



## Desain Modem Sistem Komunikasi Digital HF Berbasis *Software Defined Radio*

Agung Wicaksono<sup>1)✉</sup>, dan Eka Setia Nugraha<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima: Juni 2021

Direvisi: Juni 2021

Disetujui: Juni 2021

*Keywords:*

Desain Modem, Sistem Komunikasi Digital HF, Software Defined Radio, Error rate

### Abstrak

Sistem komunikasi *High Frequency* (HF) bekerja menggunakan gelombang radio pada frekuensi 3-30 MHz yang merambat dalam bentuk *skywave* dengan bantuan lapisan ionosfer. Sistem komunikasi HF saat ini masih terbatas pada pengiriman suara, diharapkan dapat mengirimkan pesan berupa teks dengan menerapkan sistem komunikasi digital. Penelitian ini melaporkan desain modem sistem komunikasi digital HF menggunakan perangkat *Software Defined Radio* (SDR) untuk implementasi yang mudah. Modulasi dan Demodulasi memiliki peranan penting dalam sistem komunikasi digital. Evaluasi sistem dilakukan dengan eksperimen untuk mengukur *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Bit Error Rate* (BER), *Character Error Rate* (CER), dan *Frame Error Rate* (FER) pada tipe *pulse shaping Root Raised Cosine* dengan *Roll of Factor* 0,5. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa implementasi sistem pada platform SDR dengan *LabView* sebagai *user interface* berhasil dilakukan.

### Abstract

*High Frequency (HF) communication systems use radio waves at frequency in the range of 3-30 MHz propagating in the form of skywave with the help of the ionosphere. High Frequency (HF) communication systems is still limited to voice transmission, is expected to send text messages by implementing a digital communication system. This paper presents the design of the HF digital communication system on a Software Defined Radio (SDR) platform for easy implementation. Modulation and Demodulation have an important role in digital communication systems. The system performance is evaluated by measuring Signal to Noise Ratio (SNR), Bit Error Rate (BER), Character Error Rate (CER), and Frame Error Rate (FER) is type pulse shaping Root Raised Cosine with Roll of Factor 0,5. The results show that the system has been successfully implemented on the SDR platform with LabView as the user interface.*

**PENDAHULUAN**

Sistem komunikasi *High Frequency* (HF) telah diusulkan sebagai salah satu teknologi alternatif yang digunakan untuk teknologi telekomunikasi darurat atau diimplementasikan untuk daerah terisolasi (Agung Wicaksono, A. Mauludiyanto, G. Hendranto, 2020). Sistem komunikasi ini menawarkan infrastruktur dengan biaya rendah dan teknologi ketahanan tinggi dibandingkan dengan komunikasi satelit (Ben A. Witvliet, Rosa M. Alsina-Pages, 2017). Sistem komunikasi HF menggunakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz, merambat dengan memanfaatkan lapisan *ionosfer* (S.L. Manalu, G. Hendranto, A. Mauludiyanto, 2017).

Karakteristik kanal yang digunakan dapat berubah sehubungan dengan waktu dan tempat (Leo F. McNamara, 1991). Sistem komunikasi digital HF dapat berjalan dengan baik di sebuah sistem dengan menggunakan perangkat keras *Software Defined Radio* (SDR). *Software Defined Radio* (SDR) adalah sistem komunikasi radio dimana komponen perangkat keras digantikan perangkat lunak (Hosking, R.H., 2011). Perangkat sistem komunikasi radio dimana di dalamnya terdapat beberapa komponen diantaranya *mixer, filter, modulator, demodulator, detektor* dan *Phase-Locked Loop* (PLL) yang dapat di implementasikan ke berbagai perangkat lunak diantaranya GNU Radio, *LabView* dan *LabView Communication* (P.H. Mukti, I. Kurniawati, F.Oktaviansyah, A.D. Adhitya, N. Rachmadani, R. Corputty, G. Hendranto, T. Fukusako, 2014).

*LabView* merupakan instrument virtual yang mendukung monitoring secara *real time* dalam akuisisi data (Bhavin, A, Khichada, Chusdashma, K. J., M, Vyas. Darshan., & D, Shiyal. Jignesh, 2016). *LabView* unggul dalam membangun antar muka pengguna dengan pemrograman grafik yang mudah (Nhizanth, A. G. R., & Gopalakrishnan, S. K, 2015). Selain itu, *LabView* merupakan perangkat lunak yang dimaksud untuk menjalankan sistem komunikasi digital HF pada perangkat *Software Defined Radio* (SDR). *LabView* adalah bahasa pemrograman grafis yang menggunakan pemrograman data *flow, diagram blok* dan instrument virtual dalam perencanaan dan pengembangan sistem komunikasi digital HF (National Instrument, 2003).

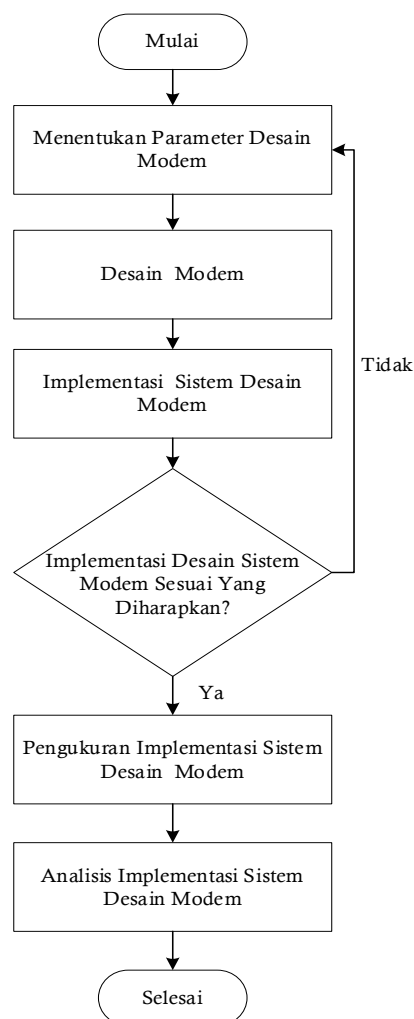
Pada penelitian-penelitian yang sudah ada sistem komunikasi HF masih terbatas hanya pada pengiriman suara (Ben A. Witvliet, Rosa M. Alsina-Pages, 2017). Seiring berkembangnya zaman, data sistem komunikasi digital menginginkan informasi berupa teks, citra dan

arsip *computer* (P.H. Mukti, I. Kurniawati, F.Oktaviansyah, A.D. Adhitya, N. Rachmadani, R. Corputty, G. Hendranto, T. Fukusako, 2014). Penelitian ini memiliki hal yang membedakan dengan penelitian sebelumnya, yaitu membuat desain modem yang memanfaatkan sistem komunikasi digital. Desain modem sistem komunikasi digital menggunakan SDR yang diimplementasikan pada *LabView*.

Penelitian ini melaporkan tentang desain modem sistem komunikasi digital HF pada *platform* SDR. Keunggulan dari penelitian ini adalah seluruh modul dalam sistem pemancar dan penerima dapat di implementasikan dalam sistem di SDR.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini didesain menggunakan perangkat SDR tipe *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) yang diimplementasikan pada software *LabView*. Alur Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

A. Parameter Desain Modem

Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan salah satu negara Asia Pasifik yang berlokasi di Wilayah 3 dengan memanfaatkan pita pada rentang frekuensi 7,0 – 7,2 MHz untuk radio amatir (Dale Huges, 2014). Penggunaan bandwidth yang diizinkan untuk komunikasi data melalui frekuensi pada kanal HF yaitu 15 kHz (Organisasi Amatir Radio Indonesia, 2009). Operator radio amatir IAR dalam menggunakan daya pancar maksimum yang diizinkan untuk frekuensi dibawah 30 MHz yaitu 100 Watt (Menteri Komunikasi dan Informatika Indonesia, 2009).

Signal to Noise Ratio (SNR) dengan nilai terendah yang dapat diizinkan dalam sistem komunikasi yaitu 10 dB (ITU-R, 2013). Pada Tabel 1 merupakan desain parameter yang akan digunakan pada desain modem sistem komunikasi digital HF.

Tabel 1. Parameter Desain Modem Sistem Komunikasi Digital HF

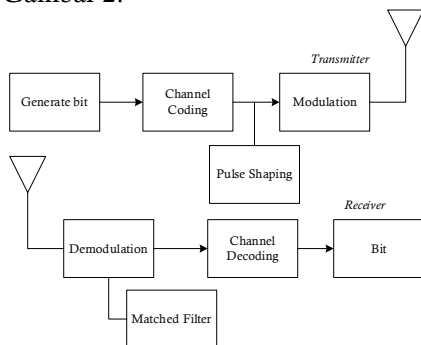
No	Parameter	Nilai
1	Frekuensi Kerja	7 MHz
2	Bandwidth	10 KHz
3	IQ Rate	200 Ksymbol/sec
4	Modulasi	BPSK
5	Samples per Symbol	30
6	Filter	Root Raised Cosine
7	Roll of Factor	0.5
8	Power Pemancar	3 Watt

B. Desain Modem

Pada desain modem terdiri dari perancangan *modulator* dan *demodulator* pada SDR tipe USRP dan *LabView*.

1. Perancangan Desain Modem pada USRP

Perancangan *modulator* dan *demodulator* merupakan desain yang disusun untuk mengubah informasi data bit karakter menjadi bentuk sinyal ke saluran komunikasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

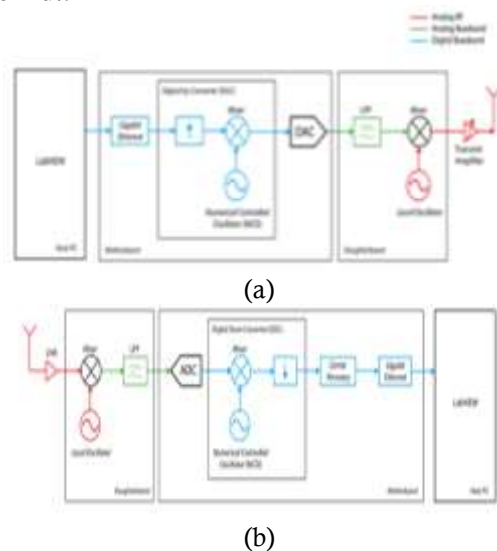


Gambar 2. Blok diagram sistem keseluruhan

Blok diagram sistem keseluruhan dapat dijelaskan bahwa terdapat *generate* bit yang memiliki tujuan yaitu mengubah informasi berupa karakter ke dalam bentuk bit. Kemudian, dilakukan proses *source coding* untuk meningkatkan efisiensi *bandwidth* dengan melakukan pengkodean *symbol* pada teori pengkodean. Teori pengkodean biasanya menggunakan teori *Shannon* atau *Huffman*, sedangkan pada sistem komunikasi ini tidak menggunakan *source coding*, melainkan *channel coding*. *Channel coding* memiliki tujuan yaitu menambahkan bit ekstra dalam bentuk *parity* bit yang memiliki fungsi sebagai pelindung bit dari *noise*. *Parity check* dapat bekerja pada kanal dengan menerapkan prinsip kapasitas *Shannon*. Pada proses modulasi sinyal informasi yang berbentuk bit *stream* akan diubah menjadi bentuk sinyal pulsa yang berintegrasi dengan *pulse shaping*. Tujuan berintegrasi dengan *pulse shaping* yaitu memperbaiki kinerja modulasi sebelum di transmisikan menggunakan antenna pada frekuensi tinggi (B. Sklar, 2001).

Setelah sinyal ditransmisikan dengan di terima pada antenna penerima, maka sinyal tersebut akan di *demodulasi* dan di *filter*. *Demodulasi* dan *filter* memiliki tujuan yaitu sinyal yang diterima sebelumnya masih dalam bentuk sinyal informasi digital *bandpass* akan dirubah menjadi sinyal *baseband* dengan proses *matched filter*. Pada proses *channel decoding* memiliki tujuan yaitu menghilangkan redudansi dari *channel encoding* untuk mengembalikan sinyal informasi kembali dalam bentuk bit *stream* (B. Sklar, 2001).

Gambar 3 merupakan blok diagram desain *modulator* dan *demodulator* pada USRP sebagai berikut.



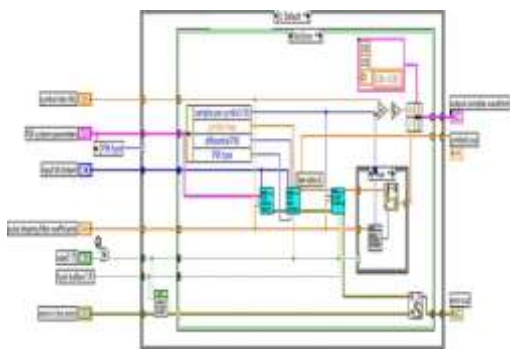
Gambar 3 (a) Blok diagram desain *modulator* dan Gambar 3 (b) *demodulator* pada USRP

*Modulator* dan *demodulator* dirancang untuk dapat melakukan sebuah komunikasi dengan protokol yang digunakan, sehingga PLL yang diintegrasikan di bagian penerima dapat bekerja. Pada blok diagram tersebut, blok *carrier recovery* yang berada pada bagian *demodulator* merupakan blok *phase-locked loop* yang bekerja untuk melakukan sinkronisasi gelombang pembawa. Blok tersebut menerima sinyal kompleks dari blok *Digital Down Converter* (DDC). DDC mengkonversi *real signal* pada *Intermediate Frequency* (IF) menjadi *complex baseband signal*.

2. Perancangan Desain Modem Pada Perangkat Lunak *LabView*

Perancangan desain modem pada *LabView* terdiri atas perancangan *modulator* dan *demodulator*. Pada perancangan ini di desain menggunakan frekuensi kerja 7 MHz, *Bandwidth* 10 KHz, nilai *IQ Rate* 200 *Ksymbol/sec*, Modulasi yang digunakan *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), nilai *Sample per Symbol* 30, *Filter Root Raised Cosine* dan *Roll of Factor* 0,5.

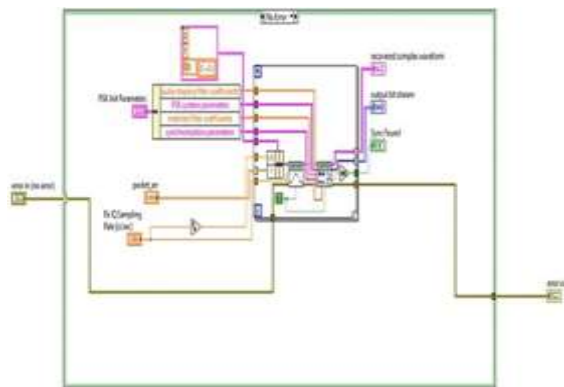
Pada desain *modulator* terdapat validasi sistem parameter yang berfungsi untuk memastikan *input* parameter yang digunakan benar. Setelah dinyatakan benar, maka sistem *gray code* akan bekerja dengan cara mengkonversi kode biner dengan melakukan *mapping* terhadap *bit rate*. Sistem ini, merupakan sistem yang terintegrasi oleh *input* parameter, *input* data teks karakter, *pulse shapping*, dan *generate packet array*. *Output* sistem tersebut berupa indikator paket yang akan dikirim, *symbol rate*, dan jumlah paket yang dikirim menjadi sistem diagram konstelasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Desain *modulator* pada *labview*

Pada desain *demodulator* terdapat validasi sistem untuk menentukan parameter berupa tipe *Phase Shift Keying* (PSK) dan *Sample per Symbol* yang berfungsi untuk memastikan parameter sebelumnya sudah sesuai, dengan *output* sistem

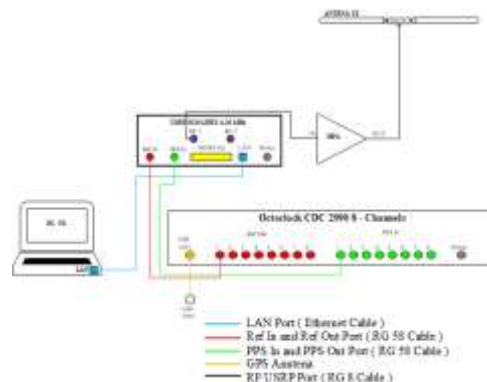
akan terbentuk menjadi diagram konstelasi. Proses sinyal yang diterima pada proses desain *demodulator* masih dalam bentuk sinyal informasi *bandpass*. Setelah diterima, dirubah menjadi bentuk sinyal informasi *baseband* yang diperlukan untuk *resample demodulasi* sinyal. Sistem ini, merupakan sistem yang terintegrasi oleh *output* parameter, *output* data teks karakter, *pulse shapping*, dan *generate packet array*. *Output* sistem tersebut berupa indikator paket yang akan diterima, *symbol rate*, dan jumlah paket yang diterima menjadi sistem diagram konstelasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 sebagai berikut.



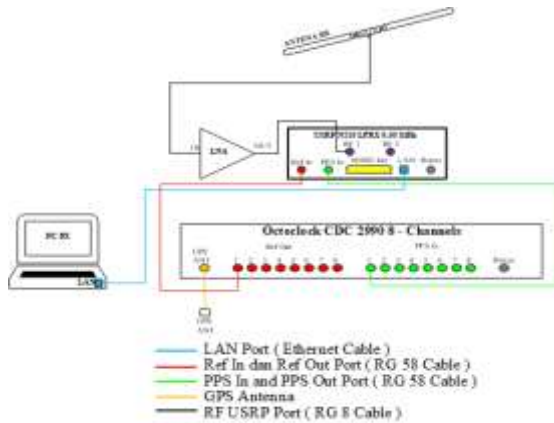
Gambar 5. Desain *modulator* pada *labview*

C. Implementasi Sistem Desain Modem

Implementasi sistem desain modem yang memanfaatkan sistem komunikasi digital HF ini di desain bekerja pada frekuensi 7 MHz baik pada pemancar dan penerima, dengan menggunakan perangkat keras SDR tipe *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) dan perangkat lunak *LabView* untuk pemancar dan penerima. Implementasi sistem desain modem perangkat keras untuk pemancar pada USRP ditunjukkan seperti pada Gambar 6 dan implementasi sistem desain modem penerima pada USRP ditunjukkan seperti pada Gambar 7.

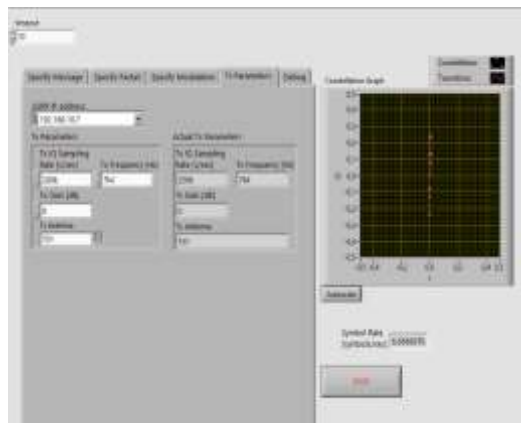


Gambar 6. Implementasi sistem desain modem pemancar pada USRP



Gambar 7. Implementasi sistem desain modem penerima pada USRP

Sedangkan, implementasi sistem desain modem perangkat lunak untuk pemancar pada *LabView* ditunjukkan seperti pada Gambar 8 dan implementasi sistem desain modem penerima pada *LabView* ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



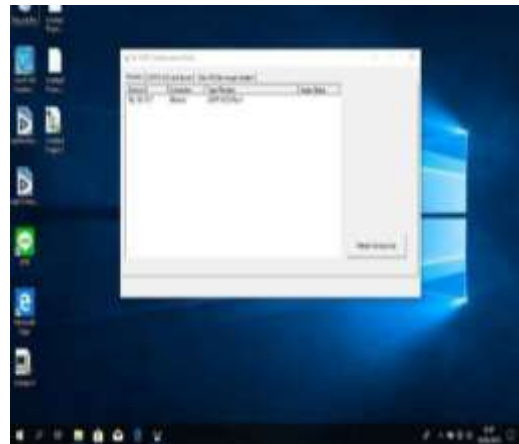
Gambar 8. Contoh implementasi sistem desain modem pemancar pada *labview*



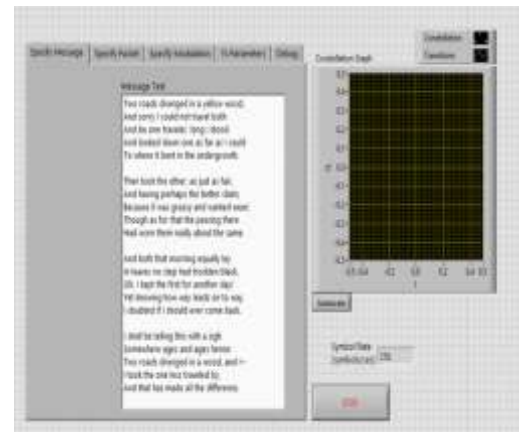
Gambar 9. Contoh implementasi sistem desain modem penerima pada *labview*

Setelah implementasi sistem desain modem perangkat keras pada USRP dan

perangkat lunak pada *LabView* berhasil, maka selanjutnya yaitu integrasi perangkat dengan menggabungkan fungsi dari masing-masing perangkat keras dan perangkat lunak. Tampilan deteksi perangkat keras USRP terhadap perangkat lunak *LabView* ditunjukkan seperti pada Gambar 10, sedangkan contoh tampilan *front panel* di perangkat lunak *LabView* ditunjukkan seperti pada Gambar 11.



Gambar 10. Tampilan deteksi perangkat keras USRP terhadap perangkat lunak *labview*



Gambar 11. Contoh tampilan *front panel* pada perangkat lunak *labview*

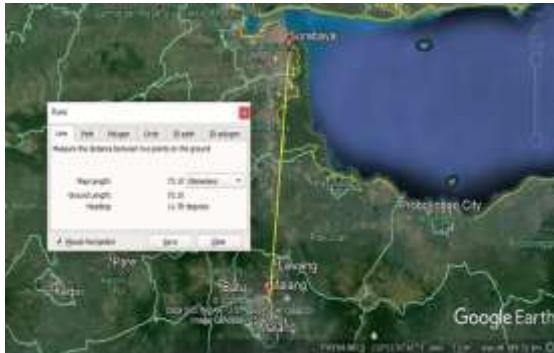
#### D. Pengukuran Implementasi Sistem Desain Modem

Pengukuran implementasi sistem desain modem terdiri dari desain lokasi pengukuran, instalasi perangkat pengukuran, dan indikator kinerja pengukuran.

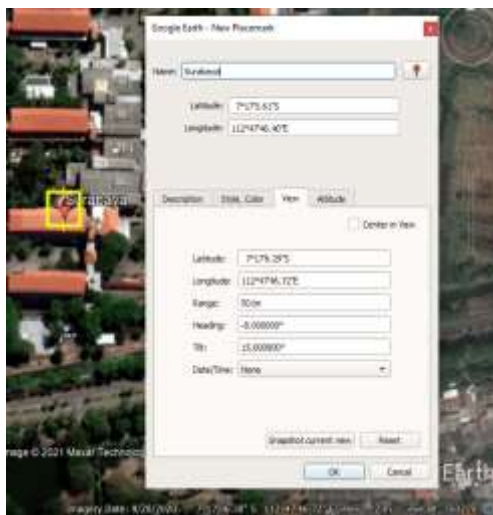
##### 1. Desain Lokasi Pengukuran

Pada penelitian ini di desain lokasi pengukuran terdapat pada lintasan Surabaya-Malang dengan jarak sekitar 73,10 Kilometer, seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Lokasi

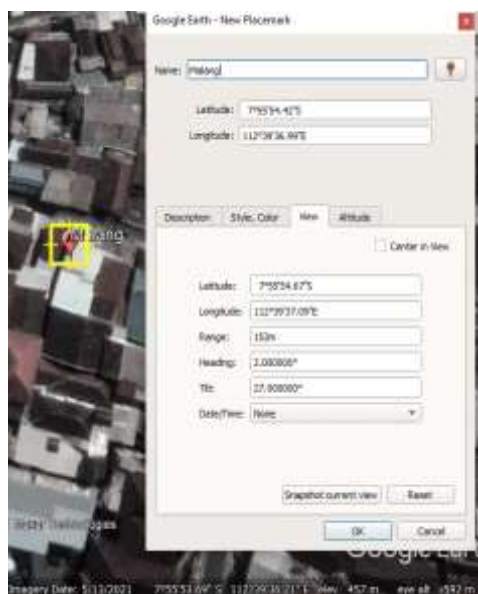
titik Pemancar berada di Surabaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Sedangkan, lokasi titik penerima berada di Malang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 12. Desain lintasan pengukuran Surabaya-Malang



Gambar 13. Lokasi titik pemancar di Surabaya



Gambar 14. Lokasi titik penerima di Malang

## 2. Instalasi Perangkat Pengukuran

Sistem komunikasi digital HF di desain dengan menggunakan perangkat keras sebagai berikut: (1) *Low Noise Amplifier* (LNA); (2) Octoclock; (3) Antena GPS; (4) Laptop atau *Personal Computer* (PC); (5) *High Power Amplifier* (HPA); (6) *Universal Software Radio Peripheral* (USRP); (7) Antena baik di pemancar atau penerima. Sistem komunikasi digital HF di desain juga dengan menggunakan perangkat lunak yaitu *LabView* baik di pemancar atau penerima.

Perangkat keras tersebut dirangkai baik pada pemancar dan penerima. Pada pemancar perangkat keras dirangkai dengan cara yaitu: (1) Menghubungkan Laptop atau *Personal Computer* (PC) ke menggunakan kabel *ethernet* ke USRP; (2) Menghubungkan Perangkat USRP ke *octoclock* dengan GPS Antena menggunakan kabel SMA yang memiliki tujuan untuk sinkronisasi waktu, dan ke HPA dengan menggunakan kabel SMA; (3) Menghubungkan ke antena pemancar. Pada penerima perangkat keras dirangkai dengan cara: (1) Menghubungkan perangkat antena penerima dengan perangkat LNA; (2) Menghubungkan perangkat LNA yang sudah ke perangkat USRP yang terangkai ke perangkat *octoclock* dengan kabel SMA yang terhubung ke perangkat *octoclock* dan GPS antena; (3) Menghubungkan perangkat USRP dengan Laptop atau PC menggunakan kabel *ethernet* yang memiliki tujuan data yang sudah dikirimkan dapat diterima dengan baik.

## 3. Indikator Kinerja Pengukuran

Sistem ini terdiri dari beberapa parameter diantaranya sebagai berikut:

### a) *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Penghitungan hasil pengukuran dalam menentukan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut (P.H. Mukti, I. Kurniawati, F.Oktaviansyah, A.D. Adhitya, N. Rachmadani, R. Corputty, G. Hendrantoro, T. Fukusako, 2014).

$$SNR(dB) = 10 \log 10 \frac{S}{N} \quad (1)$$

Adapun S merupakan daya sinyal, N merupakan daya *noise*.

### b) *Bit Error Rate* (BER)

Kesalahan yang terjadi selama proses transmisi data dilakukan dengan cara membandingkan masukan total yang dikirim dengan jumlah bit yang *error*. BER dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Agung Wicaksono, A. Mauludiyanto, G. Hendrantoro, 2020).

$$BER = \frac{\text{Jumlah Bit Error}}{\text{Jumlah Bit Yang Dikirim}} \quad (2)$$

c) *Character Error Rate (CER)*

Sebuah karakter tersusun atas 8 bit dan dapat berupa huruf, angka, tanda baca seperti titik, koma, tanda seru, tanda tanya, tanda kutip, symbol dan spasi. CER dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Agung Wicaksono, A. Mauludiyanto, G. Hendranto, 2020).

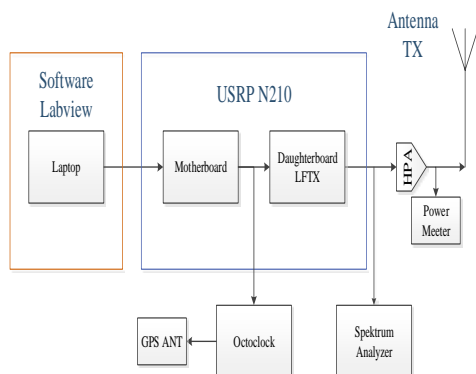
$$CER = \frac{\text{Jumlah Karakter Error}}{\text{Jumlah Karakter Yang Dikirim}} \quad (3)$$

d) *Frame Error Rate (FER)*

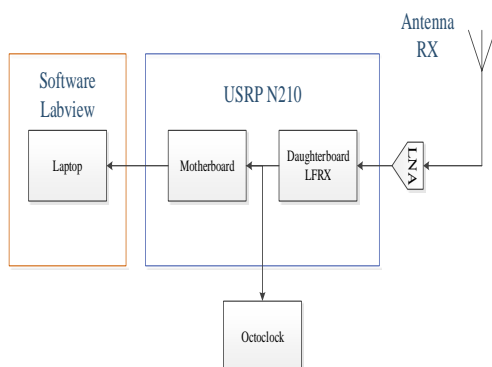
Frame berupa paket yang terdiri dari beberapa karakter. Satu Frame dalam Protokol AX.25 terdiri dari 255 bit (William A. Beech, Douglas E. Nielsen, Jack Taylor, 1998). FER dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$FER = \frac{\text{Jumlah Frame Error}}{\text{Jumlah Frame Yang Dikirim}} \quad (4)$$

Pada Gambar 15 dan 16 merupakan blok diagram desain pengukuran di pemancar dan penerima.



Gambar 15. Desain blok diagram pengukuran di pemancar

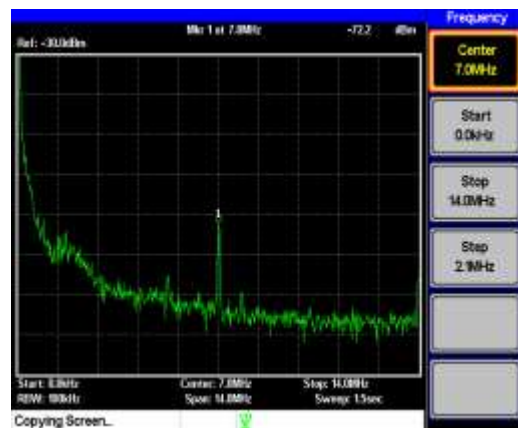


Gambar 16. Desain blok diagram pengukuran di penerima

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembangkitan Sinyal Pada Pemancar Terhadap Frekuensi

Sistem komunikasi digital HF yang sudah didesain pada *Software Defined Radio (SDR)* tipe USRP dengan menggunakan perangkat lunak *LabView* perlu dilakukan percobaan pada parameter frekuensi dengan memperhatikan tipe *pulse shaping* yang didesain pada perangkat lunak tersebut. Gambar 17 menunjukkan bahwa desain frekuensi sesuai dengan yang didesain pada frekuensi 7 MHz.



Gambar 17. Tampilan hasil desain frekuensi kerja 7 MHz

Pada sistem perangkat lunak *LabView* terdapat 2 tipe *pulse shaping* yaitu *root raised cosine* dan *raised cosine*, dengan nilai variabel *alfa* atau *roll of factor* dapat dirubah nilainya sesuai keinginan.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan parameter CER (*Character Error Rate*) dengan membawa 500 karakter untuk menentukan filter yang baik dapat ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

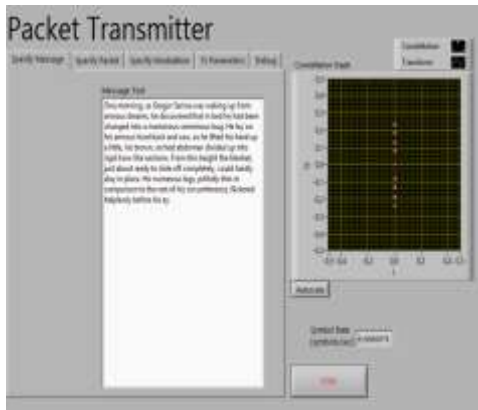
Alfa	Root Raised Cosine	Raised Cosine
0	0.7200	0.7760
0.5	0.6900	0.7760
0.85	0.6900	0.7680S

Berdasarkan hasil percobaan pengujian pada Tabel 2, maka dalam melakukan pengujian akan menggunakan *pulse shaping Root Raised Cosine* dengan alfa 0.5.

### B. Hasil Implementasi Sistem Pemancar

Penelitian ini di dapatkan hasil implementasi sistem komunikasi digital HF pada sisi pemancar berhasil dikirimkan menggunakan *software labview* yang diintegrasikan ke USRP.

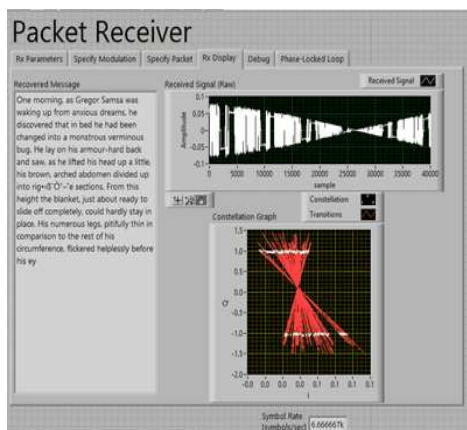
Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengiriman data teks sebanyak 10 kali pada masing-masing variasi karakter. Variasi karakter yang digunakan yaitu 500, 700, 1000, 1500 dan 2000 karakter. Gambar 18 merupakan salah satu tangkapan hasil pengiriman 500 karakter.



Gambar 18. Contoh implementasi pengiriman teks 500 karakter

C. Hasil Implementasi Sistem Penerima

Penelitian ini di dapatkan hasil implementasi sistem komunikasi digital HF pada sisi penerima berhasil dikirimkan menggunakan *software labview* yang diintegrasikan ke USRP. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengiriman data teks sebanyak 10 kali pada masing-masing variasi karakter. Variasi karakter yang digunakan yaitu 500, 700, 1000, 1500 dan 2000 karakter. Gambar 19 merupakan salah satu tangkapan hasil penerimaan 500 karakter.



Gambar 19. Contoh implementasi pengiriman teks 500 karakter

D. Hasil Analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian penelitian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian penerimaan maka didapatkan nilai SNR rata-rata dapat ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Nilai SNR Rata-Rata

Jumlah Karakter	SNR Rata-Rata (dB)
500	20.22
700	23.77
1000	21.65
1500	21.55
2000	21.72

Berdasarkan hasil penelitian, dilakukan perbandingan penerimaan jumlah karakter yang bervariasi. Maka nilai SNR rata-rata pada desain modem sistem komunikasi digital HF tidak memberikan hasil kualitas yang buruk berdasarkan standar ETSI.

E. Hasil Analisis *Bit Error Rate* (BER) Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian penelitian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian penerimaan maka didapatkan nilai BER rata-rata dapat ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Nilai BER Rata-Rata

Jumlah Karakter	BER Rata-Rata
500	0.09544
700	0.00489
1000	0.14716
1500	0.19848
2000	0.22698

Berdasarkan hasil penelitian, dilakukan perbandingan penerimaan jumlah karakter yang bervariasi. Maka nilai BER rata-rata pada desain modem sistem komunikasi digital HF tidak memberikan hasil kualitas yang buruk berdasarkan standar ETSI.

F. Hasil Analisis *Character Error Rate* (CER) Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian penelitian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian penerimaan maka didapatkan nilai CER rata-rata dapat ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Nilai CER Rata-Rata

Jumlah Karakter	CER Rata-Rata
500	0.0134
700	0.00743
1000	0.0301
1500	0.1072
2000	0.0133



Berdasarkan hasil penelitian, dilakukan perbandingan penerimaan jumlah karakter yang bervariasi. Maka nilai CER rata-rata pada desain modem sistem komunikasi digital HF tidak memberikan hasil kualitas yang buruk berdasarkan standar ETSI.

G. Hasil Analisis *Frame Error Rate* (FER) Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian penelitian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian penerimaan maka didapatkan nilai FER rata-rata dapat ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Nilai FER Rata-Rata

Jumlah Karakter	FER Rata-Rata
500	0.25
700	0.1
1000	0.25
1500	0.3667
2000	0.2125

Berdasarkan hasil penelitian, dilakukan perbandingan penerimaan jumlah karakter yang bervariasi. Maka nilai FER rata-rata pada desain modem sistem komunikasi digital HF tidak memberikan hasil kualitas yang buruk berdasarkan standar ETSI.

**SIMPULAN**

Berdasarkan parameter desain modem, desain modem, implementasi sistem desain modem, dan pengukuran implementasi desain modem, maka penelitian ini dapat menyimpulkan Desain Modem Sistem Komunikasi digital HF dengan perangkat keras SDR tipe USRP dan perangkat lunak *LabView* mampu menerima variasi jumlah karakter berbeda dari 500 – 2000 karakter dengan baik. Hal ini dibuktikan oleh hasil pengujian *pulse shaping Root Raised Cosine* dengan *Roll of Factor* 0,5 lebih baik dan stabil hasilnya. Selain itu, dibuktikan dengan nilai SNR rata-rata, BER rata-rata, CER rata-rata, dan FER rata-rata dengan tidak memberikan hasil kualitas yang buruk berdasarkan standar ETSI. Penelitian ini di desain menggunakan frekuensi kerja 7 MHz pada sisi pemancar dan penerima sesuai dengan peraturan IAIR.

**DAFTAR PUSTAKA**

Agung Wicaksono, A. Mauludiyanto, G. Hendrantoro. (2020). An HF Digital Communication System Based on Software-Defined Radio. *International Conference on Smart Technology and Applications (ICosTA)* (pp. 1-5). Surabaya: IEEE.

B. Sklar. (2001). *Digital Communications Fundamental and Applications Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall.

Ben A. Witvliet, Rosa M. Alsina-Pages. (2017). Radio communication via Near Vertical Incidence Skywave propagation: an overview. *Springer Telecommunication Systems*, 295-309.

Bhavin, A, Khichada, Chusdashma, K. J., M, Vyas. Darshan., & D, Shiyal. Jignesh. (2016). 3-Phase Induction Motor Parameter Monitoring and Analysis Using Labview. *International Journal of Electrical Engineering & Technology (IJEET)*, 81-91.

Dale Huges. (2014). *Spectrum Requirements for the Amateur and Amateur-satellite Services*. Switzerland, Geneva: ITU.

Hosking, R.H. (2011). *Software Defined Radio Handbook*. New Jersey: Penetk, Inc.

ITU-R. (2013). *Bandwidths, signal-to-noise ratios and fading allowances in HF fixed and land mobile radiocommunication systems*. Geneva: ITU.

Leo F. McNamara. (1991). *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.

Menteri Komunikasi dan Informatika Indonesia. (2009). *Peraturan Menteri No.33 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Amatir Radio*. Jakarta: Kementrian Komunikasi dan Informatika Indonesia.

National Instrument. (2003). *LabVIEW User Manual*. USA: National Instrument Corporation.

Nhizanth, A. G. R., & Gopalakrishnan, S. K. (2015). Stepper Motor Control using LabVIEW and NI-myRIO Saranathan College of Engineering Trichy. *International Journal For Scientific Research & Development (IJSRD)*, 478-480.

Organisasi Amatir Radio Indonesia. (2009). *Keputusan Ketua Umum Organisasi Amatir Radio Indonesia Nomor: KEP-065/OP/KU/2009*. Jakarta: Organisasi Amatir Radio Indonesia.

P.H. Mukti, I. Kurniawati, F.Oktaviansyah, A.D. Adhitya, N. Rachmadani, R. Corputty, G. Hendrantoro, T. Fukusako. (2014).

Software-Defined Radio Based Channel Measurement System of Wideband HF Communication System in Low-Latitude Region. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electronics and Communication Engineering*, 850-853.

S.L. Manalu, G. Hendrantoro, A. Mauludiyanto. (2017). Design of measurement system for HF MIMO NVIS channel. *4th International Conference on Information Technology, and Electrical Engineering* (pp. 300-305). Semarang: IEEE.

William A. Beech, Douglas E. Nielsen, Jack Taylor. (1998). *AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio*. USA: Tucson Amateur Packet Radio Corporation.