

Implementasi Radio *Transceiver SSB Bi-Directional* Untuk Modul Percobaan Sistem Komunikasi Analog

Sulwan Dase¹⁾, Zaini²⁾

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang,
email:sulwandase@poliupg.ac.id¹ ; zaini@poliupg.ac.id²



Makalah ini merupakan laporan hasil percobaan rancang bangun radio *transceiver single side-band (SSB)* dengan metode *bi-directional*. Skema radio pemancar-penerima (*transceiver*) *single side-band (SSB)* dua arah (*bi-directional*) dirancang dengan sistem penerima konversi tunggal (*single conversion*). Aplikasi *bi-directional* dalam skema ini bertujuan untuk menyederhanakan rangkaian *transceiver SSB*. Metode yang digunakan pada radio *transceiver SSB bi-directional* yaitu menggunakan beberapa rangkaian secara bersama seperti (a) rangkaian *balance modulator (BM)* sekaligus sebagai *demodulator SSB*, (b) *filter intermediate frequency (IF filter)* untuk filter pemancar dan penerima, dan *mixer*. Sistem ini menggunakan *direct digital synthesizer (DDS)* sebagai *variable frequency oscillator (VFO)* dan menggunakan rangkaian osilator kristal sebagai *beat frequency oscillator (BFO)*. Filter *IF* menggunakan 4 (empat) buah kristal identik agar diperoleh lebar pita frekuensi 3 kHz sebagaimana yang dipersyaratkan pada sinyal *SSB*. Rangkaian *mixer* menggunakan empat buah diode identik dan pada rangkaian *balance modulator* digunakan dua buah diode identic. Pada sistem ini, rangkaian *BM* digunakan sebagai pembangkit sinyal *DSB-SC*, dimanfaatkan pula sebagai *demodulator SSB*. Penalaan (*tuning*) frekuensi dilakukan oleh sebuah lokal osilator yang dibuat dari rangkaian *Direct-Digital Synthesizer (DDS)*. Pengaturan skala perubahan frekuensi osilator *DDS* dapat dilakukan mulai dari skala 1 Hz sampai 1 MHz.

Keywords: radio, *transceiver*, *SSB*, *bi-directional*, *direct digital synthesizer*.

I. PENDAHULUAN

Telah diketahui secara umum bahwa harga modul peralatan praktikum untuk laboratorium telekomunikasi tergolong mahal. Oleh karena itu, perlu dipikirkan solusi alternatif secara kreatif untuk mengatasi masalah tersebut. Hal itu dimaksudkan agar dalam situasi darurat ketika sebuah peralatan praktikum mengalami kerusakan, maka tersedia peralatan pengganti ekuivalen yang dihasilkan dari produk penelitian.

Single side-band (SSB) merupakan salah satu bentuk sinyal termodulasi amplitudo. Sinyal *SSB* dibangkitkan dari *double side-band suppressed carrier (DSB-SC)*. Sinyal *DSB-SC* dapat dihasilkan dari perkalian antara sinyal pesan (*message*) dengan sinyal *sub-carrier* dari osilator. Dari hasil perkalian diperoleh dua sinyal sisi yaitu *lower-side band (LSB)* dan *upper-side band (USB)*. Sinyal *SSB* diperoleh dengan cara menafis (*filtering*) salah satu sinyal pita sisi (*side-band*) menggunakan tapis pita sempit (*narrow band filter*). Dengan menggunakan sebuah relay, maka dapat dipilih antara sinyal *LSB* atau *USB*. Baik sinyal *LSB* maupun *USB* keduanya disebut sinyal termodulasi *SSB* [1].

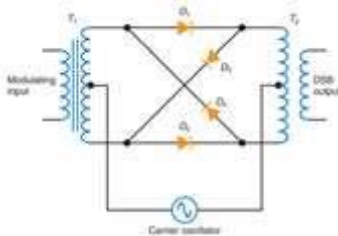
Modulasi *SSB* saat ini, diimplementasikan pada sistem komunikasi digital untuk membangkitkan sinyal *Binary Phase Shift-Keying (BPSK)*, dan pengembangannya dalam bentuk *M-ary PSK*. Mode modulasi *SSB* saat ini telah digunakan pula pada sistem komunikasi fiber optik kapasitas tinggi pada *dense-wavelength-division multiplexing (WDM)* [2]. Pada sistem komunikasi fiber optik (*FO*), sinyal *optical SSB (OSSB)* gelombang millimeter dibangkitkan oleh dua modulator cascada *Mach-Zender* [3]. Selain untuk sistem *OSSB*, sinyal modulasi *SSB* digunakan pula untuk analisis distorsi *loudspeaker parametric* berdasarkan deteksi selubung (*envelope*) *orthogonal*.

Oleh karena pentingnya untuk mengetahui proses pembangkitan sinyal *SSB* pada sistem telekomunikasi, maka dipandang perlu untuk memberikan pengetahuan teori maupun praktek kepada setiap mahasiswa pada program studi yang berkaitan dengan telekomunikasi seperti pada program studi D3 Teknik Telekomunikasi dan D4 Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (*TRJT*).

II. KAJIAN LITERATUR

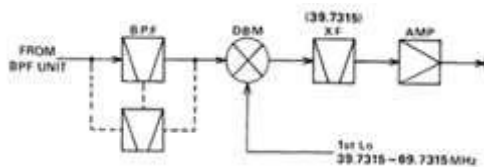
Metode pembangkitan *SSB* yang telah diaplikasi secara luas pada sistem

telekomunikasi radio, umumnya menggunakan metode *frequency discrimination method* dan *phase discrimination method* [5]. Rangkaian untuk membangkitkan sinyal DSB-SC dapat dibangkitkan dari rangkaian Ring Modulator atau Balance Modulator. Contoh rangkaian *lattice balance modulator* (BM) diperlihatkan seperti pada Gambar 1 [6].



Gambar 1. Skema rangkaian *lattice balance modulator*.

Penggunaan rangkaian BM telah diaplikasikan secara luas pada radio transceiver SSB seperti pada radio HF SSB Icom tipe IC-720 [7]. Blok diagram bagian modulator DSB-SC dan SSB diperlihatkan pada Gambar 2. Icom menggunakan *double conversion* pada sistem penerima dengan tujuan untuk menghasilkan selektivitas tinggi.



Gambar 2. Blok diagram modulator DSB-SC menggunakan BM pada sistem radio Icom IC-720.

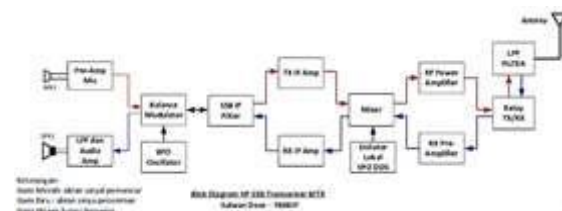
Inovasi yang dilakukan pada sistem radio *transceiver SSB bi-directional* yaitu pada blok *mixer*, filter IF SSB dan modulator/demodulator DSB-SC digunakan baik disaat posisi sebagai pemancar (*transmitter*) maupun di saat sebagai penerima (*reciver*). Itu sebabnya, disebut radio transceiver SSB dua arah (*bi-directional*).

Sistem penerima menggunakan *super-heterodyne* konversi tunggal. Radio dioperasikan pada pita frekuensi 7.000 – 7.200 MHz. Frekuensi tersebut diperuntukkan bagi amatir radio sebagaimana di atur dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2018 [8]. Tujuan pemilihan frekuensi ini adalah agar mahasiswa dapat mendengar langsung percakapan dari para amatir radio

agar mereka memperoleh pengalaman langsung penerapan radio transceiver SSB.

Agar tidak terjadi gangguan pada *band* frekuensi pada stasiun radio lainnya, maka pada saat radio SSB *bi-directional* dalam posisi pancar, antena pancar akan di *switch* pada beban tiruan (*dummy load*) agar pancaran dari radio tidak diradiasikan ke ruang bebas.

Gambar 3, memperlihatkan blok diagram radio transceiver SSB *bi-directional* untuk modul percobaan di laboratorium telekomunikasi. Sistem ini pertama kali dieksperimenten oleh seorang amatir radio India bernama Ashhar Farhan (VU2ESE) tahun 2004. Ide ini kemudian dikembangkan secara bersama-sama oleh amatir radio dari berbagai negara termasuk Indonesia.



Gambar 3. Blok diagram radio transceiver SSB *bi-directional*.

Pada percobaan ini, skema rangkaian merupakan modifikasi dari rangkaian Yoke Kurnia (YB3LVX) dengan mengganti osilator LC dengan osilator DDS (*Direct Digital Synthesizer*) [8]. Pada eksperimen ini, perangkat osilator DDS tidak dibuat lagi tetapi dibeli yang sudah jadi di toko *online* untuk aplikasi radio transceiver SSB.

Haykin [4], mendefinisikan pembangkitan sinyal Double Side Band-Supressed –Carrier sebagai berikut: “*sinyal termodulasi double sideband-suppressed carrier (DSB-SC) adalah perkalian antara sinyal pesan (message signal) m(t) dan gelombang pembawa (carrier wave) c(t)*”.

Jika sinyal pembawa adalah $c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$ dan sinyal pesan $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$, maka sinyal termodulasi DSB-SC dapat dinyatakan dengan,

$$s(t) = c(t)m(t)$$

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \times A_m \cos(2\pi f_m t) \quad (1)$$

Dengan menggunakan identitas cosinus diperoleh

$$s(t) = A_c A_m \frac{1}{2} [\cos 2\pi(f_c - f_m)t + \cos 2\pi(f_c + f_m)t] \quad (2)$$

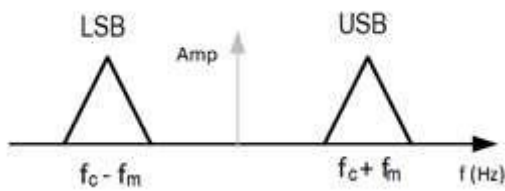
Dari persamaan (2), suku pertama hasil perkalian disebut *lower side-band* (LSB) yang mana secara matematika dinyatakan dengan persamaan,

$$v_{LSB}(t) = A_c A_m \frac{1}{2} \cos 2\pi(f_c - f_m)t \quad (3)$$

dan suku kedua disebut *upper side-band* (USB),

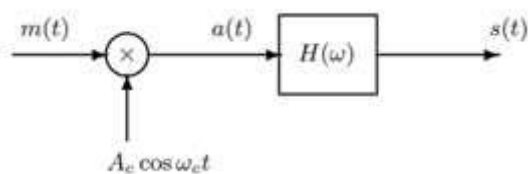
$$v_{USB}(t) = A_c A_m \frac{1}{2} \cos 2\pi(f_c + f_m)t \quad (4)$$

Selisih frekuensi antara LSB dan USB adalah dua kali frekuensi tertinggi dari sinyal pesan atau $2f_m$.



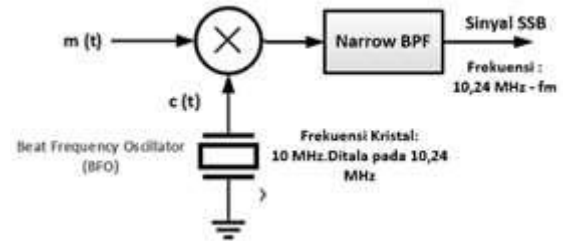
Gambar 4. Spektrum frekuensi DSB-SC.

Untuk menghasilkan sinyal *single sideband* (SSB), dikeluarkan modulator produk ditempatkan sebuah *band pass filter* pita sempit (*narrow band BPF*). Lebar pita frekuensi yang dipersyaratkan untuk sinyal SSB adalah 3 kHz [6]. Blok diagram pembangkitan sinyal SSB melalui modulator produk diperlihatkan seperti pada Gambar 5, berikut.



Gambar 5. Blok diagram pembangkit *single side band*.

Radio transceiver SSB bi-directional yang di rancang bangun saat ini, ditetapkan untuk menghasilkan sinyal LSB saja. Hal ini sesuai ketentuan yang berlaku pada pita frekuensi 7 MHz. Balok diagram pembangkitan sinyal SSB diperlihatkan seperti pada Gambar 6.



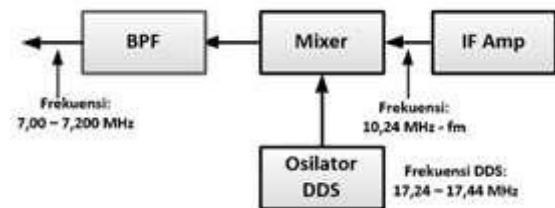
Gambar 6. Blok diagram Product Modulator dengan Narrow BPF untuk membangkitkan sinyal SSB.

Frekuensi BFO menggunakan Kristal osilator dengan frekuensi 1 MHz. Jika f_m adalah frekuensi *message* maka frekuensi SSB di output BPF adalah,

$$f_{SSB} = 10,24 \text{ MHz} - f_m \quad (5)$$

Frekuensi ini disebut sebagai frekuensi antara atau *intermediate-frequency* disingkat IF.

Untuk menggeser frekuensi IF ke frekuensi kerja radio transceiver, maka sinyal IF di jumlahkan dengan frekuensi lokal osilator. Agar frekuensi kerja dapat variable, maka digunakan osilator DDS. Proses penjumlahan frekuensi local osilator dengan frekuensi IF dilakukan di dibagian mixer.



Gambar 7. Blok diagram bagian mixer.

Proses pembangkitan sinyal SSB pada saat radio transceiver bekerja sebagai pemancar sama persis saat bekerja sebagai penerima. Hanya arah proses sinyalnya berlawanan arah. Proses pergantian dari posisi pemancar ke posisi penerima dilakukan menggunakan switch yang dikendalikan dari saklar PTT (*push-to-talk*) di Microphone.

III. METODE PENELITIAN

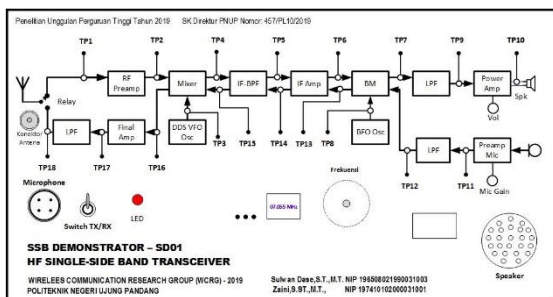
Tahapan penelitian diperlihatkan seperti pada diagram alir Gambar 8.



Gambar 8. Urutan kegiatan pada usulan penelitian.

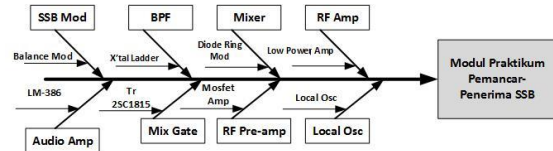
Tahapan penelitian meliputi persiapan dan pengadaan bahan & alat, pengerjaan rangkaian pemancar dan penerima SSB serta osilator DDS. Persiapan meliputi pengadaan bahan & alat dan pendalaman literatur. Pengerjaan rangkaian pemancar dan penerima SSB serta VFO DDS dilakukan dengan menggunakan kit BITX transceiver dengan disertai modifikasi tertentu agar dapat digunakan sebagai modul percobaan

Dalam tahapan pengujian kerja modul pemancar-penerima SSB dilakukan pengukuran setiap blok. Input-output tiap blok diberikan *Test Point* (TP) agar mudah di ukur. Blok dasar sistem pemancar dan penerima radio *transceiver* SSB BITX dan dikembangkan menjadi modul percobaan., sebagaimana terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Blok diagram test point pengukuran.

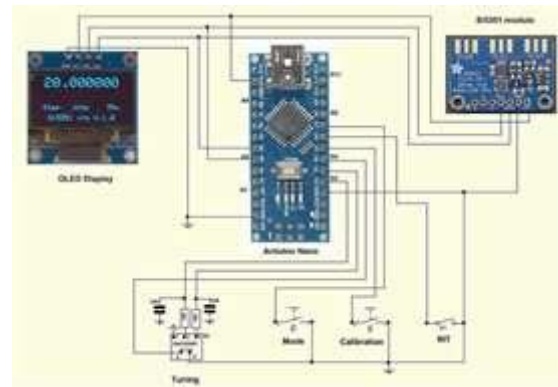
Skenario skema modifikasi radio *transceiver* BITX dikerjakan sesuai dengan diagram Fish Bone pada Gambar 10.



Gambar 10. Fishbone alur penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi dari radio transceiver SSB bi-directional diperlihatkan seperti pada Gambar 11.



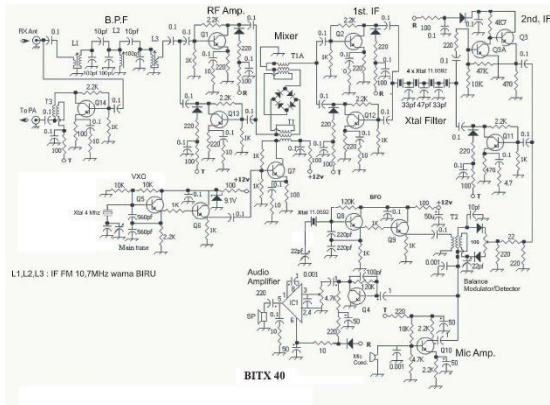
Gambar 11. Sistem Variable Frequency Oscillator DDS menggunakan Si5351.

Kit osilator VFO DDS diperlihatkan pada Gambar 12 berikut. Kit ini dibeli dalam sekadaan sudah jadi sehingga dapat langsung di *setting* untuk digunakan pada radio transceiver SSB bi-directional. Skematik yang digunakan merupakan skema dasar dari produsen chip IC DDS seri Si5351.



Gambar 12. Realisasi VFO DDS menggunakan Si5351 terkendali Arduino.

Untuk skema transceiver, digunakan hasil disain seorang amatir radio asal Surabaya bernama Yoke Kurnia (YB3LVX)[8].



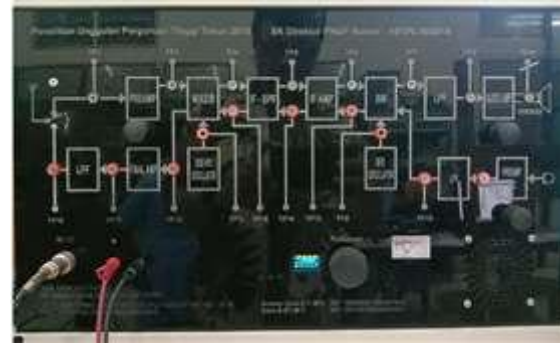
Gambar 13. Skema dasar radio transceiver SSB single conversion bi-directional menurut desain Yoke Kurnia (YB3LVX).

Realisasi dan pabrikan diperlihatkan pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Realisasi radio pemancar-penerima SSB.

Setelah seluruh bagian elektronik dirakit, modul tersebut kemudian di instalasi pada papan panel agar mudah digunakan untuk percobaan. Tampilan panel Radio Rransceiver SSB Bi-directional diperlihatkan seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil akhir modul praktikum SSB.

Dari hasil pengujian, diperoleh spesifikasi radio transceiver SSB bi-directional sebagai berikut:

Transmitter:

1. Daya pancar SSB (A3J):100 mW
2. Mode emisi : A3J (LSB)
3. Keluaran harmonisa lebih dari 40 dB dibawah peak power output
4. Spurious output lebih dari 40 dB dibawah peak power output
5. Microphone 1300 Ohm (electret condenser microphone)
6. Frekuensi step osilator DDS = 1Hz
7. Pembacaan frekuensi 7 digit 1 Hz readout.
8. Stabilitas frekuensi kurang dari 100 Hz setelah 60menit.
9. Tegangan Power supplay: $12 \pm 15\%$ Volt DC.
10. Impedansi antenna: 50 Ohm nominal.

Receiver:

1. Sistem penerima: Superheterodyne single conversion.
2. Mode penerima: A3J (LSB)
3. Frekuensi IF: 10,240 MHz
4. Sensitivitas: kurang dari 0.3 μ V diukur pada 10 dB S+N/N
5. Selektivitas: ± 2 kHz pada - 6 dB.
6. Daya keluaran audio kurang dari 2 watt.
7. Impedansi oudio keluran: 8 ohm (impedansi speaker)

V. KESIMPULAN

Dari serangkaian pengukuran yang dilakukan, dapatlah disimpulkan bahwa:

1. hasil perancangan radio *transceiver SSB bi-directional* memenuhi syarat untuk digunakan sebagai modul percobaan radio transceiver SSB pada laboratorium Sistem Komunikasi Analog.

2. Selektivitas penerimaan dapat ditingkatkan dengan cara menggunakan *double-conversion* pada system penerima.

- [8]. <http://yc3lvy.blogspot.com/2013/01/memasang-dan-membuat-dds-vfo-pada-bitx.html>

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini dibuat berdasarkan hasil penelitian yang didanai oleh DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang Tahun Anggaran 2019. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungannya sehingga seluruh kegiatan penelitian yang melahirkan makalah ini dapat terselenggara dengan baik.

REFERENSI

- [1]. Kennedy, George & Davis, Bernard. 2009. *Electronic Communication Systems*. Fourth edition. Tata McGraw Hill Education Private Limited. ISBN-10:0-07-463682-0.
- [2]. Shimotsu, S *et al.* 2001. *Single Side-Band Modulation Performance of a LiNbO Integrated Modulator Consisting of Four-Phase Modulator Waveguides*. IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 13, NO. 4, APRIL 2001. Publisher: IEEE.
- [3]. Niknamfar, M; Shadaram, M. 2015. *Two Cascaded Mach-Zehnder Modulators Harmonic Distortion Analysis in Single Side-Band Millimeter Wave Generation System*. 2015 17th International Conference on Transparent Optical Network (ICTON). Publisher: IEEE.
- [4]. Haykin, Simon & Moher Michael. 2007. *An Introduction to Analog and Digital Communication*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. ISBN-10:0-471-43222-9.
- [5]. Louis E. Frenzel Jr. 2016. *Principles of Electronic Communication System*. Fourth Edition. McGraw Hill Education ISBN-0-07-337385-0.
- [6]. Instructional Manual HF Allband Transceiver General Coverage Receiver IC-720. Icom Incorporated. Osaka – Japan.
- [7]. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2018 Tentang Kegiatan Amatir Radio dan Komunikasi Radio Antar Penduduk.