

Komunikasi Suara Sinyal Digital Dengan Transmisi Frekuensi 2,4 Ghz

Ahmad Wahyu Purwandi
PS Teknik Telekomunikasi / T. Elektro
Politeknik Negeri Malang
Malang, Indonesia
ahmad.wahyu@polinema.ac.id

Abdul Rasyid
PS Teknik Telekomunikasi / T. Elektro
Politeknik Negeri Malang
Malang, Indonesia
abdul.rasyid@polinema.ac.id

Guntur Wahyu Sejati
PS Teknik Telekomunikasi / T. Elektro
Politeknik Negeri Malang
Malang, Indonesia
bldexwahyu@gmail.com

Abstract— The limitations of developing high-tech communication systems cause the area of people who can use this service to be uneven. One technology that can be used for areas not yet reached by this high-tech communication service is to use radio communication technology.

Today radio communication technology continues to develop and produce an increasingly limited frequency spectrum. One way to improve the efficient use of available frequency spectrums is the transition from analog technology to digital technology. A very significant benefit in the use of digital technology is to save the use of radio frequency spectrum bandwidth with signal compression techniques. One device that still uses analog technology is a handy talky (HT). In addition to the lack of frequency spectrum efficiency, HT technology still requires a radio station license (ISR) for its use.

This experiment designed a two-way digital audio communication system that was transmitted using the NRF24L01 radio frequency transceiver module on the 2.4Ghz frequency. Analog input data from the microphone will be converted into digital data through the ADC (Analog to Digital Converter) process using a microcontroller and the digital data that will be sent is first digitally modulated using GFSK modulation then transmitted digitally. On the other hand data that already contains voice information received again by another NRF24L01 transceiver is received by the Arduino microcontroller and then formed into a PWM signal (pulse width modulation) and then released to the speaker. So the method of using digital transmission can produce efficiencies in the frequency spectrum.

Keywords - components; Digital audio; frequency spectrum; transceiver; NRF24L01; GFSK; PWM;

Abstrak— Keterbatasan pembangunan sistem komunikasi teknologi tinggi menyebabkan ketidakmerataan wilayah dari masyarakat yang dapat menggunakan layanan tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk wilayah yang belum terjangkau layanan komunikasi dengan teknologi tinggi itu adalah dengan menggunakan teknologi komunikasi radio.

Saat ini teknologi komunikasi radio terus berkembang dan mengakibatkan semakin terbatasnya spektrum frekuensi yang tersedia. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia adalah peralihan dari teknologi analog ke teknologi digital. Manfaat yang sangat berarti dalam penggunaan teknologi digital ialah menghemat penggunaan lebar pita spektrum frekuensi radio karena adanya teknik kompresi terhadap sinyal tersebut. Salah satu perangkat yang masih menggunakan teknologi analog adalah handy talkie (HT). Selain kurangnya efisiensi spektrum frekuensi, teknologi HT masih membutuhkan izin stasiun radio (ISR) untuk penggunaannya.

Penelitian ini merancang sistem komunikasi audio digital dua arah yang ditransmisikan menggunakan modul radio frekuensi transceiver NRF24L01 pada frekuensi 2,4Ghz. Data

input analog dari mikrofon akan diubah menjadi data digital melalui proses ADC (*Analog to Digital Converter*) menggunakan mikrokontroler dan data digital yang akan ditransmisikan terlebih dahulu dimodulasi digital menggunakan modulasi GFSK kemudian ditransmisikan secara digital. Pada sisi lain data yang sudah berisi informasi suara yang diterima lagi oleh *transceiver* NRF24L01 yang lain diterima oleh mikrokontroler Arduino lalu dibentuk menjadi sinyal PWM (pulse wide modulation) kemudian dikeluarkan menuju speaker. Sehingga dengan metode menggunakan transmisi digital ini dapat dihasilkan efisiensi pada spektrum frekuensi.

Keyword—komponen; Audio digital; spektrum frekuensi; transceiver; NRF24L01; GFSK; PWM;

PENDAHULUAN

Layanan komunikasi merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat di era globalisasi seperti saat ini. Layanan komunikasi saat ini semakin berkembang dan canggih. Namun keterbatasan pembangunan sistem komunikasi teknologi tinggi menyebabkan ketidakmerataan wilayah dan masyarakat yang dapat menikmati layanan tersebut. Teknologi yang dapat digunakan di wilayah yang belum terjangkau layanan komunikasi dengan teknologi tinggi adalah teknologi radio.

Radio merupakan teknologi yang digunakan untuk pengiriman sinyal dengan cara modulasi dan radiasi elektromagnetik (gelombang elektromagnetik). Gelombang ini melintas dan merambat lewat udara bebas. Penggunaan teknologi radio sebagai media transmisi di Indonesia diatur oleh kementerian komunikasi dan informatika. Radio juga memiliki peranan strategis dalam pengembangan jaringan telekomunikasi, termasuk pembangunan jaringan pita lebar, dukungan komunikasi untuk keperluan pertahanan dan keamanan negara, penanggulangan bencana, pencarian dan pertolongan, serta sebagai sarana komunikasi untuk keperluan internal perusahaan, badan hukum, maupun instansi pemerintah. Saat ini teknologi komunikasi radio terus berkembang dan mengakibatkan semakin terbatasnya spektrum frekuensi yang tersedia. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia adalah peralihan dari teknologi analog ke teknologi digital. Yang menjadi Latar Belakang diajukan judul ini adalah karena penulis melihat manfaat yang sangat berarti dalam penggunaan teknologi digital ini yang menghemat penggunaan lebar pita spektrum frekuensi radio karena adanya teknik kompresi terhadap sinyal tersebut (Amry, 2015). Salah satu perangkat yang masih menggunakan teknologi analog adalah handy talkie (HT). Selain kurangnya efisiensi spektrum frekuensi, teknologi HT masih membutuhkan izin stasiun radio (ISR) untuk penggunaannya. Pada penelitian ini akan dirancang sistem komunikasi audio digital dua arah yang ditransmisikan menggunakan modul radio frekuensi pada frekuensi 2,4Ghz. Data *input* analog dari mikrofon akan diubah menjadi data digital melalui proses ADC (*Analog to Digital Converter*) menggunakan arduino dan data digital yang akan

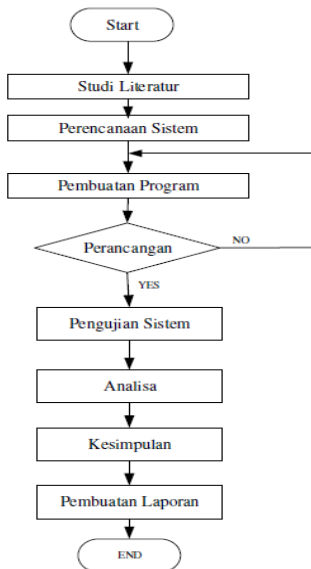
ditransmisikan terlebih dahulu dimodulasi digital menggunakan modulasi GFSK yang kemudian ditransmisikan menggunakan *transceiver* NRF24L01 dengan frekuensi 2,4Ghz. Pada sisi lain data yang diterima oleh *transceiver* akan dikeluarkan melalui speaker dengan menggunakan modulasi *pulse wide modulation* (PWM) pada arduino. Sehingga dengan modulasi digital diharapkan efisiensi spektrum frekuensi dapat tercapai. Selain itu menurut laman *web* resmi direktorat jenderal sumber daya dan perangkat pos dan informatika tentang izin spektrum frekuensi radio menyatakan bahwa penggunaan frekuensi 2,4 Ghz masuk dalam kategori izin kelas yang tidak membutuhkan izin stasiun radio (ISR), sehingga pada sistem yang dibuat dapat digunakan tanpa membutuhkan ISR.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis Eksperiment yang menjelaskan tentang rancangan sistem, cara kerja sistem dan perencanaan dalam pembuatan Penelitian ini berjudul “Komunikasi Suara Sinyal Digital Dengan Transmisi Frekuensi 2,4 Ghz”.

Alur Penelitian

Rancangan penelitian disusun agar proses penelitian dapat dilakukan secara bertahap dan terstruktur. Rancangan penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar berikut.



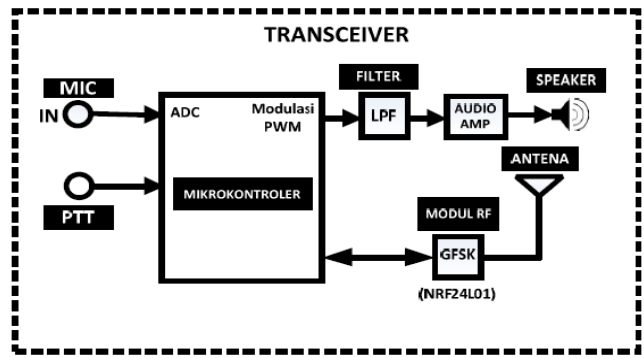
Gambar 1 Rancangan Penelitian

Tahapan Penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur tentang pembuatan sistem dan analisa proses komunikasi radio menggunakan mikrokontroler arduino dan modul radio frekuensi nrf24l01.
2. Perencanaan sistem kerja dari sistem yang akan dibuat. Di tahapan ini ditulis langkah-langkah kerja dari sistem yang akan dibuat.
3. Pembuatan program pada mikrokontroler arduino.
4. Perancangan dilakukan untuk merancang alat yang akan dibuat dan memasukkan script program, apabila script program yang dibuat tidak berjalan semestinya maka kembali membuat program. Apabila program sudah berjalan maka program bisa digunakan.
5. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui sistem sudah berjalan sesuai rencana atau belum.
6. Menganalisa program dan alat yang dibuat sudah berfungsi dengan baik atau belum.
7. Pembuatan kesimpulan berdasarkan analisa yang dibuat
8. Pembuatan laporan

Blok Diagram

Blok diagram perencanaan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 2 Blok Diagram Perencanaan Sistem

Pembuatan perangkat sistem komunikasi audio digital dua arah *half duplex* digambarkan dalam bentuk blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 2.

Terlihat dari blok diagram tersebut bahwa perangkat yang akan dibuat dibagimenjadi tujuh blok yaitu, mikrokontroler arduino uno, mikrofon max9814, rangkaian *push to talk*, modul radio frekuensi nrf24l01, *lowpass filter*, penguataudio dan speaker. Setiap blok tersebut memiliki fungsi masing- masing. Fungsifungsinya adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler (Arduino Uno)

Board Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama para system yang akan dibuat. Hal tersebut ditunjukkan pada diagram blok bahwa Arduino terhubung secara langsung dengan blok yang lain.

3. Mikrofon max9814

Mikrofon max9814 adalah mikrofon dilengkapi dengan *preamplifier low noise, variable gain amplifier* (VGA), penguat keluaran, generator tegangan bias mikrofon dan sirkuit kontrol AGC. Mikrofon ini berfungsi sebagai *input* suara pada system 4. Rangkaian *push to talk*

Rangkain *push to talk* ini berfungsi sebagai tombol saat sistem yang dibuat akan digunakan untuk proses komunikasi. Rangkaian ini dirangkai dengan LED dioda yang berfungsi sebagai pemberitahuan bahwa sistem sedang berfungsi sebagai *transmitter*.

5. *Transceiver* nrf24l01

Transceiver nrf24l01 berfungsi sebagai modul radio frekuensi yang dapat berfungsi sebagai pengirim dan penerima. Pada *transceiver* ini menggunakan modulasi GFSK dan bekerja pada frekuensi 2,4Ghz.

6. *Low Pass Filter*

Filter ini berfungsi untuk menyaring frekuensi noise yang berada diatas frekuensi audio. Filter yang dirancang menggunakan jenis filter *low pass* dengan frekuensi *cut off* 4080,8 Hz

7. Penguat Audio

Penguat audio ini berfungsi untuk menguatkan informasi audio yang telah disaring oleh filter *low pass*.

8. *Speaker*

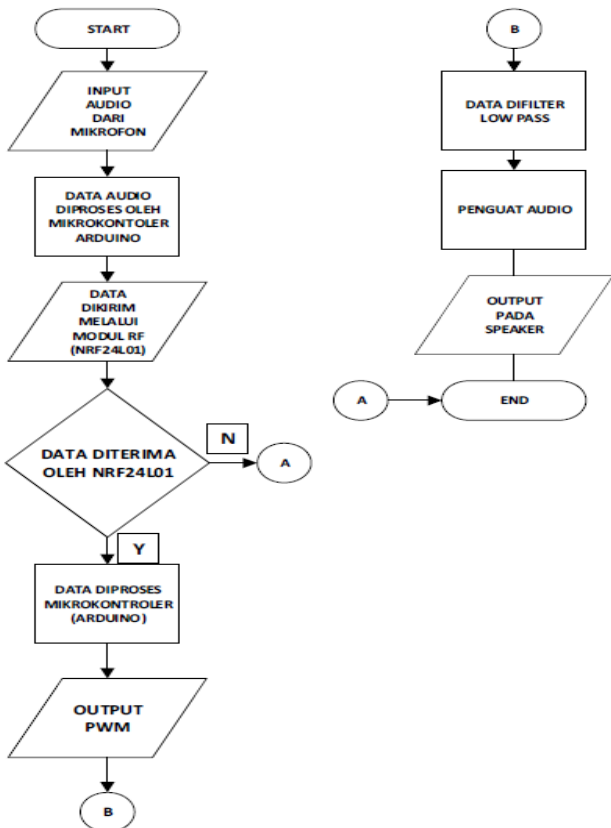
Speaker merupakan bagian blok yang berfungsi sebagai perangkat untuk mengeluarkan suara yang telah diterima melalui NRF24L01. Informasi yang telah diperoleh tersebut akan dikeluarkan melalui speaker dengan menggunakan modulasi *pulse wide modulation* (PWM) pada arduino.

Diagram Alir Sistem

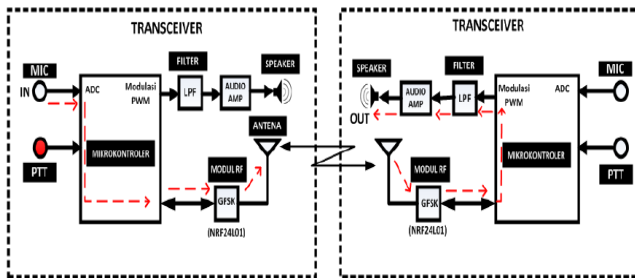
Diagram alir sistem ini menjelaskan tentang cara kerja sistem yang akan dibuat. Diagram alir sistem ditunjukkan pada Gambar berikut.

Dalam rancangan alat terdapat tiga fungsi utama yaitu :

1. Data *input* dari mikrofon diolah ke data digital oleh mikrokontroler arduino
2. Data hasil pemrosesan dikirimkan oleh modul *transceiver* nrf24l01
3. Data yang diterima oleh *transceiver* nrf24l01 diolah oleh arduino dan dikeluarkan melalui *speaker*



Gambar 3 Diagram Alir Sistem



Gambar 4 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja sistem yang ditunjukkan pada gambar diatas. Jenis komunikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *half duplex*. Proses komunikasi dimulai dengan menekan tombol PTT (*push to talk*) pada perangkat pemancar. Saat salah satu perangkat menekan tombol PTT maka perangkat tersebut akan berfungsi sebagai pemancar dan perangkat yang lain akan berfungsi sebagai penerima.

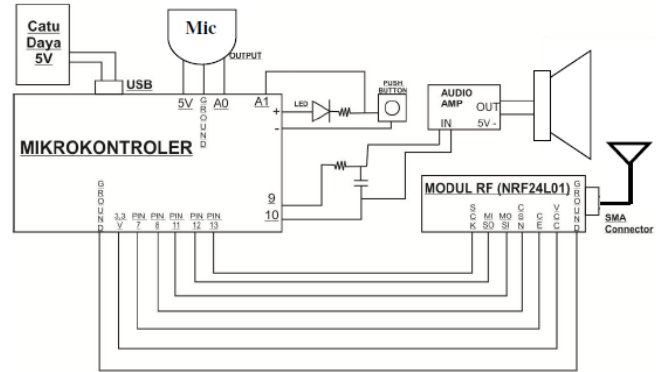
Seperti yang ditunjukkan pada gambar, garis putus-putus merupakan alur informasi dari input sampai dengan output.

Sisi pemancar berfungsi untuk mengirimkan informasi, mikrofon digunakan sebagai perangkat yang menerima input suara. Data analog dari mikrofon akan diubah menjadi data digital melalui proses ADC (*Analog to Digital Converter*) menggunakan mikrokontroler arduino uno. Data digital tersebut akan dimodulasi dengan modulasi GFSK (*Gaussian frequency shift keying*) pada *transceiver* nrf24l01. Data hasil modulasi kemudian diubah menjadi sinyal elektromagnetik dan dipropagasikan oleh antena. Sisi penerima berfungsi untuk menerima informasi, sinyal elektromagnetik yang dipropagasikan oleh antena pemancar akan diterima dan diubah menjadi sinyal listrik oleh antena penerima. Sinyal listrik dalam bentuk data analog didemodulasi oleh *transceiver* nrf24l01 menjadi data digital. Data digital tersebut dimodulasi PWM (*Pulse width modulation*) oleh mikrokontroler.

Kemudian data digital PWM akan dimasukkan kedalam *low pass filter* untuk menyaring noise yang terdapat pada data digital PWM kedalam bentuk sinyal analog. Sinyal analog tersebut dikuatkan menggunakan penguat audio dan hasil keluaran penguat audio akan dikeluarkan oleh *speaker*.

Perancangan dan Pembuatan Hardware

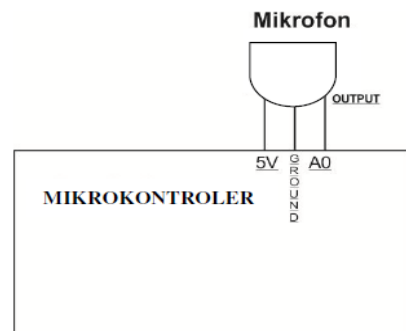
Pada perangkat *transceiver*, mikrokontroler yang utama adalah arduino uno. Setiap komponen yang digunakan seperti mikrofon max9814, modul radio frekuensi nrf24l01, tombol PPT (*push to talk*), dan *speaker*. Skema rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 5 skema rangkaian sistem

a. Pemasangan Mikrofon Max9814

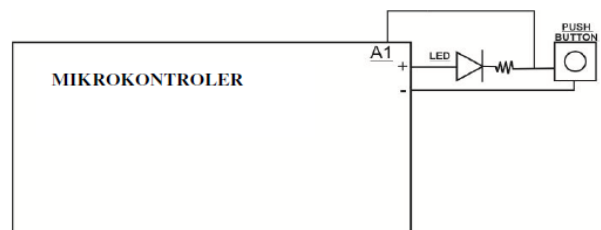
Pin *output* perangkat mikrofon Max9814 dipasang pada pin analog A0 pada *board* Arduino Uno, tegangan mikrofon dihubungkan pada pin 5V Arduino dan ground. Rangkaian pemasangan mikrofon ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 6 Skema pemasangan mikrofon

b. Pemasangan Rangkain Push to Talk

Rangkaian *push to talk* yang digunakan terdiri dari *push button*, led diode, dan resistor. Rangkaian *push to talk* terpasang pada pin A1 pada *board* Arduino Uno. Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian *push to talk* yang digunakan.

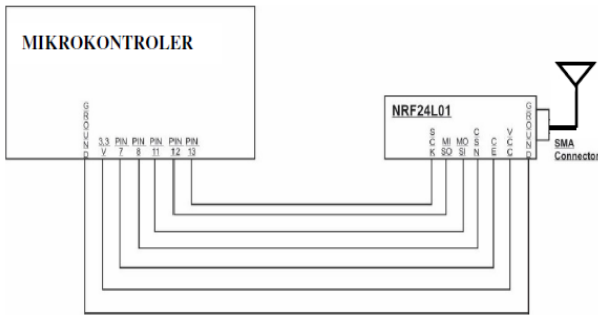


Gambar 7 Skema pemasangan rangkaian *push to talk*

c. Pemasangan Modul RF (nrf24l01)

Pemasangan nrf24l01 menggunakan pin *serial peripheral interface* (SPI).

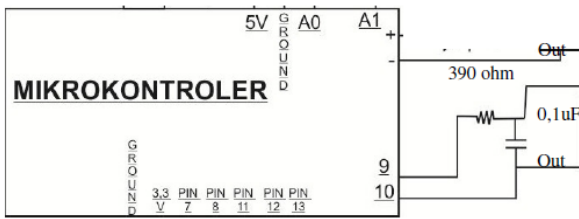
Tegangan yang dibutuhkan oleh nrf24l01 adalah sebesar 3,3V. Sedangkan pin yang digunakan pada Arduino ditunjukkan pada gambar.



Gambar 8 Skema pemasangan NRF24L01

d. Perancangan Filter

Pembuatan filter bertujuan untuk mengurangi noise pada output PWM dari mikrokontroler. Jenis filter yang akan dibuat adalah filter LPF (*low pass filter*). Skema perancangan filter ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 9 Skema Perancangan Filter

Komponen yang digunakan yaitu resistor 390 Ohm dan kapasitor 0.1 mikroFarad. Perhitungan frekuensi cutoff sebagai berikut :

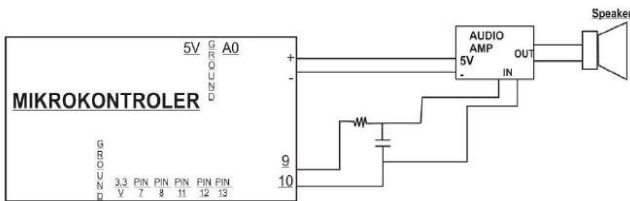
$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$F_c = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 390\Omega \times 0,1\mu F}$$

$$F_c = 4080,8 \text{ Hz}$$

e. Pemasangan Penguat Audio Pam8403

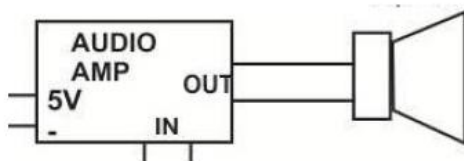
Penguat audio pam8403 berfungsi sebagai penguat sinyal audio setelah melewati filter *low pass*. Jenis penguat audio yang digunakan adalah pam8403. Pemasangan penguat audio pam 8403 ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 10 Pemasangan Penguat Audio Pam8403

f. Pemasangan Speaker

Speaker pada penelitian ini berfungsi sebagai bagian output akhir dari perangkat. Sinyal audio yang telah melewati filter *low pass* dan penguat audio akan dikeluarkan oleh speaker menjadi suara. Skema pemasangan *speaker* ditunjukkan pada gambar.

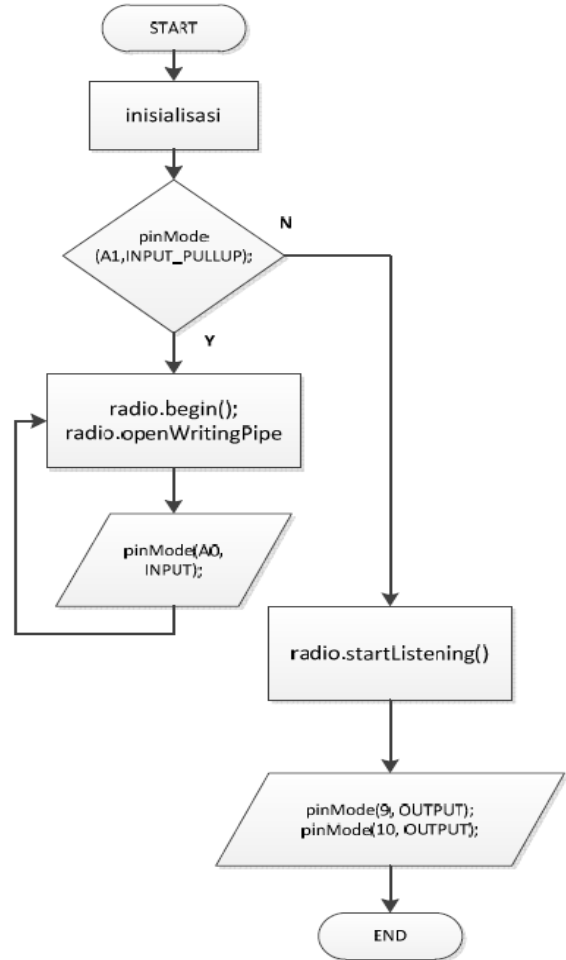


Gambar 11 Skema Pemasangan Speaker

Perancangan dan Pembuatan Software

Pada pembuatan sistem ini, selain perancangan perangkat keras juga dirancang program untuk arduino dengan menggunakan software IDE Arduino.

Pada perangkat *transceiver*, program yang telah dibuat akan di-*upload* pada arduino Uno melalui software IDE Arduino. Diagram alir perancangan software ditunjukkan pada Gambar 3.13.



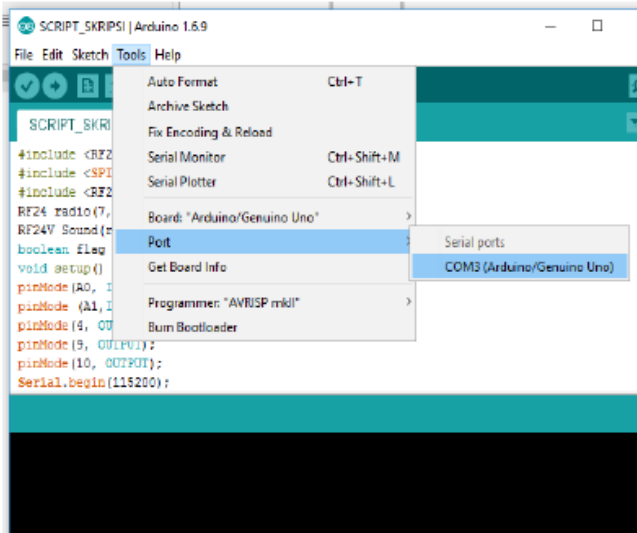
Gambar 12 Diagram alir perancangan software
Proses komunikasi dimulai saat salah satu perangkat menekan tombol *push to talk*

dengan fungsi pin A1 sebagai *input pullup*, saat tombol PTT ditekan maka modul

RF nrf24l01 akan menjalankan fungsi sebagai pemancar dengan menjalankan fungsi *radio.begin()*; . Saat PTT ditekan mikrofon akan aktif sebagai input pada pin A0. Sisi penerima akan berfungsi sebagai penerima dengan menjalankan fungsi *radio.startListening()*. Kemudian dikeluarkan menggunakan pin PWM 9 dan 10 pada mikrokontroler.

Perancangan Dan Pembuatan Program Dengan IDE Arduino

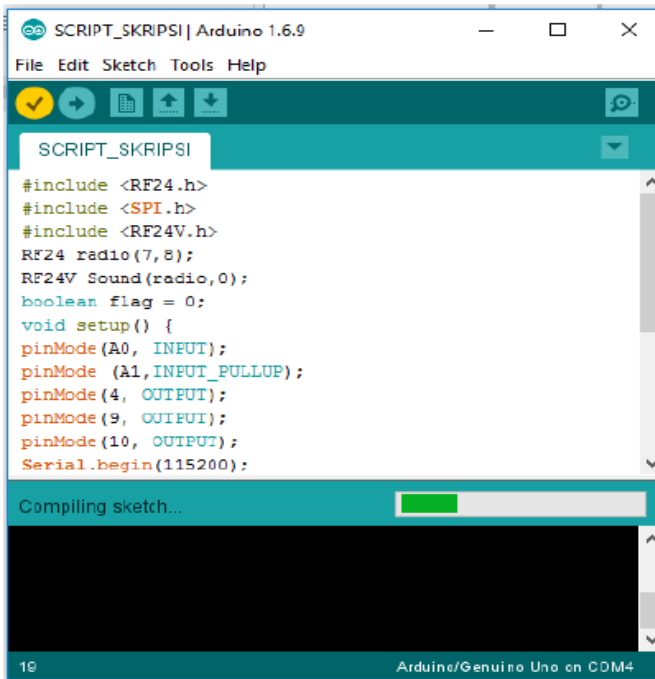
Sebelum program di-*upload*, dilakukan pengecekan *port* yang digunakan perangkat arduino untuk terhubung dengan komputer. Pengecekan dilihat pada menu "Tools" _ "Port".



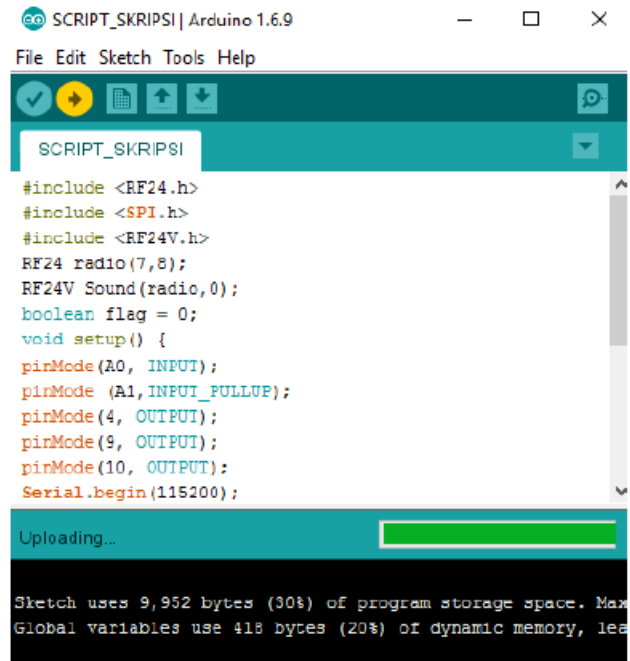
Gambar 13 Pengecekan port Arduino Uno
Setelah *port* telah terhubung, maka proses selanjutnya adalah pengecekan listing program. Pengecekan ini dapat dilakukan dengan menekan icon centang atau “*verify*”



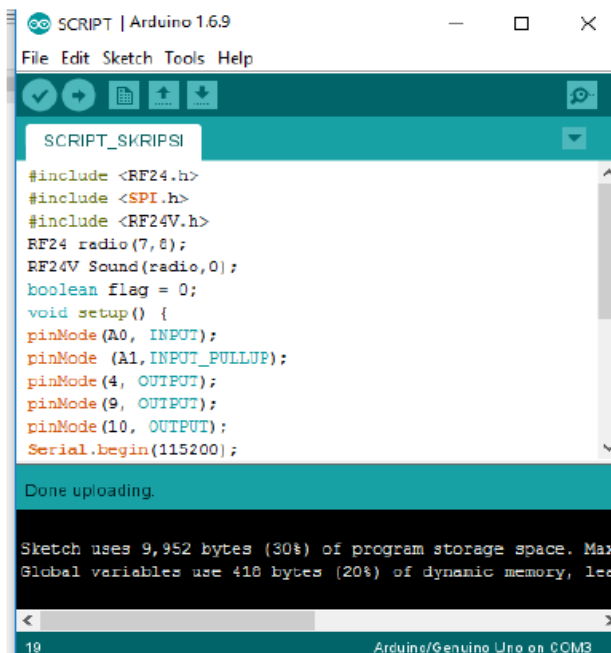
Gambar 15 Proses *verify* selesai
Jika tidak terdapat error saat proses “*verify*” maka program siap untuk di-*upload*.
Proses *upload* dapat dilakukan dengan menekan *icon* panah yang terdapat pada bagian atas IDE Arduino.



Gambar 14 Proses *verify* sedang berjalan
Proses *verify* selesai saat terdapat pemberitahuan “*Done Compiling*” pada bagian bawah IDE Arduino.



Gambar 16 Proses *upload* program Arduino Uno
Proses *upload* dianggap selesai jika terdapat pemberitahuan “*done uploading*” pada bagian bawah IDE Arduino dan apabila tidak terdapat pesan *error*.



Gambar 17 Proses *upload* program Arduino Uno selesai
Metode Rancangan Pengujian
 Pengujian sistem dilakukan pada beberapa parameter yang berkaitan dengan sistem pengolahan dan pengirim data, diantaranya:

1. Pengujian *readability*: Pada tahap ini dilakukan pengujian kemampuan sistem dalam pembacaan/ pengenalan informasi yang telah diterima oleh *receiver*.
2. Pengujian jarak jangkauan: Pada tahap ini pengujian dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan yang dapat dicapai oleh sistem yang telah dibuat.
3. Pengujian kualitas hasil sinyal *output* : Pada tahap ini pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil sinyal yang telah diterima oleh penerima dan membandingkan sinyal tersebut dengan sinyal yang dikirimkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat ini menjelaskan tentang hasil pengujian dan pembahasan dari sistem yang telah dibuat yaitu “Perancangan Sistem Komunikasi Audio Digital Dua Arah *Half Duplex* Dengan Mikrokontroler Pada Frekuensi 2,4 Ghz”. Pengujian sistem bertujuan untuk mengetahui bahwa sistem yang telah dibuat sesuai dengan perancangan.

Hasil Implementasi Alat

Implementasi alat dibuat sesuai dengan perencanaan yang telah dirancang. Perangkat arduino uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama untuk memasang perangkat lain seperti mikrofon max9814, tombol PTT(*push to talk*), modul *transceiver* NRF24L01 dan *speaker* sbagai *output* suara. Perangkat speaker, mikrofon, *push button* dipasang pada *box* bagian atas seperti pada gambar.



Gambar 18 Pemasangan perangkat pada *box*

Perangkat Arduino dipasang pada bagian bawah *box* sehingga hasil pengemasan sistem seperti pada gambar 4.2.



Gambar 19 Hasil pengemasan perangkat menggunakan *box*
Metode Pengujian dan Pembahasan

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *readability* atau kemampuan pembacaan informasi suara yang diterima oleh *receiver*, pengujian jarak jangkauan sistem, dan pengujian hasil sinyal output pada sistem.

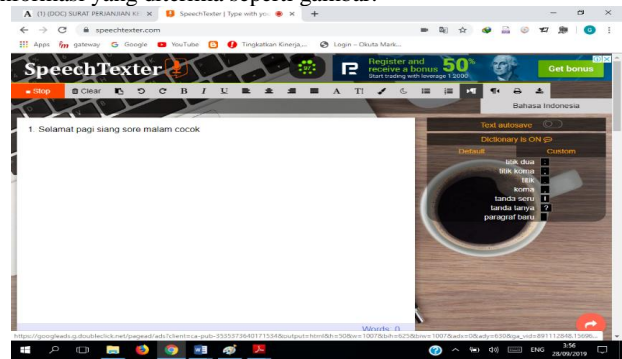
Hasil Pengujian

Pengujian *Readability* (Keterbacaan) Sistem

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keterbacaan dari informasi suara yang telah dikirimkan oleh *transmitter* ke *receiver*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menerjemahkan informasi yang diterima dengan menggunakan aplikasi *voice to text* (*speech texter*) pada *receiver* dan melakukan perhitungan presentase keberhasilan hasil pembacaan. *Output speaker* pada *receiver* dihubungkan dengan komputer menggunakan *jack* audio 3,5 mm. Lalu memilih menu “*start*” pada aplikasi *speech texter* untuk memulai proses penerjemahan.



Gambar 20 Diagram blok proses pengujian readability system
 Aplikasi yang digunakan adalah aplikasi *speechtexter* pada google chrome. Salah satu contoh hasil penerjemahan informasi yang diterima seperti gambar.



Gambar 21 Hasil penerjemahan informasi yang diterima menggunakan *Speechtexter*

Hasil pengujian *readability* sistem ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Pengujian *Readability* Sistem

No.	Huruf	Kata yang diucapkan	Kata yang ditulis	Presentase keberhasilan
1.	A	Apa	Apa	100 %
		Amfibi	Amfibi	100 %
		Andalan	Andalan	100 %
2.	B	Belajar	Belajar	100 %

		Bekas	Bekas	100 %
3.	C	Cantik	Cantik	100 %
		Cerdas	Cerdas	100 %
4.	D	Dasar	Dasar	100 %
		Dinding	Dinding	100 %
5.	E	Enak	Enak	100 %
		Enter	Enter	100 %
6.	F	Firasat	Firasat	100 %
		Fitrah	Fitrah	100 %
7.	G	Ganteng	Ganteng	100 %
		Gunting	Gunting	100 %
8.	H	Harapan	Harapan	100 %
		Hidrogen	Hidrogen	100 %
9.	I	Intan	Intan	100 %
		Irama	Irama	100 %
10.	J	Jambu	Jambu	100 %
		Jinak	China	60%
11.	K	Kamu	Kamu	100 %
		Kita	Kita	100 %
12.	L	Lama	Lama	100 %
		Listrik	Listrik	100 %
13.	M	Masjid	Masjid	100 %
		Minum	Minum	100 %
14.	N	Niat	Niat	100 %
		Nanti	Nanti	100 %
15.	O	Orang	Orang	100 %
		Otak	Otak	100 %
16.	P	Paha	Paha	100 %
		Piranha	Piranha	100 %
17.	Q	Quran	Quran	100 %
		Qurban	Qurban	100 %
18.	R	Rasa	Rasa	100 %
		Riang	Riang	100 %
19.	S	Sapu	Sapu	100 %
		Soda	Soda	100 %
20.	T	Tahu	Tahu	100 %
		Tempe	Tempe	100 %
21.	U	Udang	Undang	Error 20%

		Uranium	Uranium	100 %
22.	V	Visi	Visi	100 %
		Verbal	Verbal	100 %
23.	W	Warung	Warung	100 %
		Wewenang	Wewenang	100 %
24.	X	<i>expert</i>	<i>Expert</i>	100 %
		<i>expensive</i>	<i>expensive</i>	100 %
25.	Y	Yaitu	Yaitu	100 %
		<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	100 %
26	Z	Zebra	Zebra	100 %
		Zaman	Zaman	100 %

Dari data hasil pengujian pada table menunjukkan bahwa sistem dapat menerjemahkan informasi yang telah diterima secara tepat untuk informasi dengan presentase keberhasilan sebesar 100%. Sedangkan untuk kata-kata dengan *sample* kata “Jinak” yang mewakili huruf “J” masih memiliki tingkat keberhasilan sebesar 60% karena data yang diterima menjadi kata “china” dan error sebesar 20% pada *sample* kata “Undang” yang menjadi “undang”. Perhitungan presentase keberhasilan ditunjukkan pada rumus sebagai berikut :

$$\text{Presentase keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah huruf yang dapat terbaca}}{\text{Jumlah huruf dari kata yang dikirimkan}} \times 100\%$$

Macam- macam kata yang digunakan pada table diharapkan dapat mewakili huruf alfabet dari A-Z.

Pengujian Jarak Jangkauan Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal dari sistem yang telah dibuat. Terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pengaruh perubahan data rate terhadap jarak jangkauan dan pengujian pengaruh perubahan daya transmisi terhadap jarak jangkauan.

Pengujian Pengaruh Perubahan Data Rate Terhadap Jarak Jangkauan

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengukur jarak maksimal proses komunikasi antar *transceiver* dengan data rate yang berbeda. Sebelum melakukan proses pengujian, terlebih dahulu *data rate* dari sistem disetting menjadi 250Kbps dan 1Mbps. Proses *setting* dilakukan menggunakan IDE Arduino seperti pada gambar,

```

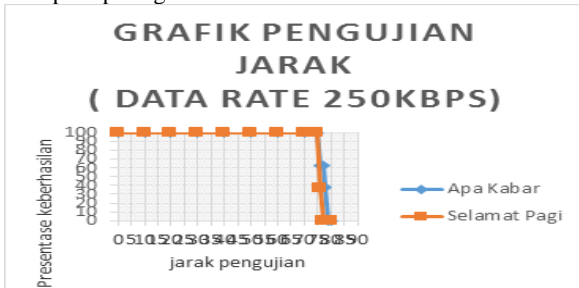
SCRIPT_SKRIPSI | Arduino 1.6.9
File Edit Sketch Tools Help
SCRIPT_SKRIPSI
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT_PULLUP);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
Serial.begin(115200);
radio.begin();
radio.printDetails();
radio.setChannel(0x4b);
radio.setAutoAck(0);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
Sound.begin();
radio.setCRCLength(RF24_CRC_8);
digitalWrite(4, 1);
void loop() {
}
Done compiling
    
```

Gambar 22 Setting data rate sistem pada IDE Arduino
Proses pengujian dilakukan seperti pada gambar .

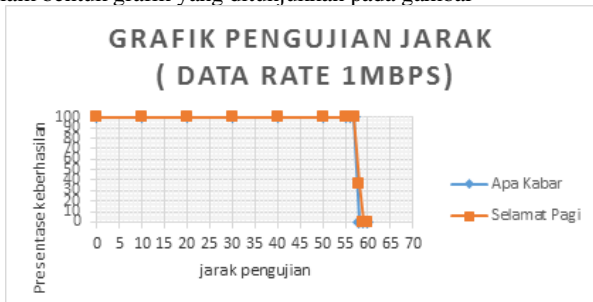


Gambar 23 Diagram blok proses pengujian jangkauan sistem
 Pengujian jarak dilakukan dengan cara melakukan *input sample* kalimat pada *transmitter* dan pengecekan pada sisi *receiver* dengan menggunakan aplikasi voice to text. Perangkat *receiver* dihubungkan menggunakan *jack* 3,5 mm yang dipasangkan pada *port* mikrofon komputer. Apabila kalimat yang dikirimkan oleh *transmitter* dapat diterjemahkan oleh aplikasi *voice to text* dengan benar pada sisi *receiver* maka proses komunikasi dianggap berhasil. *Sample* kalimat yang digunakan adalah sebagai “apa kabar” dan “selamat pagi”.

Hasil Pengujian jarak sistem dengan data rate 250 Kbps
 Dari hasil pengujian pada Tabel dapat digambarkan grafik seperti pada gambar.



Gambar 24 Grafik pengujian jangkauan dengan data rate 250Kbps
 Dari hasil pengujian dengan *data rate* 1 Mbps dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 25 Grafik pengujian jangkauan dengan data rate 1Mbps
 Dari hasil pengujian memiliki perbedaan hasil jarak jangkauan sistem. Pada pengujian dengan *setting data rate* 250Kbps jarak maksimal yang dapat terjangkau oleh sistem yaitu 75m dengan presentase keberhasilan 100%. Nilai presentase keberhasilan diperoleh dari perhitungan dengan rumus:

$$Presentase\ keberhasilan = \frac{Jumlah\ huruf\ yang\ dapat\ terbaca}{Jumlah\ huruf\ dari\ kata\ yang\ dikirimkan} \times 100\%$$

$$Presentase\ keberhasilan = \frac{5\ (Apa\ ka)}{8\ (Apa\ ka\ bar)} \times 100\% = 62,5\ \%$$

Pada jarak 76m proses komunikasi masih bisa namun data yang diterima tidak sempurna dengan presentase keberhasilan 62,5% untuk kalimat “apa kabar” dan 36,3% untuk kalimat “selamat pagi”. Sedangkan pada pengujian dengan data rate 1Mbps, jarak maksimal yang dapat dicapai oleh sistem yaitu 55m dengan presentase keberhasilan 100%. Pada jarak 56m proses komunikasi masih bisa namun data yang diterima tidak sempurna dengan presentase keberhasilan 100% untuk kalimat “apa kabar” dan 63,6% untuk kalimat “selamat pagi”.

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa *setting data rate* 250Kbps memiliki jarak jangkauan yang lebih jauh sebesar 75m dan pada *data rate* 1Mbps memiliki jarak yang lebih rendah yaitu sebesar 55m.

Pengujian Pengaruh Perubahan Daya Transmisi Terhadap Jarak Jangkauan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan daya transmisi terhadap jarak jangkauan sistem. Metode pengujian yang dilakukan yaitu dengan melakukan *setting* beberapa jenis daya yang akan digunakan oleh NRF24L01. *Setting* dilakukan dengan menggunakan *script radio.setPALevel(RF24_PA_level)* seperti yang ditunjukkan pada gambar

```

SCRIPT_SKRIPSI | Arduino 1.6.9
File Edit Sketch Tools Help
SCRIPT_SKRIPSI
#include <RF24V.h>
RF24 radio(7,8);
RF24V Sound(radio,0);
boolean flag = 0;
void setup() {
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT_PULLUP);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
Serial.begin(115200);
radio.begin();
radio.printDetails();
radio.setChannel(0x4b);
radio.setAutoAck(0);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
Sound.begin();
    
```

Gambar 26 Setting level daya pada IDE arduino
 Pada pengujian ini dilakukan pengujian dengan beberapa level daya transmisi yang dapat digunakan oleh NRF24L01. Tabel level daya transmisi ditunjukkan pada tabel .

Tabel Level daya transmisi pada NRF24L01

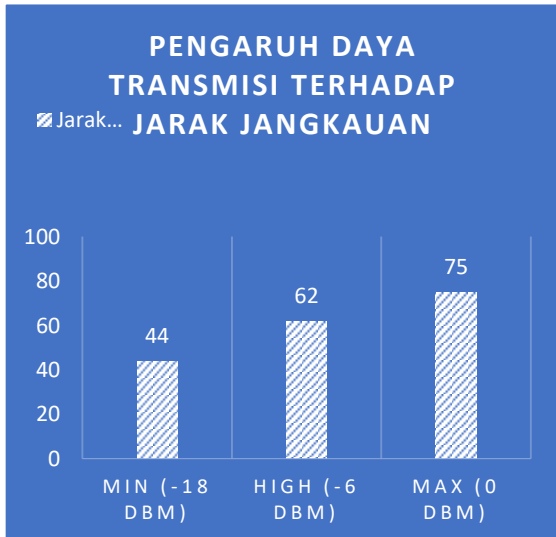
No	Level	Daya(dBm)
1.	RF24_PA_MIN	-18
2.	RF24_PA_HIGH	-6
3.	RF24_PA_MAX	0

Sumber : Library NRF24L01

Setelah melakukan *setting* level daya yang digunakan, metode pengujian dilakukan dengan cara melakukan *input sample* kalimat pada *transmitter* dan pengecekan pada sisi *receiver* dengan menggunakan aplikasi voice to text. Perangkat *receiver* dihubungkan menggunakan *jack* 3,5 mm yang dipasangkan pada *port* mikrofon komputer. Apabila kalimat yang dikirimkan oleh *transmitter* dapat diterjemahkan oleh aplikasi *voice to text* dengan benar pada sisi *receiver* maka proses komunikasi dianggap berhasil. *Sample* kalimat yang digunakan adalah sebagai “apa kabar” dan “selamat pagi”. Skema pengujian ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 27 Skema pengujian pengaruh daya transmisi terhadap jarak jangkauan
 Data hasil pengujian maka dapat disederhanakan kedalam grafik yang ditunjukkan pada gambar berikut.

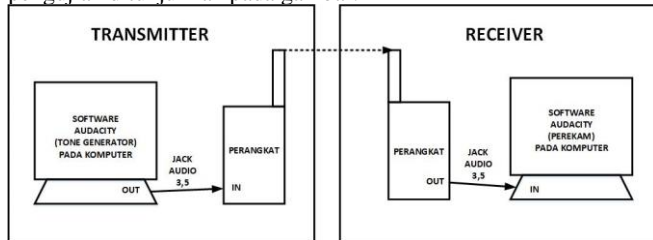


Gambar 28 Grafik pengujian pengaruh daya transmisi terhadap jarak jangkauan sistem

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa saat level daya transmisi terendah *MIN* (-18dBm) jarak jangkauan yang dapat dicapai sebesar 44m, saat level daya *HIGH* (-6dBm) jarak yang dapat dicapai sebesar 62m, dan saat level daya *MAX* (0dBm) jarak yang dapat dicapai sebesar 75m. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya transmisi maka semakin jauh jarak jangkauan yang dapat dicapai.

Pengujian sinyal output pada penerima

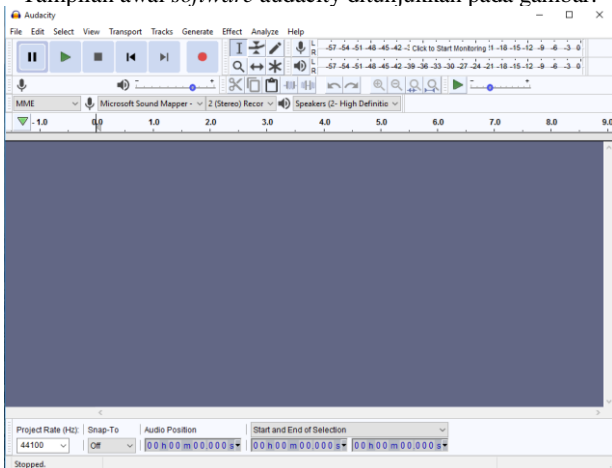
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sinyal *output* PWM yang telah diterima oleh *receiver*. Hasil sinyal *output* PWM dapat diketahui dengan mengamati sinyal *output* pada penerima dengan menggunakan *software* audacity. Skema pengujian ditunjukkan pada gambar.



Gambar 29. Skema pengujian kualitas sinyal output PWM

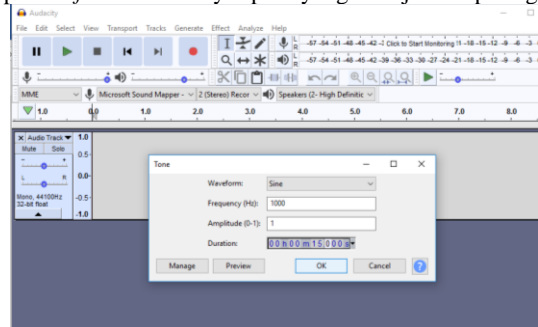
Pada skema diatas, *Software* audacity pada pengujian ini digunakan sebagai *input tone* dan untuk merekam hasil *output* pada penerima yang diterima oleh *receiver*. *Jack audio* 3,5 mm digunakan sebagai penghubung antara perangkat dan komputer.

Tampilan awal *software* audacity ditunjukkan pada gambar.

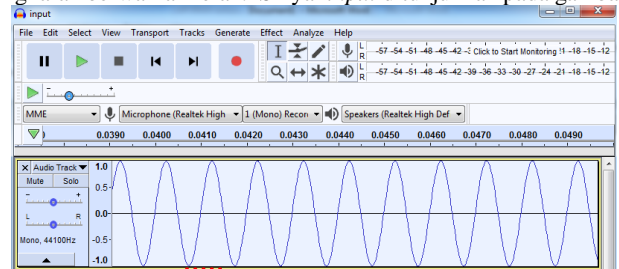


Gambar 30 Tampilan awal software audacity

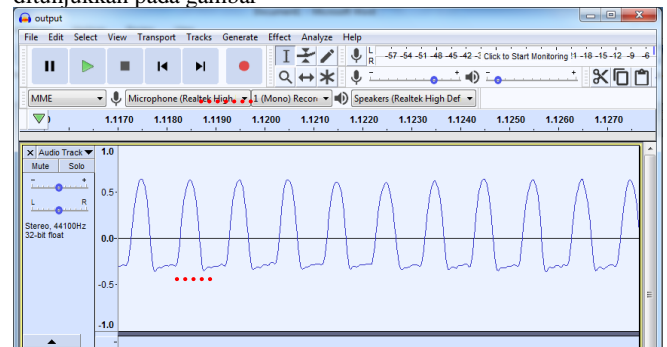
Langkah awal dalam proses pengujian adalah melakukan *generate tone* sebagai *input* menggunakan *software* audacity dengan memilih menu *Generate* → *Tone*. Pada pengujian ini *input tone* dengan frekuensi 1Khz dan amplitudo 2Vpp dengan durasi 15 detik pada *software* audacity seperti yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 31 *Generate tone* pada *software* audacity
Kemudian pada sisi *receiver* dipilih menu *record* dengan icon lingkaran berwarna merah. Sinyal *input* ditunjukkan pada gambar



Gambar 32 Sinyal input pada pemancar
Sedangkan untuk sinyal informasi yang diterima oleh *receiver* ditunjukkan pada gambar



Gambar 33 Sinyal yang diterima pada penerima
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar dapat diketahui bahwa sinyal pada sisi penerima mengalami cacat pada periode negatifnya. Sinyal yang diterima pada sisi penerima mengalami atenuasi. Perhitungan nilai atenuasi tegangan dapat menggunakan rumus :

$$A_v = 20 \text{ Log}_{10} (V_{\text{sumber}} / V_{\text{tujuan}})$$

$$A_v = 20 \text{ Log}_{10} (2V_{\text{pp}} / 0.9V_{\text{pp}})$$

$$A_v = 6.94\text{dB}$$

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan pada perancangan sistem komunikasi audio digital dua arah pada frekuensi 2,4 ghz dapat diperoleh kesimpulan pembuatan perangkat sistem komunikasi audio digital dua arah pada frekuensi 2,4 Ghz menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan sumber tegangan 5V sebagai catu daya, mikrofon max9814 sebagai *input* suara, filter *low pass*, penguat audio, speaker sebagai perangkat untuk *output* suara, dan modul radio frekuensi nrf24101 sebagai *transceiver* untuk komunikasi radio pada frekuensi 2,4 Ghz. Sistem yang dirancang dapat menerjemahkan/menerima macam-macam informasi secara tepat untuk informasi dengan presentase keberhasilan sebesar 100%. Sedangkan untuk sample kata “Jinak” yang mewakili huruf

“J” masih memiliki tingkat keberhasilan sebesar 60% karena data yang diterima menjadi kata “china” dan error sebesar 20% pada sample kata “Udang” yang menjadi “undang”. Kualitas informasi audio yang diterima pada penerima masih mengalami cacat pada periode negatifnya. Sinyal yang diterima pada sisi penerima mengalami atenuasi sebesar 6.94dB. Dari hasil pengujian pengaruh datarate terhadap jarak jangkauan dapat disimpulkan bahwa *setting data rate* 250Kbps memiliki jarak jangkauan sebesar 75m dan pada *data rate* 1Mbps memiliki jarak jangkauan sebesar 55m. Sedangkan untuk hasil pengujian pengaruh daya transmisi terhadap jarak jangkauan dapat disimpulkan bahwa daya transmisi terbesar (0dBm) memiliki jarak jangkauan terjauh dengan jarak 75m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldy, T. (2016). *Perancangan dan Implementasi Alat Penerima Informasi Radio Menggunakan Mikrokontroler dan Rds dengan Sistem Alarm*. Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan. Universitas Telkom.
- [2] Amry, D. (2015). *Kajian implementasi radio siaran digital di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Jakarta
- [3] Kashif, M. *Design of An Integrated Gfsk Demodulator For a Bluetooth Receiver. Informatics & Mathematical Modeling*, Technical University Of Denmark, Lyngby, Denmark.
- [4] Lili, Q. (2006). *Modulation and Demodulation analog basebanddigital*. Texas Instruments Inc, Slide 13
- [5] Sabih, H. (2016). *Implementation of Digital Signal Processing: Some Background on GFSK Modulation*. University of Twente, Department of Electrical Engineering.
- [6] Datasheet Arduino Uno, *Microcontroller board based on the ATmega328P*. www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno.
- [7] Datasheet NRF24L01, nrf24l01 Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification. <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nrf24l01P>
- [8] Datasheet MAX9814, Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias. <https://datasheets.maximintegrated.com>
- [9] Datasheet Pam8403, PAM8403 Filterless 3w Class-D Stereo Audio Amplifier, <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/PAM8403.pdf>.
- [10] https://ethw.org/Microwave_Link_Networks. Diakses tanggal 20-2-2018