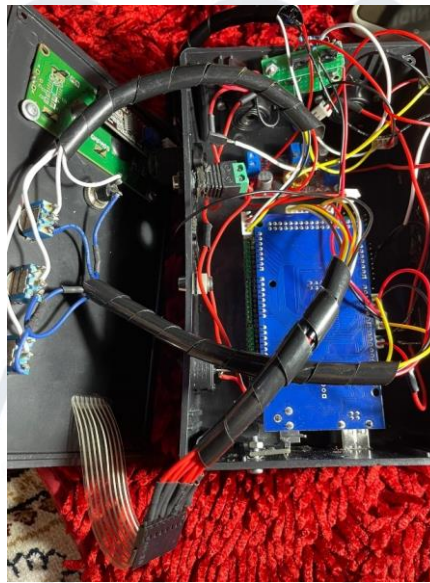
Gambar 3.22 Papan Breakout Mikrokontroler ESP8266

Tahapan kedua, membuat lubang pada boks untuk menempatkan komponen yang akan digunakan, seperti *push button*, keypad 4x4, buzzer, *rocker switch*, dan LoRa. Komponen LoRa akan ditempatkan pada boks *transmitter*, *receiver* pertama, dan *receiver* kedua, sedangkan komponen lainnya ditempatkan pada boks mikrokontroler pengendali sistem.



Gambar 3.23 Penempatan Komponen Subsistem Pemberi Peringatan Pada Boks

Tahapan ketiga, menghubungkan komponen-komponen yang telah dipasang pada boks dengan mikrokontroler Arduino Mega dan mikrokontroler ESP8266. Komponen yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Mega yaitu *push button*, *toggle switch*, *keypad 4x4*, dan *buzzer*. Untuk *push button* dihubungkan dengan pin digital 2, *Toggle switch* dihubungkan dengan pin digital 3, 4, dan 5 karena terdapat tiga buah *toggle switch* yang digunakan, *Keypad 4x4* dihubungkan dengan pin digital 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, dan 36, *buzzer* dihubungkan dengan pin digital 7 dan 8 karena untuk menyalakan kode DTMF dalam frekuensi rendah dan frekuensi tinggi, dan *rocker switch* dihubungkan dengan pin digital 6. Kemudian untuk GND semua komponen terhubung dengan GND mikrokontroler. Subsistem pemberi peringatan akan mengirimkan kode DTMF ke *transmitter*, sehingga seperti yang sudah di jelaskan pada subsistem pendeteksi pergerakan, pin TX RX mikrokontroler Arduino Mega perlu dihubungkan ke pin RX TX *transmitter*. Selanjutnya, untuk komponen LoRa terhubung dengan GPIO pada ESP8266 *transmitter* dan *receiver*, di mana GPIO yang terhubung dengan LoRa adalah GPIO12, GPIO13, GPIO14, GPIO15, GPIO16, dan GPIO4. Pin GPIO tersebut terhubung ke pin MISO, MOSI, SCK, NSS, RST, dan DIO 0 pada LoRa. Berikut ini merupakan implementasi rangkaian subsistem pemberi peringatan.



Gambar 3.24 Implementasi Rangkaian Subsistem Pemberi Peringatan Pada Boks Mikrokontroler Pengendali Sistem

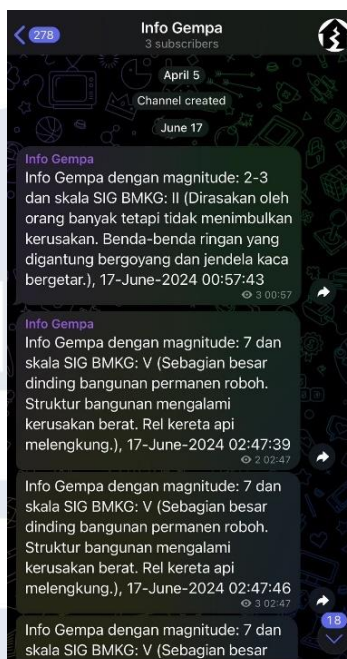


Gambar 3.25 Implementasi Rangkaian *Transmitter*



Gambar 3.26 Implementasi Rangkaian *Receiver*

Setelah melakukan implementasi perangkat keras, langkah selanjutnya adalah melakukan implementasi perangkat lunak. Perangkat lunak yang diterapkan pada subsistem ini yaitu memberikan informasi mengenai kekuatan gempa yang disimulasikan, dampak dari nilai kekuatan gempa pada simulasi gempa bumi, dan waktu pelaksanaan simulasi gempa. Berikut ini merupakan tampilan informasi yang diberikan ke masyarakat saat simulasi gempa.



Gambar 3.27 Informasi Terkait Simulasi Gempa Pada Channel Telegram

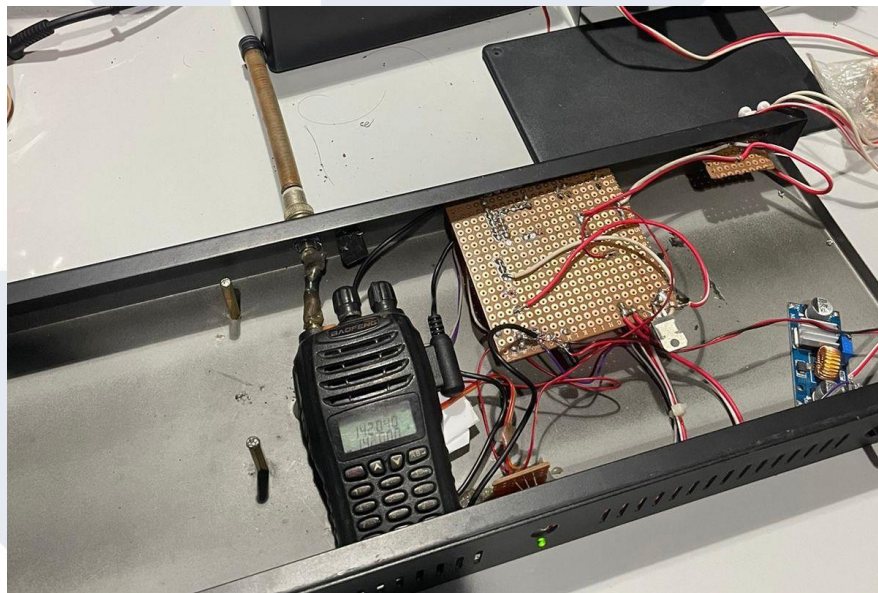
Selain memberikan informasi, perangkat lunak yang diterapkan, menerima masukan dari operator, ketika operator memindahkan posisi *toggle switch* dan menekan *push button* atau dengan menekan *keypad* untuk memberikan peringatan. Peringatan dapat diberikan dengan dua mode yaitu mode *auto* dan mode manual. Mode *auto* aktif apabila *rocker switch* dalam keadaan bernilai satu, sedangkan mode manual aktif apabila *rocker switch* bernilai nol. Apabila operator memindahkan posisi *toggle switch* dan menekan *push button*, maka mode yang digunakan *auto*. Dalam mode *auto* terdapat tiga buah *toggle switch* yang dapat digunakan untuk menghasikan kode DTMF. Saat *toggle switch* pertama, kedua, dan ketiga bernilai 0, 0, dan 0 akan menghasilkan kode DTMF *456#01, Saat *toggle switch* pertama, kedua, dan ketiga bernilai 0, 0, dan 1 akan menghasilkan kode DTMF *456#02, Saat *toggle switch* pertama, kedua, dan ketiga bernilai 0, 1, dan 0 akan menghasilkan kode DTMF *456#03, dan Saat *toggle switch* pertama, kedua, dan ketiga bernilai 0, 1, dan 1 akan menghasilkan kode DTMF *456#. Apabila operator memasukan kode DTMF menggunakan *keypad*, maka mode yang digunakan manual. Terdapat empat kode DTMF yang dapat digunakan untuk operator memberikan peringatan. Kode DTMF yang pertama *456#01,

*456#02, *456#03, dan *456#04. *456#01 akan mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 1 menit, *456#02 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 10 menit, *456#03 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 11 menit, *456#04 mengaktifkan alarm suara dan lampu indikator alarm selama 12 menit. Kode DTMF pertama digunakan untuk peringatan gempa, kode DTMF kedua digunakan untuk peringatan waspada potensi tsunami, kode DTMF ketiga digunakan untuk peringatan siaga potensi tsunami, dan kode terakhir digunakan untuk peringatan awas potensi tsunami. Ketika operator menggunakan mode *auto* atau mode manual untuk memberikan peringatan, maka Kode DTMF akan diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke *transmitter* melalui komunikasi UART. Kemudian *transmitter* meneruskan dengan mengirimkan kode DTMF ke *receiver* pertama dan *receiver* kedua menggunakan LoRa. Apabila kode DTMF telah sampai pada *receiver*, *receiver* akan mengaktifkan alarm sesuai dengan kode DTMF, lalu mengirimkan pesan balik ke *transmitter* bahwa alarm telah diaktifkan. Selanjutnya *transmitter* meneruskan pesan ke mikrokontroler pengendali sistem melalui komunikasi UART dan mikrokontroler akan menyalakan suara kode DTMF sesuai dengan kode DTMF yang pertama kali dikirimkan oleh operator untuk memberikan peringatan. Tujuan *receiver* mengirimkan pesan balik adalah agar operator dapat mengetahui apakah alarm sudah menyala atau tidak menyala.

Kode DTMF dan beberapa komponen, seperti toggle switch dan *push button* yang digunakan pada subsistem pemberi peringatan juga diterapkan pada sistem pemberi peringatan yang dimiliki oleh Gugus Mitigasi Lebak Selatan (GMLS) yang terletak di Banten. Berikut merupakan tempat diletakkannya sistem pemberi peringatan GMLS.

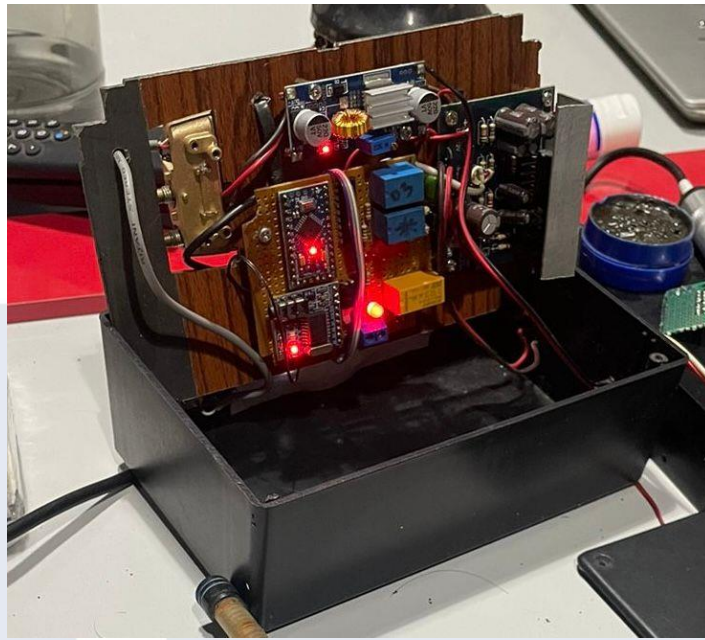


Gambar 3.28 *Command Center* Gugus Mitigas Lebak Selatan



Gambar 3.29 *Transmitter* Sistem Pemberi Peringatan Gugus Mitigasi Lebak Selatan

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



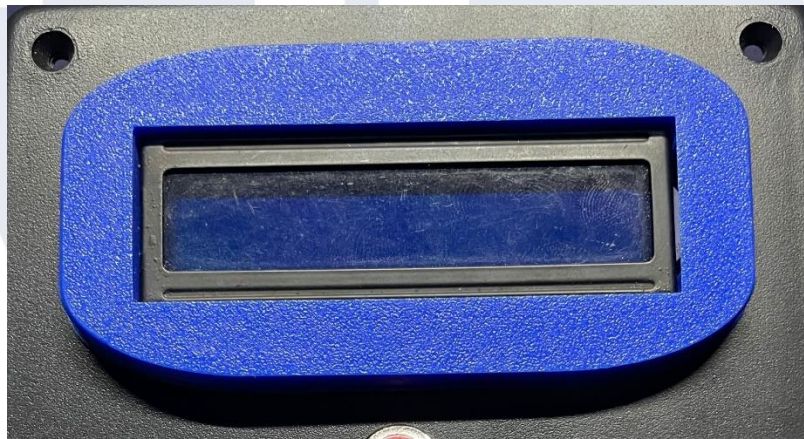
Gambar 3.30 Receiver Sistem Pemberi Peringatan Gugus Mitigasi Lebak Selatan

Pada subsistem pemberi peringatan penelitian ini kode dikirimkan melalui komunikasi UART dan LoRa karena LoRa tidak dapat mendengarkan dan menterjemahkan kode DTMF tersebut, sedangkan sistem yang dimiliki oleh GMLS, DTMF dapat didengarkan karena menggunakan *handie talkie* (HT) dan diterjemahkan menggunakan modul MT8870. Cara kerja sistem yang dikembangkan oleh GMLS yaitu ketika posisi *toggle switch* dipindahkan dan *push button* ditekan, mikrokontroler akan mengaktifkan tombol push to talk (PTT) pada HT *transmitter* melalui *relay* untuk mengaktifkan mikrofon sebelum nada DTMF berbunyi. Kemudian, rangkaian DTMF akan mengeluarkan nada DTMF dan masuk ke dalam mikrofon HT *transmitter*, lalu HT *transmitter* mengirimkan nada DTMF tersebut ke HT *receiver*. Setelah diterima oleh HT *receiver*, Nada DTMF akan diterjemahkan menggunakan modul MT8870 dan di proses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan melakukan pengecekan angka terakhir dari kode DTMF, angka terakhir tersebut menunjukkan pengeras suara yang akan diaktifkan. Apabila angka terakhir kode DTMF bernilai 3, maka pengeras suara pada tower ketiga akan aktif. Setelah aktif, peringatan diberikan menggunakan modul MP3, dimana modul MP3 dihubungkan dengan *flashdisk* yang di dalamnya terdapat rekaman suara peringatan.

3.2.3 Implementasi Subsistem *User Interface*

Implementasi perangkat keras pada subsistem *user interface* dilakukan dengan tiga tahapan. Tahapan pertama, membuat papan *breakout* untuk mikrokontroler Arduino Mega.

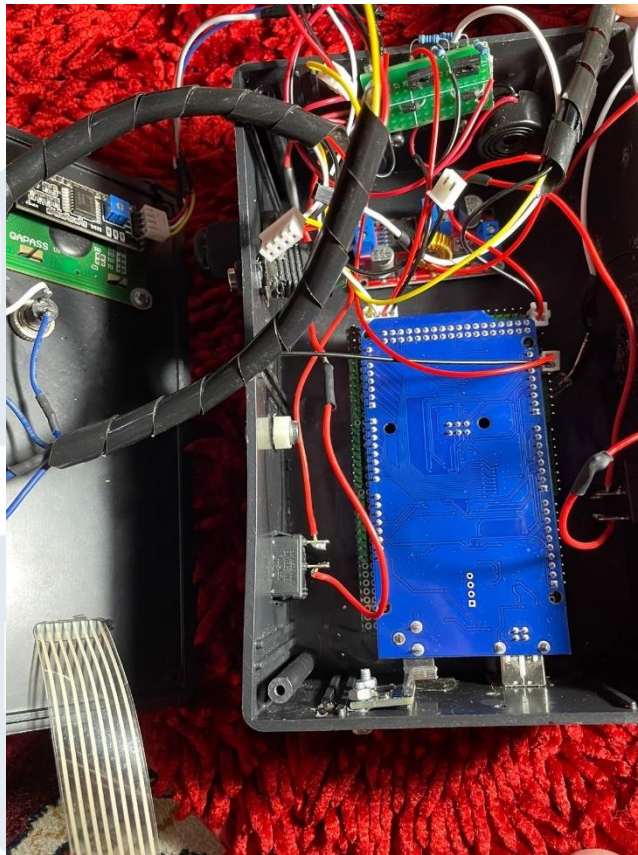
Tahapan kedua, membuat lubang pada boks untuk menempatkan komponen LCD dan memasang LCD tersebut pada boks menggunakan sekrup. Berikut ini merupakan penempatan sensor pada boks.



Gambar 3.31 Penempatan LCD Pada Boks

Tahapan Ketiga, menghubungkan komponen LCD yang telah dipasang pada boks dengan mikrokontroler Arduino Mega. LCD dihubungkan dengan pin SDA dan SCL mikrokontroler Arduino Mega. Kemudian, untuk pin VCC dan GND pada LCD dihubungkan dengan pin 5V dan GND pada mikrokontroler Arduino Mega. Berikut ini merupakan implementasi rangkaian subsistem *user interface*.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 3.32 Implementasi Rangkaian Subsistem *User Interface*

Setelah melakukan implementasi perangkat keras, langkah selanjutnya adalah melakukan implementasi perangkat lunak. Perangkat lunak yang diterapkan adalah memproses magnitude dan SIG BMKG untuk ditampilkan pada LCD. Selain itu, memproses kode DTMF yang dimasukkan operator untuk memberikan peringatan menggunakan *keypad*.



Gambar 3.33 Tampilan Magnitude dan Skala Intensitas Gempa

3.2.4 Hambatan Implementasi

Hambatan untuk subsistem pendeteksi pergerakan, subsistem pemberi peringatan, dan subsistem user interface sebagai berikut:

1. Komponen buzzer berbunyi tanpa henti saat *transmitter* dan *receiver* dinyalakan.
2. Mikrokontroler pengendali sistem tidak dapat menyala karena daya untuk mikrokontroler tersebut tidak stabil.
3. Komunikasi UART antara mikrokontroler pengendali sistem dengan *transmitter* tidak berfungsi dan perlu menggunakan kabel USB untuk mengirim data.

3.2.5 Solusi yang Diterapkan

Solusi yang diterapkan pada subistemi pendeteksi pergerakan, subsistem pemberi peringatan, dan subsistem user interface sebagai berikut:

1. Memberikan suplai daya dari eksternal untuk buzzer dan menambahkan komponen transistor untuk menyambung arus eksternal ke buzzer.
2. Melakukan pengecekan kembali pada rangkaian dan memisahkan kabel untuk VCC dengan kabel untuk GND.
3. Menghubungkan pin GND *transmitter* dengan pin GND mikrokontroler pengendali sistem.

U M N
U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A