

PENERAPAN RADIO FREKUENSI UNTUK KOMUNIKASI GENTANIK BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN DTMF MT8870 DAN *HANDY TALKY* UHF

Muhammad Afif Pranowo
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian Indonesia
Madiun
Jalan Tirta Raya I
Madiun (63129)
Muhammad.tep1918@taruna.ppi.ac.id

Santi Triwijaya¹
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jalan Tirta Raya I
Madiun (63129)
santi@ppi.ac.id

Dara Aulia Feryando
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jalan Tirta Raya I
Madiun (63129)
dara@ppi.ac.id

Abstract

Genta is one of the telecommunications equipment at the station. In some areas, clapper communication links still use twisted pairs. For now, aerial cable transmission is considered less efficient because in terms of maintenance and maintenance it is a little difficult, and aerial cable is prone to breaking. So we need a radio frequency transmission system by making prototype radio frequency gentanic handy talky as a replacement for RIG radio and the DTMF MT8870 module as a translator of audio signals into binary, and Arduino Uno as a control center. From making decoder a gentanic radio transmission prototype, the overall test results for communication capabilities were obtained with the conclusion that if there is a barrier when communicating, the audio signal becomes noise, so the MT8870 DTMF can not translate. For the average speed of data transfer in the morning 0.554 seconds, afternoon 0.61 seconds and night 0.542 seconds so, it can be seen that this modulated radio frequency cannot affect changes in time and temperature in the field.

Keywords: Gentanic radio frequency, Handy Talky, Twisted pair, DTMF MT8870, Arduino UNO

Abstrak

Genta merupakan salah satu peralatan telekomunikasi pada stasiun. Di beberapa wilayah, hubungan komunikasi genta masih menggunakan media transmisi kabel udara twisted pair. Transmisi kabel udara untuk saat ini dinilai kurang efisien karena dari segi perawatan dan pemeliharaannya sedikit menyulitkan, serta kabel udara rawan putus. Maka diperlukannya sebuah sistem transmisi menggunakan frekuensi radio dengan membuat prototype gentanic frekuensi radio menggunakan handy talky sebagai pengganti radio RIG dan modul DTMF MT8870 sebagai penerjemah sinyal audio menjadi bilangan biner, serta Arduino Uno sebagai pusat kendali. Dari pembuatan prototype gentanic transmisi radio, didapatkan hasil pengujian keseluruhan untuk kemampuan komunikasi dengan kesimpulan apabila terdapat sebuah penghalang ketika berkomunikasi, sinyal audio menjadi noise, sehingga DTMF decoder MT8870 tidak dapat menerjemahkan. Untuk kecepatan rata-rata transfer data pada pagi 0,554 detik, siang 0,61 detik dan malam 0,542 detik sehingga, dapat diketahui bahwa frekuensi radio modulasi ini tidak dapat berpengaruh dengan perubahan waktu dan suhu yang ada di lapangan.

Kata Kunci: Gentanic frekuensi radio, Handy Talky, Twisted pair, DTMF MT8870, Arduino UNO

PENDAHULUAN

Sistem telekomunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam hubungan komunikasi di dunia perkeretaapian. Dalam sistem telekomunikasi terdapat beberapa media transmisi salah satunya media nirkabel frekuensi radio. Penggunaan frekuensi radio komunikasi

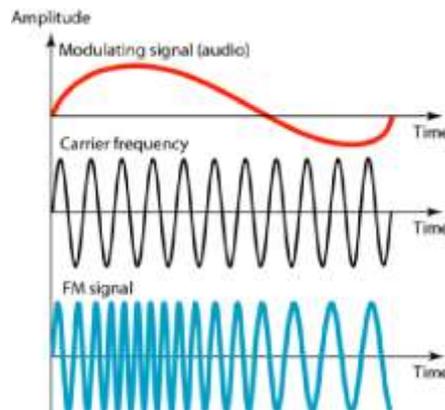
¹ Corresponding author: santi@ppi.ac.id

sendiri bisa dimanfaatkan dalam pengiriman data, yang merupakan sebuah perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi yang dapat diartikan sebagai *transfer* informasi dari suatu titik ke titik lainnya, dengan cara menumpangkan atau memodulasi sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (Budiyanto, 2012). Terkait penggunaan frekuensi radio komunikasi, terdapat peraturan tersendiri dan pengguna frekuensi harus memiliki izin sesuai dengan peruntukannya serta tidak saling mengganggu antar pengguna frekuensi yang lain, di mana sifat dari frekuensi radio dapat merambat ke segala arah. Dari pihak PT. KAI sendiri sudah memiliki perijinan khusus untuk penggunaan frekuensi radio yang sudah terdaftar di dalam KOMINFO (Broto, 2007). Pada penelitian ini penulis mengembangkan frekuensi radio komunikasi untuk transmisi pada perangkat genta. Menurut pengamatan penulis perangkat genta yang terdapat pada lintas Daop 9 masih menggunakan genta mekanik transmisi menggunakan kabel *twisted pairs*. Disertai dengan kondisi geografis lintas di wilayah tersebut, sebagian besar banyak terdapat dataran tinggi dan banyak pepohonan sehingga rawan akan longsor dan pohon tumbang, maka akan menimbulkan permasalahan berupa gangguan saluran transmisi. Berdasarkan data gangguan saluran transmisi seringkali terjadi peristiwa kabel putus. Karena karakteristik material kabel *twisted pairs* dapat kropos dan rusak. Adapun permasalahan lainnya berupa tiang kabel yang sudah rusak dan roboh dapat mengakibatkan rusaknya kabel *twisted*. Sebelum diterapkannya transmisi *fiber optic* pada dunia perkeretaapian, untuk hubungan antar blok masih menggunakan saluran kabel udara, tetapi untuk saat ini sudah diubah ke dalam bentuk saluran *fiber optic*, sehingga saat ini saluran udara hanya untuk transmisi genta saja. Adapun permasalahan lainnya berupa sabotase dan pencurian terhadap kabel *twisted pairs* di wilayah DAOP 9, karena tingkat intensitas kehilangan barang PT. KAI di wilayah tersebut termasuk tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan sebuah terobosan untuk mengurangi saluran udara sehingga tidak perlu lagi melakukan pemeliharaan dan perbaikan untuk tiang dan saluran *twisted* dengan dialihkannya menuju frekuensi radio.

Dasar Teori

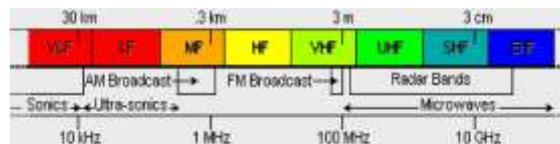
Komunikasi radio merupakan suatu sistem komunikasi di udara sebagai media komunikasi dan menggunakan gelombang radio sebagai sinyal pembawa. Komunikasi ini bersifat komunikasi nirkabel *point to point* yang berarti dibutuhkan *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima) di mana data atau informasi yang ditransmisikan ditumpangkan pada sinyal *carrier*. Peristiwa tersebut bisa juga disebut sebagai modulasi (Saputra et al., 2020).

Modulasi frekuensi merupakan suatu proses penumpangkan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (*carrier*), atau proses memodifikasi komponen frekuensi dari sinyal *carrier* menyesuaikan dengan sinyal informasi sehingga pada modulasi frekuensi ini gelombang sinyal pembawa akan berubah karena penumpangkan sinyal informasi (Lestaringati, 2008).



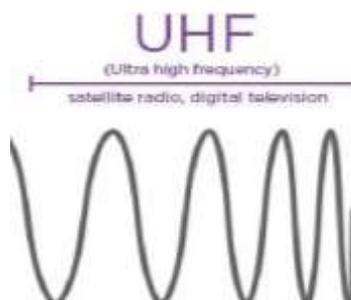
Gambar 1. Proses Modulasi

Gelombang radio adalah gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui antena. Frekuensi radio berkisar antara 3 KHz hingga 300 GHz. Pada komunikasi frekuensi radio ada yang dinamakan spektrum frekuensi, Spektrum frekuensi radio terdapat susunan pita frekuensi yang mempunyai frekuensi yang lebih kecil dari 300 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat dan terdapat dalam ruang udara dan antariksa (Razak, 2018).



Gambar 2. Spektrum Frekuensi

Handy talky menggunakan frekuensi radio sebagai medium transmisi untuk dapat berkomunikasi, dengan spektrum penggunaan frekuensi dari HT sendiri terdapat dua jenis yaitu salah satunya UHF (*Ultra High Frequency*). Spektrum frekuensi UHF *handy talky* memiliki jangkauan frekuensi yang lebih kuat (Prasasti, 2019).



Gambar 3. Spektrum Frekuensi UHF

Spektrum frekuensi radio *Ultra High Frequency* (UHF) merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 300MHz sampai 3.000MHz. Untuk panjang gelombang dari UHF ini berkisar dari 1 sampai 10 desimeter atau sekitar 10cm sampai 1 meter, sehingga frekuensi ini juga dikenal sebagai gelombang desimeter (Supriyanto et al., 2018). Standar DTMF (*Dual Tone Multiple Frequency*) adalah standar yang diterapkan pada perangkat telepon tetap atau bergerak, dimana sistem DTMF ini merupakan teknik mengirimkan angka pembentuk nomor telepon yang dikodekan dengan dua nada yang dipilih dari delapan buah frekuensi yang sudah ditentukan (Susanto, 2019).

	1209Hz	1336Hz	1477Hz	1633Hz
697Hz	1	2	3	A
770Hz	4	5	6	B
852Hz	7	8	9	C
941Hz	*	0	#	D

Gambar 4. Kombinasi Angka DTMF

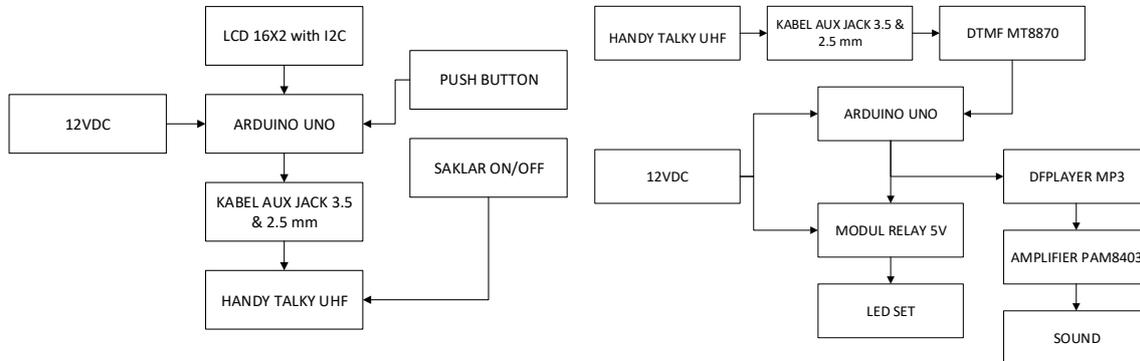
IC DTMF MT8870 merupakan sebuah *decoder* DTMF dengan fungsi melakukan hal yang sama persis. Di mana berfungsi menerima sinyal hasil kombinasi pita frekuensi suara untuk diterjemahkan menjadi bilangan 0/1 sehingga bisa dijadikan *switching* untuk *input* dan *output* (Ardianto & Joewono, 2017).

Tabel 1. Konversi Bilangan Biner 4-bit

F low	F high	Digit	D3	D2	D1	D0
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1209	0	1	0	1	0
941	1336	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	1	0	0	0

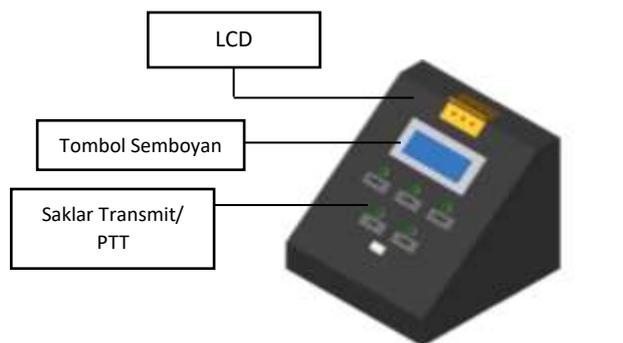
Selain itu modul IC DTMF MT8870 dapat dihubungkan dengan semua jenis mikrokontroler seperti PIC, Arduino, dan lain lain. Dengan membutuhkan empat pin *input/output* digital untuk dihubungkan dengan empat pin keluaran bit biner, serta membutuhkan pasokan daya sebesar 5 volt ke daya modul (Maleki, 2021).

METODE PENELITIAN

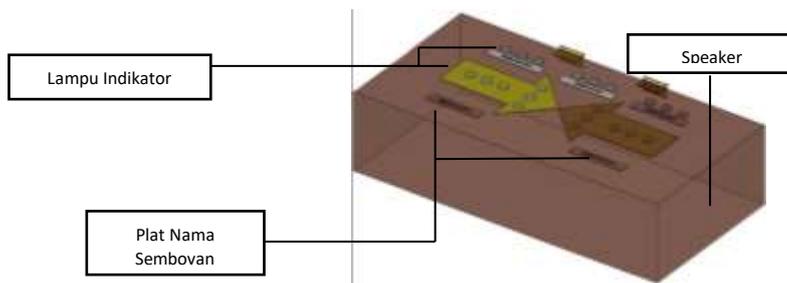


Gambar 5. Diagram Blok *Transmitter* & Diagram Blok *Receiver*

Pada diagram blok untuk bagian *receiver* gentanik terdiri dari beberapa komponen pendukung diantaranya, *handy talky* sebagai media transmisi, DTMF MT8870 sebagai penerjemah sinyal audio menjadi bilangan biner, arduino uno sebagai pemroses perintah *input* dan *output*, adaptor 12VDC sebagai *input* tegangan arduino, DFplayer sebagai pemutar lagu MP3, amplifier PAM8403 sebagai pengatur besar kecil *volume* dari *sound* dan relay 5V untuk LED Set. Gentanik *transmitter* berbentuk “Box Trapesium” dilengkapi dengan *push button* untuk mengirimkan semboyan serta dilengkapi LCD 16x2 sebagai penampil informasi dan saklar On/Off untuk sebagai pengganti PTT (*push to talk*). Desain Gentanik *receiver* berbentuk “Box Balok” yang dilengkapi dengan LED indikator semboyan serta *sound* audio untuk mengeluarkan semboyan bunyi yang dikirim.



Gambar 6. Desain Gentanik *Transmitter*



Gambar 7. Desain Gentanik Receiver

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kesesuaian DTMF MT8870

Pada pengujian ini penulis melakukan pengujian kesesuaian DTMF *decoder* dengan cara menyesuaikan angka ketika dikonversi menjadi bilangan biner 4 bit dengan memperhatikan LED yang hidup pada modul DTMF MT8870. Terdapat daftar angka mulai dari angka 1 sampai huruf D. Pada penghitungan pengujian ini menggunakan metode *cut off* untuk mencari fungsi maksimal kesesuaian DTMF yang di konversi.

$$\begin{aligned} \text{Cut off point} &= \left(\frac{\text{nilai maksimal} + \text{nilai minimum}}{2} \right) \\ &= \left(\frac{10+0}{2} \right) = 5 \end{aligned} \quad (1)$$

Jadi untuk mengetahui nilai hasil pengujian $x > 5$ dapat dikatakan kurang sesuai, sedangkan untuk hasil pengujian $x \leq 5$ dikategorikan sesuai, dan untuk hasil pengujian $x = 10$ maka dikatakan tidak sesuai. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian DTMF MT8870

NO	CUT OFF	KETERANGAN
1	5	SESUAI
2	5	SESUAI
4	5	SESUAI
8	5	SESUAI
D	5	SESUAI

Berdasarkan data pengujian di atas dapat diketahui hasil pengujian kesesuaian DTMF dalam mengkonversi bilangan biner 4 bit setelah dilakukan 10 kali percobaan dengan menekan tombol yang mewakili angka tersebut, dengan hasil pengujian untuk angka 1 bekerja dengan baik serta sesuai, untuk angka 2 bekerja dengan baik serta sesuai, angka 4 bekerja dengan baik serta sesuai, angka 8 bekerja dengan baik serta sesuai, dan untuk huruf D bekerja dengan baik dan sesuai.

Hasil pengujian enkripsi data

Pada pengujian ini penulis mencoba melakukan *jamming* pada frekuensi yang sama. Tahap pengujian ini penulis mengamati apakah modul DTMF MT8870 terdapat perubahan pada *input* pin *stq*, *q1*, *q2*, *q3*, dan *q4*. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengamanan Frekuensi

NO	SEMBOYAN	ANGKA DTMF	FREKUENSI DTMF	PERCOBAAN	HASIL
1	55A1	1	1906 Hz	10x	AMAN
2	55A2	2	2033 Hz	10x	AMAN
3	55B	4	1979 Hz	10x	AMAN
4	55C	8	2188 Hz	10x	AMAN
5	56	D	2574 Hz	10x	AMAN

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan percobaan *jamming* sebanyak 10 kali pada kanal frekuensi yang sama, *handy talky receiver* tidak dapat menangkap suara dari *handy talky transmitter* dan pada modul DTMF MT8870 tidak menerima *input*-an, sehingga semboyan gentanik tidak berbunyi.

Hasil pengujian kemampuan kerja alat dan komunikasi jarak

Pada tahap pengujian ini terdiri dari percobaan komunikasi data antara *transmitter* gentanik dan *receiver* gentanik dengan 15 kali percobaan mengirim semboyan genta dengan parameter kelipatan 100 meter dan penghalang yang berada pada jarak 400 meter serta 15 kali percobaan mengirim semboyan genta dengan kelipatan 100 meter dan penghalang yang berada pada jarak 100 meter. Untuk hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

$$Cut\ off\ point = \left(\frac{nilai\ maksimal + nilai\ minimum}{2} \right) = \left(\frac{15+0}{2} \right) = 7.5 \quad (2)$$

Untuk mengetahui nilai hasil pengujian $x > 7,5$ dapat dikatakan kurang berfungsi, sedangkan untuk hasil pengujian $x \leq 7,5$ dikategorikan berfungsi, dan untuk hasil pengujian $x = 15$ maka dikatakan tidak berfungsi. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian komunikasi RX dan TX

PENGUJIAN DENGAN PENGHALANG YANG BERADA PADA JARAK 400m			
JARAK(m)	NILAI <i>CUT OFF</i>	KETERANGAN	KONDISI CUACA
100	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
200	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
300	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
400	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
500	13	KURANG BERFUNGSI	CERAH

Dari tabel di atas dapat diketahui hasil pengujian komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* dengan diberi penghalang di titik jarak 400 meter setelah dilakukan sebanyak 15

kali percobaan dapat diketahui hasil komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* pada jarak 100 sampai 400 meter dapat berfungsi baik tanpa adanya gangguan. Dan untuk hasil komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* pada jarak 500 meter semboyan genta kurang berfungsi.

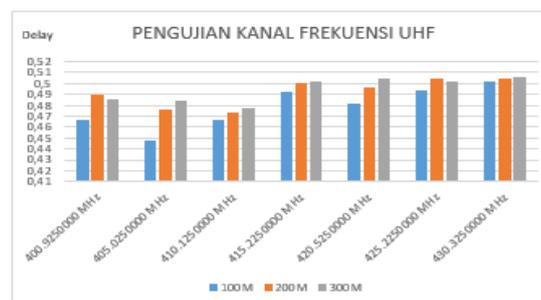
Tabel 5. Hasil pengujian komunikasi RX dan TX

PENGUJIAN DENGAN PENGHALANG YANG BERADA PADA JARAK 100m			
JARAK(m)	NILAI <i>CUT OFF</i>	KETERANGAN	KONDISI CUACA
100	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
200	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
300	7,5	BERFUNGSI BUNYI	CERAH
400	12,5	KURANG BERFUNGSI	CERAH
500	15	TIDAK BERFUNGSI	CERAH

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk hasil pengujian komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* dengan diberi penghalang di titik jarak 100 meter setelah dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dapat diketahui hasil komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* pada jarak 100 sampai 300 meter dapat berfungsi baik tanpa adanya gangguan, untuk hasil komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* pada jarak 400 meter semboyan genta kurang berfungsi dengan baik dan pada jarak 500 meter semboyan genta tidak berfungsi dengan baik.

Hasil Pengujian transmisi kanal frekuensi UHF

Pada pengujian ini mengambil data kecepatan transfer data disetiap pengiriman sinyal informasi, di mana sinyal informasi berupa 5 semboyan genta yang sudah diinisialisasikan menjadi digit DTMF dan dengan parameter jarak pada kelipatan 100 meter sampai jarak terjauh di 300 meter. Berikut hasil data pengujian.



Gambar 8. Grafik Pengujian Kanal Frekuensi UHF

Berdasarkan hasil pengujian pada kanal frekuensi UHF di-range frekuensi dari 400MHz sampai 430MHz, didapatkan hasil untuk komunikasi data dapat terkirim dengan baik, untuk kecepatan transfer berbeda-beda disetiap parameter jarak yang diuji. untuk grafik data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Hasil Pengujian keseluruhan transmisi gentanik

Hasil data pengujian ini terdiri dari percobaan transmisi mengirim semboyan menuju *receiver* gentanik berdasarkan waktu pagi hari pada jam 8.00 AM, waktu siang 13.00 AM dan waktu malam pada jam 20.30 AM. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil data sebanyak 25 kali percobaan pada setiap waktu yang ditentukan serta menghitung *delay* saat proses pengiriman data yang diterima di-*receicer*. Pada pengujian ini tidak terdapat penghalang saat akan melakukan komunikasi antara *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 9. Grafik Hasil *Delay* Tiap Waktu

Dari hasil pengujian percobaan modulasi dari ketiga waktu tersebut alat dapat berfungsi baik dalam mengirimkan semboyan dan tidak terjadi *error* serta didapatkan data rata-rata *delay* disetiap waktu memiliki perbedaan, saat pagi hari rata-rata *delay* 0,554 detik, saat siang hari rata-rata *delay* 0,61 detik dan saat malam hari rata-rata *delay* 0,542 detik. Untuk grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar.

KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan alat yang berjudul Penerapan Frekuensi Radio untuk Komunikasi Gentanik Berbasis Arduino Uno Menggunakan DTMF MT8870 dan *Handy Talky* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Radio komunikasi *handy talky* UHF dapat digunakan sebagai media transmisi pada gentanik.
2. Cara kerja gentanik frekuensi radio berbasis Arduino Uno menggunakan DTMF MT8870 dan *handy talky*, semboyan gentanik diinisialisasikan sebagai digit angka 1, 2, 4, 8, dan angka D yang akan dikirimkan sebagai *output* berupa suara nada *tone* melalui *handy talky transmitter* dan *handy talky receiver* menangkap suara yang akan di-*decoding*-kan menjadi bilangan biner sebagai *input*-an arduino. Pada perancangan ini Arduino berperan sebagai *encoder* DTMF dan modul DTMF MT8870 sebagai *decoder*.
3. Dari hasil pengujian beberapa variabel yang diuji dapat disimpulkan bahwa untuk kemampuan modul DTMF *decoder* MT8870 berfungsi sempurna dengan tidak adanya

kegagalan dalam proses *decoding* dari sinyal suara menjadi bilangan. Hasil pengujian enkripsi sederhana menggunakan DTMF dengan hasil yang diketahui bahwa gentanik tidak akan hidup apabila modul MT8870 tidak menerima *input*-an dari *encoder*. Untuk pengujian kemampuan komunikasi dengan pemberian penghalang berupa bangunan didapat hasil komunikasi pengiriman semboyan pada jarak 100-400 meter dapat terkirim dengan baik akan tetapi pada pengujian dengan objek yang berada di 100 meter dari *transmitter* untuk jarak di atas 400 meter kurang berfungsi dengan baik dan di jarak 500 meter untuk kedua posisi objek tidak berfungsi dengan baik. Untuk pengujian dibebberapa kanal frekuensi UHF didapatkan hasil bahwa untuk penggunaan frekuensi diangka berapapun tidak berpengaruh terhadap transmisi. Untuk pengujian modulasi terhadap waktu didapatkan hasil rata-rata *delay* untuk waktu pagi hari sebesar 0,554 detik, untuk waktu siang hari sebesar 0,61 detik, dan untuk waktu malam hari sebesar 0,542 detik. Dapat disimpulkan bahwa waktu tidak terlalu berpengaruh untuk frekuensi modulasi. Dari hasil pengujian untuk beberapa variable yang diuji maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan frekuensi radio dapat diterapkan untuk komunikasi gentanik. Karena pada dasarnya sinyal audio yang berupa informasi semboyan genta dapat termodulasikan bersama sinyal pembawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, H., & Joewono, A. 2017. Alat Pengirim Data Menu Makanan Dan Minuman Dengan Menggunakan Sistem Wireless Berbasis. Widya Teknik, vol. 9(1), hal. 22–32.
- Saputra, A.W., Ath-thariq, M. F. H., Karna, N. B. A. dan Fahmi, A. 2020. Pengukuran Kuat Sinyal Gelombang Radio Modulasi Frekuensi (FM) Berfrekuensi Rendah Pada Ruang Bebas. EProceedings ..., 7(3), 9115–9122.
- Budiyanto, S. 2012. Sistem Logger Suhu dengan Menggunakan Komunikasi Gelombang Radio. Jurnal Teknologi Elektro, vol. 3(1), hal. 21–27.
- Broto. 2007. Siaran Pers No. 168/DJPT.1/KOMINFO/10/2007 Komitmen Ditjen Postel dan Penyelenggara Telekomunikasi Untuk Membantu Kelancaran Komunikasi Frekuensi Radio Kereta Api Selama Lebaran. Postel.Go.Id. <https://www.postel.go.id/berita-komitmen-ditjen-postel-dan-penyelenggara-telekomunikasi-untuk-membantu-kela-26-1743#:~:text= Saat ini frekuensi yang digunakan, pertahanan dan penyelenggaraan telekomunikasi seluler.>
- Lestaringati, S.I. 2008. Komunikasi Data (Program Studi Teknik Komputer). Andi, vol. 9(1), hal. 496.
- Maleki, M. 2021. No Title. <https://electropeak.com/learn/interfacing-mt8870-dtmf-decoder-module-with-arduino/>
- Prasasti, R. I. 2019. Pengaplikasian Sinyal Tone Range (Antena JT) dalam Mengoptimalkan Fungsi Kerja HT (Handy Talky). hal. 9–25. <https://doi.org/10.31219/osf.io/gefvp>
- Razak, I. 2018. Pendeteksian Gangguan Radio pada Band UHF yang Terpantau di Kota Makassar. INTEK: Jurnal Penelitian, vol. 5(1), hal. 44. <https://doi.org/10.31963/intek.v5i1.199>
- Supriyanto, E., Hasan, A. dan Waskito, E. 2018. Analisis Redaman Dan Respon Frekuensi Duplexer Pada Sistem Radio Pancar Ulang UHF, vol. 1509, hal. 165–168.

Susanto, F. 2019. Studi Pengembangan Sinyal DTMF Custom Digunakan Untuk Sinyal Watermarking Custome DTMF Signal Development Study Used For Watermarking Signals. November 2019, hal. 287–298.