

# Sistem Komunikasi Data Melalui Radio *Single Side Band* untuk Daerah Bencana

Shella Oktaviani<sup>1</sup>, Nur Aulia<sup>2</sup>, Nisa Nursyabani<sup>3</sup>, Teddi Hariyanto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : shella.oktaviani.tcom416@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : nur.aulia.tcom417@polban.ac.id

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : nisa.nursyabani.tcom418@polban.ac.id

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : teddhariyanto@gmail.com

## ABSTRAK

Komunikasi merupakan kebutuhan pokok tanpa memperhitungkan jarak dan situasi. Contohnya ketika terjadi bencana alam. Kerugian yang dirasakan adalah jaringan internet/seluler akan mengalami gangguan atau kerusakan yang fatal. Akibatnya, masyarakat tidak dapat berkomunikasi sehingga sangat membutuhkan alat komunikasi alternatif. Oleh karena itu, alat komunikasi alternatif dirancang berupa sistem komunikasi data melalui radio *single side band* (SSB) yang dihubungkan dengan *modem* FSK (*frequency shift keying*) menggunakan IC TCM3105. *Modem* FSK sebagai *interface* antara komputer dan radio untuk mengubah data digital menjadi analog atau sebaliknya. Rancangan ini dibuat sebagai alat komunikasi yang dapat mengirim dan menerima data dengan jarak jauh karena radio bekerja di *high frequency* (HF). *Input* data berasal dari *handphone* berupa foto (format .jpg) mengenai kondisi lokasi pasca bencana alam. Data tersebut dikirim menggunakan *bluetooth* ke komputer untuk diolah. Data diolah oleh *software Visual Basic 6.0*. Data akan dibaca setiap pixel untuk mendapatkan nilai RGB dan dikonversi ke dalam bentuk ASCII. Kemudian, data dipancarkan ke penerima oleh gelombang radio. Pada penerima, ASCII dikonversi kembali ke bentuk foto seperti semula. Alat komunikasi ini tidak hanya digunakan untuk daerah yang mengalami bencana alam, namun juga untuk daerah yang tidak terjangkau jaringan komunikasi seperti daerah 3T (tertinggal, terdepan dan terluar) di Indonesia.

## Kata Kunci

Foto, *frequency shift keying*, IC TCM3105, *single side band*, *Visual Basic 6.0*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berisiko sangat tinggi akibat bencana alam. Hal itu dikarenakan pulau-pulau di Indonesia berada pada patahan atau sesar dan letak geografis kepulauan Indonesia menimbulkan dampak tertentu. Dari risiko tersebut, maka pemenuhan kebutuhan komunikasi menjadi tantangan tersendiri, terutama bagi masyarakat yang mengalami musibah akibat bencana alam. Hal itu dikarenakan jaringan komunikasi yang tersedia mengalami gangguan atau kerusakan yang fatal, sehingga menimbulkan kesulitan yang cukup tinggi untuk saling berkomunikasi antar satu tempat ke tempat lain [1].

Permasalahan yang timbul yaitu ketika membangun suatu sistem komunikasi yang baru akan membutuhkan biaya yang sangat besar dan konstruksi rumit seperti satelit. Dari kenyataan tersebut, maka sangat dibutuhkan alat komunikasi alternatif yang murah dan tanpa konfigurasi yang rumit. Alat ini juga harus dapat bekerja tanpa dibatasi oleh jarak dan ruang. Kebutuhan komunikasi dapat ditanggulangi dengan alat komunikasi yang paling efektif, yaitu menggunakan

radio *transceiver* seperti *packet* radio dengan *modem* AX.25. Pada umumnya, radio bekerja di VHF (*very high frequency*). Tetapi, gelombang yang dipancarkan tidaklah begitu jauh karena gelombang VHF memancar secara *line of sight* [2]. Selain itu, radio hanya dipergunakan untuk komunikasi suara dan *electronic mail*. Dengan melihat kekurangan dan keterbatasan tersebut, maka terdapat radio *single side band* yang bekerja di HF yang saat ini sudah jarang digunakan. Gelombang yang dipancarkan akan dipantulkan oleh lapisan *ionosfer* sehingga jarak jangkauannya bisa lebih jauh.

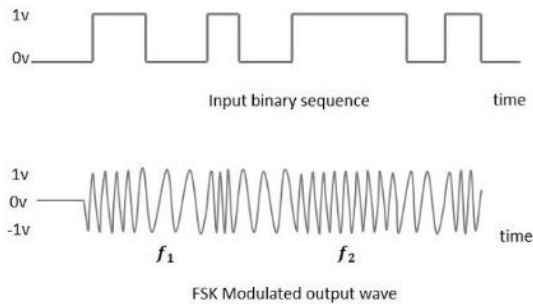
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diusulkan perancangan dan realisasi sistem komunikasi data melalui radio SSB sebagai media transmisi dalam pengiriman komunikasi data berupa foto untuk daerah bencana alam.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 *Frequency Shift Keying*

*Frequency shift keying* adalah sistem modulasi digital yang relatif sederhana dalam penyandian.

FSK menghasilkan dua buah frekuensi yang berbeda-beda jika masukannya adalah sinyal-sinyal biner. Frekuensi yang berbeda adalah frekuensi gelombang pembawa sinus dan merupakan frekuensi yang akan dimodulasi oleh gelombang data masukan yang berupa gelombang data digital. Sinyal modulasi FSK dapat dilihat pada Gambar 1. Frekuensi *mark* adalah untuk menyatakan logika 1 dan frekuensi *space* menyatakan logika 0. Biasanya salah satu frekuensi adalah setengah dari frekuensi yang lainnya [3].



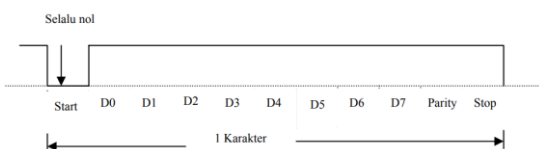
Gambar 1. Hasil modulasi FSK

## 2.2 Komunikasi Data Serial

Komunikasi serial terdiri dari dua jenis, yaitu komunikasi serial secara sinkron dan asinkron. Komunikasi serial dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan arahnya, yaitu:

- Simplex*, yaitu komunikasi yang terjadi hanya satu arah.
- Half-Duplex*, yaitu komunikasi terjadi dua arah tetapi secara bergantian.
- Full-Duplex*, yaitu komunikasi dapat dilakukan dua arah secara bersamaan.

Transmisi asinkron sangat sederhana dan murah, tetapi memerlukan tambahan 2 sampai 3 bit per karakter. Contohnya, untuk karakter 8 bit tanpa bit paritas menggunakan elemen akhir sepanjang 1 bit. Dua dari setiap sepuluh bit tidak membawa informasi, namun hanya untuk sinkronisasi. Format pengiriman data serial asinkron terdiri dari 1 *start* bit (selalu *low*), 5 sampai 8 bit data, 1 bit paritas dan 1 sampai 2 bit *stop* (selalu *high*). Saat tidak ada data/*idle* yang dikirim, kondisi saluran transmisi selalu *high* [4]. Gambar 2 merupakan format pengiriman data serial secara asinkron.



Gambar 2. Format pengiriman data serial secara asinkron

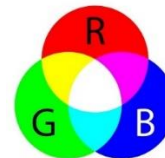
## 2.3 Citra Digital

Citra merupakan suatu gambar atau foto dengan tampilan dua dimensi. Citra digital tersimpan dalam

*array* 2 dimensi dan tersusun atas unsur-unsur kecil (pixel). Struktur *array* tersusun dalam baris horizontal dan kolom vertikal. Masing-masing pixel menyimpan tingkat kecerahan pixel yang diwujudkan sebagai suatu angka digital sehingga membentuk suatu pola dan menghasilkan gambar [5].

Pixel yang membentuk suatu gambar memiliki warna-warna tertentu. Intensitas gambar mempunyai beberapa jenis istilah yaitu 256 warna, *high color*, 16 juta warna (*true color*), gradasi abu-abu (*grayscale*), dan hitam putih (*black and white*). File gambar dengan format .jpg memiliki jumlah warna maksimum 16 juta warna.

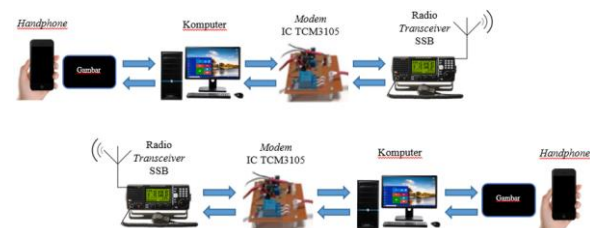
RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna, yaitu *red*, *green*, dan *blue* yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna seperti pada Gambar 3. Sistem pewarnaan RGB banyak sekali digunakan untuk monitor komputer, layar ponsel, dan sebagainya. Sistem warna RGB terdiri dari 100% red, 100% green dan 100% blue yang akan menghasilkan 100% putih dan tidak ada hitam di RGB [6].



Gambar 3. Warna RGB

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Konsep Sistem



Gambar 4. Konsep sistem komunikasi data

Berdasarkan Gambar 4 bahwa sistem alat komunikasi alternatif ini terdiri dari dua bagian, yaitu pengirim dan penerima. Pengirim dan penerima saling diletakkan pada jarak yang sangat jauh di tempat yang mengalami bencana alam. Sistem tersebut sudah terintegrasi antara *hardware* dan *software*. Pengguna dapat mengirim dan menerima data secara *half-duplex* dengan cara mengambil foto terkait kondisi lokasi bencana alam menggunakan kamera *handphone*. Selanjutnya, data tersebut dikirim ke komputer menggunakan *bluetooth adapter* untuk diolah. Pada komputer, data dikonversi oleh aplikasi dari bentuk *file* foto menjadi bentuk teks ASCII agar dapat diteruskan ke *modem*

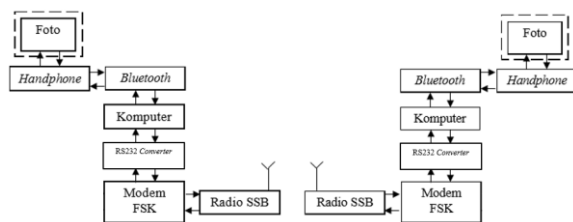
FSK untuk dimodulasi. Setelah dimodulasi, maka data dapat dikirim dan dipancarkan dengan gelombang radio SSB dalam jarak yang jauh ke bagian penerima.

Pada bagian penerima, data yang diterima akan didemodulasi oleh *modem* FSK. Setelah didemodulasi, data akan diolah kembali oleh aplikasi di komputer untuk dikonversi dari teks ASCII menjadi bentuk *file* foto seperti semula.

Parameter yang diuji pada sistem ini adalah pengujian pada *hardware* modem FSK untuk melihat kesesuaian data yang dikirim dengan data yang diterima. Pengujian juga dilakukan pada *software* aplikasi yang dibuat untuk melihat kesesuaian data saat *encode* dan *decode* data.

### 3.2 Perancangan Blok Diagram

Pada sistem ini, perancangan blok diagram disusun untuk mempermudah dalam memahami cara kerja dan fungsi dari sistem yang dirancang. Perancangan blok diagram keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram keseluruhan

Adapun penjelasan mengenai masing-masing blok diagram pada Gambar 5 tersebut di antaranya sebagai berikut:

1. Foto yang diambil dari kamera *handphone* merupakan *input* data dalam format JPG.
2. *Bluetooth adapter* berfungsi untuk mengirim data dari *handphone* ke komputer untuk diolah.
3. Pada komputer, terdapat *software* yang berfungsi untuk mengolah dan mengonversi data (*encode* dan *decode*) dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0*.
4. *RS232 TTL converter* berfungsi untuk mengubah level tegangan pada COM1 (komputer) menjadi level tegangan TTL/CMOS (*modem* FSK), ataupun sebaliknya. *Converter* tegangan ini menggunakan IC MAX232.
5. *Modem* FSK berfungsi untuk memodulasi maupun demodulasi sinyal digital dan sinyal analog. *Modem* FSK terintegrasi dengan *chip* IC TCM3105.
6. *Radio SSB* berfungsi untuk mengirim dan menerima data dengan jarak yang sangat jauh.
7. Pada sisi penerima, data diolah dan dikonversi pada komputer menjadi bentuk *file* foto dalam format PNG. Hal ini bertujuan agar kualitas

resolusi foto yang diterima lebih tinggi jika dibandingkan dengan format JPG.

### 3.3 Perancangan dan Realisasi Hardware

*Hardware* yang dibuat terdiri dari dua bagian, yaitu *modem* FSK dan *RS232 TTL converter*. Setiap bagian akan dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.3.1 Perancangan Modem FSK

*Modem* FSK terdiri dari *modulator* dan *demodulator*. IC TCM3105 digunakan pada *modem* ini. Kedua bagian tersebut akan dibahas mengenai pemilihan komponen dan perhitungan nilainya.

##### A. Modulator FSK

Konfigurasi IC TCM3105 diatur sesuai dengan *datasheet*. Standar komunikasi yang digunakan adalah CCITT V.23 dengan kecepatan 1200 bps. Pin 13 (TXR1) dan pin 12 (TXR2) harus dihubungkan ke *ground*. Catu daya yang digunakan sebesar  $V_{cc} = 5$  Volt.

*Frequency clock* ( $f_{clock}$ ) yang digunakan adalah sekitar 16 kali dari *baudrate*. Nilai  $f_{clock}$  adalah:

$$f_{clock} = 16 \times 1200 = 19200 \text{ Hz}$$

Pada *datasheet*, nilai  $f_{clock}$  dengan kecepatan 1200 bps adalah 19,11 KHz menggunakan *crystal external* 4,4336 MHz (setara dengan 16 kali *baudrate*). Bagian *crystal external* dihubungkan ke pin 15 (OSC1) dan pin 16 (OSC2). Terdapat komponen kapasitor yang diparalelkan agar  $f_{clock}$  tetap stabil.

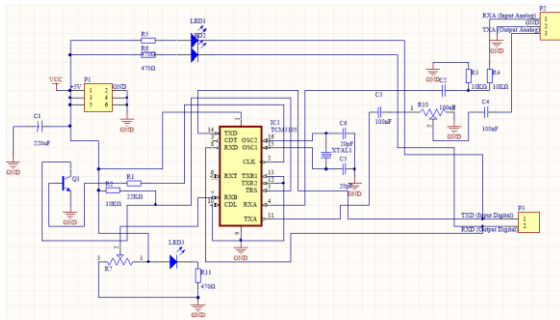
Pin 14 (TXD) berupa data masukan *input* sinyal biner. Sinyal sinusoida pada pin 11 (TXA) merupakan sinyal *output*. Jika masukan adalah bit 1, maka *output* berupa sinyal sinus dengan frekuensi 1300 Hz. Lalu sebaliknya, jika masukan adalah bit 0, maka *output* berupa sinyal sinus dengan frekuensi 2100 Hz.

##### B. Demodulator FSK

*Demodulator* berfungsi untuk mendapatkan kembali data asli yang telah dimodulasi pada bagian *transmitter*. Bagian rangkaian *crystal* eksternal sama dengan *modulator* dan memiliki fungsi yang sama.

Kapasitor pada pin 4 (RXA) digunakan untuk *coupling* sehingga kapasitor ini berfungsi hanya untuk melewati level AC. *Input* analog (RXA) merupakan sinyal yang berasal dari radio SSB, sedangkan *output* datanya pada pin 8 (RXD) akan berbentuk sinyal biner dengan frekuensi-frekuensi yang telah ditentukan sesuai dengan mode CCITT V.23 sebesar 1200 bps. Pin 13 (TXR1) dan pin 12 (TXR2) dihubungkan ke *ground*.

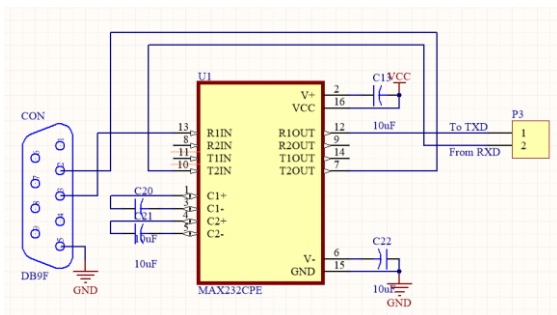
Rangkaian *modulator* dan *demodulator* FSK dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian *modem* FSK IC TCM3105

### 3.3.2 Perancangan RS232 TTL Converter

Tegangan masukan RS232 berasal dari *port* serial komputer sebagai DTE, sedangkan tegangan keluarannya ke *modem* TCM3105 sebagai DCE. Pada rangkaian *converter* terdapat kapasitor yang ada di pin 1, pin 3, pin 4, dan pin 5. Kapasitor-kapasitor tersebut berfungsi untuk mengatur impedansi masukan. Ketika nilai kapasitor pada pin-pin ini semakin tinggi, maka impedansi masukan akan semakin turun. Sedangkan, kapasitor yang ada di pin 2 dan pin 6 berfungsi untuk mengatur riak catu daya. Jika kapasitor pada pin-pin ini semakin tinggi, maka riak catu daya akan berkurang. Rangkaian *converter* ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian RS232 TTL Converter

### 3.3.3 Realisasi Modem FSK dan RS232 TTL Converter

Gambar 8 adalah PCB dari rangkaian *modem* FSK dan RS232 TTL *converter* yang sudah dipasang dengan komponen sesuai perancangannya. Rangkaian tersebut telah berhasil direalisasikan pada sistem ini, dengan komponen yang sesuai dan pada skematik perancangan.



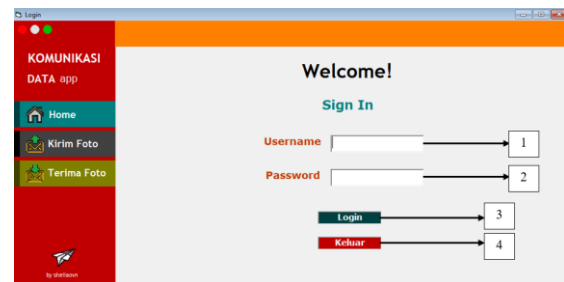
Gambar 8. Realisasi PCB *modem* FSK dan RS232 TTL *converter*

## 3.4 Perancangan dan Realisasi Software

### 3.4.1 Perancangan Software

Pemrograman yang dibuat adalah aplikasi yang berfungsi untuk mengolah data berupa foto. Aplikasi ini menggunakan teknologi serial *port* yang diperkenalkan oleh Microsoft. Serial *port* berfungsi untuk menghubungkan komputer dengan yang lainnya, sehingga dapat berkomunikasi seperti saling bertukar data satu sama lain dengan COM *port* yang digunakan oleh komputer.

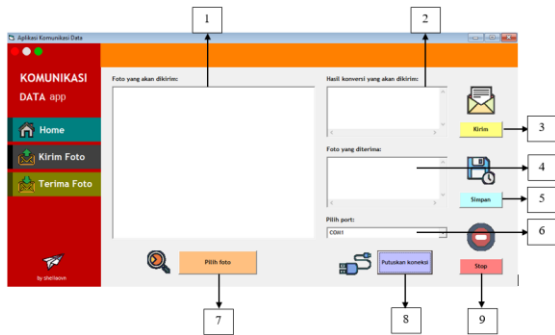
*Form* dibuat di aplikasi *Visual Basic 6.0*. Pada aplikasi, terdapat dua *form* yang akan dibuat. *Form* terdiri dari *form login* untuk masuk ke aplikasi dan *form* utama untuk pengolahan data. Sebelum memasuki *form* utama, maka pengguna harus *login* terlebih dahulu dengan mengisi *username* dan *password* yang telah ditentukan untuk bisa masuk ke *form* utama. Bentuk *form login* dan *form* utama dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. *Form login* aplikasi komunikasi data

Keterangan mengenai bagian-bagian *form login* yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. *Textbox* untuk mengisi *username*.
2. *Textbox* untuk mengisi *password*.
3. *Button* untuk *login* dan masuk ke *form* utama.
4. *Button* untuk keluar dari aplikasi.



Gambar 10. Form utama aplikasi komunikasi data

Keterangan mengenai bagian-bagian form utama yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. *Picturebox* untuk menampilkan foto, lalu diambil nilai RGB dari setiap pixel dan mengonversi foto tersebut ke ASCII (*encode*).
2. *Textbox* untuk menampilkan hasil konversi foto yang diubah menjadi ASCII.
3. *Button* untuk mengirimkan data ke tujuan.
4. *Textbox* untuk menampilkan data yang diterima dari pengirim.
5. *Button* untuk menyimpan data yang telah diterima dan mengonversi data dari ASCII menjadi foto (*decode*).
6. *Combo box* untuk memilih alamat port tujuan yang akan digunakan untuk berkomunikasi.
7. *Button* untuk memilih foto yang ada di komputer.
8. *Button* untuk menghubungkan/memutuskan koneksi antar satu sama lain.
9. *Button* untuk menghentikan proses pengolahan data dan masuk ke form login.

### 3.4.2 Realisasi Software

Beberapa listing program pada form login untuk proses login adalah sebagai berikut:

```
Dim user As String
Dim pass As String
user = "shellaovn"
pass = "shellaovn"
If (user = username.Text And pass = password.Text) Then
    MsgBox "Selamat! Login telah berhasil."
Else
    MsgBox "Maaf, username dan password salah."
End If
```

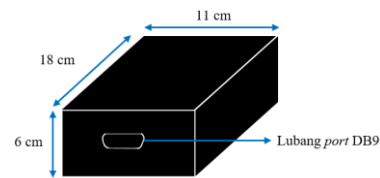
Sedangkan, beberapa listing program pada form utama untuk konversi data adalah sebagai berikut:

```
MSComm1.CommPort =
Val(listPort.ListIndex + 1)
MSComm1.PortOpen = True
btnKirim.Visible = True

Dim B64 As String
B64 = txtHasil.Text
.BinaryData = CryptoBase64.Decode(B64)
ImageProcess.Apply(.ImageFile).SaveFile
App.Path + "\" + ".png"
```

### 3.5 Perancangan dan Realisasi Kemasan

Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan layout dan realisasi kemasan alat untuk rangkaian modem FSK dan RS232 TTL converter yang keduanya sudah terintegrasi. Alat dikemas dalam kotak berwarna hitam dengan berbahan dasar plastik sehingga ringan dan mudah untuk dipindahkan.



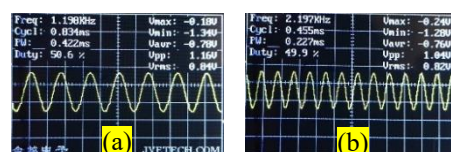
Gambar 11. Layout kemasan alat



Gambar 12. Realisasi kemasan alat

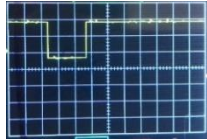
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses perancangan dan realisasi, maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem yang dikerjakan. Pengujian modem FSK menggunakan osiloskop untuk mengetahui hasil dari setiap output pada rangkaian. Gambar 13 dan Gambar 14 merupakan pengujian modulator dan demodulator FSK.



Gambar 13. Pengukuran sinyal keluaran modulator FSK

(a) saat logika high dan (b) saat logika low



Gambar 14. Pengukuran sinyal keluaran demodulator FSK

Pada Tabel 1 merupakan hasil pengujian data yang telah diolah, dikonversi dan dikirim ke penerima.

Tabel 1. Hasil pengujian sistem keseluruhan

No.	Foto	Hasil Konversi
1.		BAQEBAQAAAAAAA AAAAAAECAwQFB gcl/9oADAMBAAIQ AxAAAAAD87ZZnV5 AwUsDJKcwk8..... (768 karakter)
	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 177 KB Item type = JPG file	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 13.6 KB Item type = PNG file
2.		UBAQEAAAAAAA AAAAAAQACAwQF Bgcl/9oADAMBAAIQ QAxAAAAADiWspJPD kcbeVjrWydCt1..... (768 karakter)
	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 369 KB Item type = JPG file	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 38.9 B Item type = PNG file
3.		AQEBAQAAAAAAA AAABAUDBgCAQ AICf/aAAwDAQACE AMQAAAAAFoWc9fp LFAOiPQKp2Ja..... (768 karakter)
	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 614 KB Item type = JPG file	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 41.6 KB Item type = PNG file
4.		BAQEAAAAAAA AAAAAAECAwQFB gcl/9oADAMBAAIQ AxAAAAACR+18nvrJ7 X5JFI TryRO..... (768 karakter)
	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 368 KB Item type = JPG file	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 39.0 KB Item type = PNG file
5.		/9j/4AAQSkZJRgABA QAAAQABAAD/2wC EAAICAgICAgICAgI DAwIDAQAwQDAwMD BAYEBAQEBA..... (768 karakter)
	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 368 KB Item type = JPG file	Width = 720 pixel Height = 1280 pixel Image size = 16.8 KB Item type = PNG file

## 5. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian, bahwa *hardware modem FSK* dengan *baudrate* 1200 bps dapat

memodulasi dan demodulasi sinyal analog maupun sinyal digital menggunakan IC TCM3105.

Ketika TXA mengirim data ke RXA, maka sinyal analog dapat masuk ke pin 4 (RXA) pada IC TCM3105. Sinyal akan didemodulasi secara FSK dan diterima oleh pin 8 (RXD). Sinyal yang didemodulasi berisi informasi dari pengirim berupa data dan sinyal informasi akan diterima oleh RS232 TTL *converter* dalam bentuk sinyal digital. Kemudian, sinyal akan diterima oleh komputer untuk diolah. Data yang diterima akan langsung ditampilkan pada aplikasi dan akan disimpan di komputer penerima. komputer.

Setiap *file* foto berhasil di-*encode* pada aplikasi sebanyak 65535 karakter dengan cepat. Artinya, setiap data yang di-*encode* mempunyai panjang digit yang sama. Tetapi, data yang berhasil di-*decode* hanya sebanyak 768 karakter atau sebanyak 256 titik pixel. Maka, data yang diterima belum terkonversi dengan sempurna. Untuk mengatasi hal ini, kamera *handphone* yang digunakan harus resolusi rendah agar *software* mampu mengolahnya.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi dan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Keunggulan sistem ini adalah dapat melakukan komunikasi data antara komputer dengan *modem FSK* secara *half-duplex* pada *baudrate* 1200 bps.
- Data yang telah diterima oleh *hardware* dapat diterima pada komputer secara serial. Data tersebut ditampilkan dalam bentuk ASCII. Data yang diterima dapat disimpan pada komputer meskipun kekurangannya yaitu hasil data yang terkonversi belum sempurna.
- Setiap data yang di-*encode* mempunyai panjang digit yang sama yaitu sebanyak 65535 karakter. Sedangkan, data yang berhasil di-*decode* sebanyak 768 karakter dari 65535 karakter. Maka solusinya, kamera *handphone* harus resolusi rendah supaya *software* mampu mengolah data dengan sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Yuantari and E. Hartini, Buku Ajar Manajemen Bencana, 2020.
- B. Setiawan, "Perancangan dan Pembuatan Transceiver SSB Untuk Komunikasi Suara dan Data Pada Spektrum High Frequency," Univertas Kristen Maranatha, 2005.
- V. Setya Hermawan, "Modulator dan Demodulator FSK," 2016. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/vickysetyahermawan>

- /modulator-dan-demodulator-fsk. [Accessed 2 June 2020].
- [4] M. Zen Samsono, "Pengantar Komunikasi Data," 2020. [Online]. Available: <http://zenhadi.lecturer.pens.ac.id>. [Accessed 1 June 2020].
- [5] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*, Andi, 2010.
- [6] I. Hestiningsih, *Pengolahan Citra, Teknik Informatika*, 2008.