

Analisis Kompatibilitas Sederhana Terhadap Kemungkinan Layanan Komunikasi Radio Nelayan Tradisional di Laut Jawa dengan Layanan Komunikasi Radio Lain pada Pita Frekuensi 5,2 MHz

Titon Dutono

titon@pens.ac.id

Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Informasi Artikel

Diterima : 18 Apr 2023

Direview : 27 Apr 2023

Disetujui : 29 Apr 2023

Kata Kunci

lapisan ionosfer,
komunikasi radio,
kompatibilitas, pancaran
ilegal, propagasi HF,
dekode sinyal.

Abstrak

Interferensi pada pita frekuensi sub-10 MHz yang disebabkan oleh pancaran ilegal oleh nelayan tradisional di sepanjang laut Jawa merupakan masalah kronis yang memerlukan penanganan mendasar untuk memitigasinya. Pihak berwenang kesulitan melokalisasi posisi emisi pancaran ilegal karena selalu bergerak di tengah laut. Oleh karena itu, pihak berwenang sedang mempertimbangkan untuk mencari pita frekuensi yang memungkinkan untuk ditetapkan sebagai alokasi frekuensi baru bagi nelayan tradisional, khususnya di wilayah Laut Jawa. Kami menawarkan segmen pita frekuensi 5,2 MHz untuk menjadi alokasi frekuensi baru ini. Untuk tujuan ini, kami melakukan analisis kompatibilitas sederhana dari pita frekuensi ini. Analisis dilakukan dengan menggunakan dua tahap. Tahap pertama dengan mempelajari regulasi telekomunikasi terkini, kemudian dilanjutkan dengan pemantauan selama satu tahun terhadap kondisi pita frekuensi tersebut. Pemantauan dilakukan pada periode aktifitas matahari minimum dengan memanfaatkan sistem WSPR yang hasilnya akan dibandingkan dengan hasil prediksi dari program aplikasi VOACAP. Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pita 5,2 MHz dapat digunakan oleh masyarakat nelayan tradisional di wilayah Laut Jawa. Oleh karena itu, regulator telekomunikasi dapat mempertimbangkan untuk menetapkan alokasi khusus bagi nelayan lokal di Laut Jawa untuk memanfaatkan pita frekuensi ini.

Keywords

*ionosphere layers, radio
communication,
compatibility, illegal
emission, HF propagation*

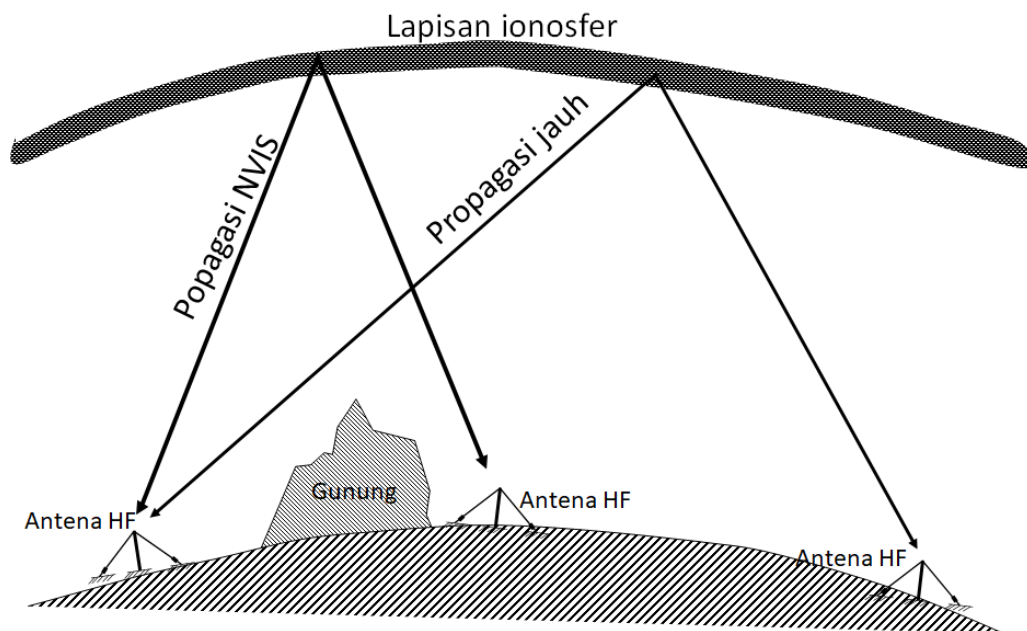
Abstract

Interference problems in the sub-10 MHz band caused by improper emission by traditional fishermen along the Java Sea are a chronic bad habit that needs fundamental treatment for mitigation. Law enforcement has difficulty localized the improper emission positions because they are always mobile in the middle of the sea. Therefore, the administration is considering finding a possible band to be appointed as a new frequency allocation for traditional fishermen, especially in the Java Sea area. We offer a segment of 5.2 MHz band to be the new frequency allocation. For this purpose, we carry out a simple compatibility analysis of this frequency band. The analysis is carried out using two stages. The first stage is by studying the latest telecommunication regulations, then followed by monitoring for one year the condition of this frequency band. Monitoring is carried out during the minimum sunspots number by utilizing the WSPR system, the results of which will be compared with the predicted results from the VOACAP software. The results of the analysis can be concluded that the 5.2 MHz band can be used by traditional fishing communities in the Java Sea area. The regulator may consider determining a special allocation for local fishermen in the Java Sea to utilize this frequency band.

A. Pendahuluan

Frekuensi dapat dikatakan sebagai sumber daya terbatas yang pemanfaatannya harus diatur dengan regulasi yang ketat. Layanan komunikasi radio (KR) dalam beroperasi harus berdampingan dengan KR lain yang tentu saja dapat berpotensi saling mengganggu satu sama lain.

Pita frekuensi HF (High Frequency) mempunyai rentang frekuensi antara 3 MHz hingga 30 MHz. Pancaran gelombang radio pada frekuensi ini dalam kondisi tertentu dapat dipantulkan kembali ke bumi oleh salah satu lapisan atmosfer yang disebut lapisan ionosfer yang mempunyai ketinggian lapisan antara 60 km hingga 300 km. Ketinggian lapisan ionosfer sangat dinamis dipengaruhi oleh iklim ruang angkasa. Karena mempunyai sifat seperti inilah maka gelombang radio pada pita frekuensi HF sering juga digunakan untuk komunikasi jarak jauh melewati batas cakrawala (lengkung bumi) maupun komunikasi jarak dekat yang terhalang kontur bumi seperti gunung-gunung. Ilustrasi moda propagasi gelombang radio HF dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi moda propagasi gelombang HF yang terdiri dari propagasi NVIS dan propagasi jarak jauh.

Moda komunikasi jarak dekat lazim disebut sebagai moda NVIS (Near Vertical Incident Skywave) yang hanya dapat dilaksanakan dengan memanfaatkan frekuensi HF dibawah 10 MHz. Moda NVIS inilah yang sering dipakai para nelayan laut Jawa, namun disayangkan bahwa mereka memakai frekuensi HF tanpa disertai ijin penggunaan frekuensi yang sah dari Pemerintah. Mereka menggunakan frekuensi sesuka hati, padahal alokasi frekuensi sudah diatur secara internasional dalam wadah ITU (*International Telecommunication Union*). Contoh pancaran ilegal yang sering termonitor oleh stasiun monitoring frekuensi adalah pada beberapa alokasi frekuensi penerbangan, diantaranya adalah 6525 – 6725 kHz, 8815 – 9040 kHz, 10005 – 10100 kHz dan 11175 – 11400 kHz [1][2].

Permasalahan pancaran ilegal yang berasal dari laut Jawa sudah bersifat kronis menahun. Penindakan sulit dilaksanakan karena para nelayan yang memancarkan gelombang radio ilegal ini berada ditengah laut dan selalu bergerak, sehingga pihak berwenang mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi lokasi untuk melaksanakan penindakan.

Upaya mendasar yang akan dilakukan oleh otoritas frekuensi di Indonesia adalah secara persuasif menganjurkan kepada para nelayan tradisional di laut Jawa untuk hanya memakai pita frekuensi yang ditetapkan yang aloksinya sudah diteliti kompatibilitasnya terhadap layanan KR yang lain. Arti dari kompatibilitas pancaran gelombang radio adalah bahwa suatu layanan KR yang emisinya tidak mengganggu maupun tidak terganggu oleh emisi layanan KR yang lain.

Gelombang radio HF sebagai gelombang langit (*sky-wave*) mempunyai kelebihan mampu merambat hingga jauh karena adanya proses memantulan gelombang oleh lapisan ionosfer. Namun dibalik keunggulan tersebut, terdapat kelemahan yakni kemungkinan terpapar interferensi maupun nois dari tempat yang jauh dan akan mempengaruhi kualitas taut komunikasi yang disyaratkan oleh standar rekomendasi ITU-R (*International Telecommunication Union - Radio*). Dengan demikian maka derajat kegunaan gelombang langit pada komunikasi radio HF tergantung pada kondisi propagasi gelombang radio maupun ketiadaan nois dan interferensi. Atau dengan kata lain hal ini dapat dikatakan merupakan derajat kesehatan kanal KR, yang dievaluasi dengan memanfaatkan sistem WSPR (*Weak Signal Propagation Reports*) [3], dan sebagai bahan perbandingan hasil pengukuran, kami memanfaatkan paket program VOACAP. WSPR adalah program open-source atau perangkat lunak sumber terbuka [4], sedangkan VOACAP adalah *freeware* atau perangkat lunak gratis [5].

Artikel ini akan membahas dan mengevaluasi kompatibilitas kemungkinan layanan KR nelayan tradisional laut Jawa dengan layanan KR lain yang beroperasi pada pita frekuensi 5,2 MHz. Penelitian dan evaluasi seperti ini sudah pernah dilaksanakan oleh Walden [6] dan ITU-R [7], namun hanya dilaksanakan pada daerah sub-tropis (middle latitude), atau dalam skala lintang adalah antara 23°26'22" LU hingga 66°33'39" LU, dan -23°26'22" LS hingga -66°33'39" LS.

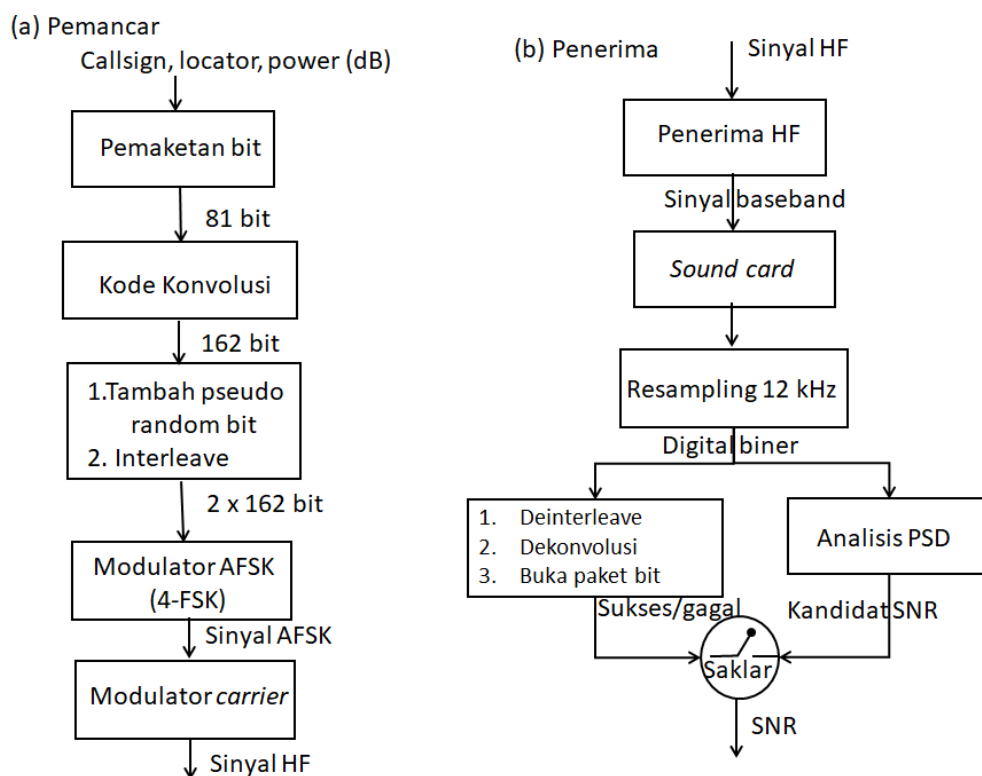
B. Metode Penelitian

Penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit harus berdasarkan izin dari Pemerintah. Selanjutnya, penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit harus sesuai peruntukannya dan tidak saling mengganggu [2][7]. Lisensi diberikan kepada operator stasiun radio atas dasar permohonan serta kesesuaian dengan perencanaan frekuensi yang komprehensif oleh pihak regulator manajemen penataan frekuensi. Studi pemanfaatan pita sub-10MHz berdasarkan pemeriksaan ISR sudah pernah dilaksanakan [3]. Dari hasil pemeriksaan ISR dapat disimpulkan bahwa jumlah ISR pita frekuensi sub-10MHz terus menurun dari tahun ke tahun. Ditengarai para pemilik ISR sub-10MHz sudah tidak memperpanjang lisensinya karena sudah memakai sistem komunikasi modern yang ada.

Rasional Pemanfaatan Pita Frekuensi 5,2 MHz

Berdasarkan tabel alokasi spektrum frekuensi Indonesia (TASFRI-2009) diketahui bahwa pada pita frekuensi 5,2 MHz terdapat dua layanan komunikasi radio yakni KR dinas tetap, KR dinas bergerak [9].

Atas usulan komunitas amatir radio dunia maka pada World Radio Conference 2012 (WRC-2012) dicantumkanlah resolusi No.649 yang berisi usulan memasukkan alokasi KR dinas amatir radio pada sebagian segmen pita 5,2 MHz meskipun dalam status sekunder [10]. Maksud dan tujuan usulan tersebut adalah untuk menjembatani dua alokasi dinas amatir radio yang sudah ada yakni antara alokasi 3,5 MHz dan 7,0 MHz. Hal ini disebabkan seringnya kondisi KR dibawah standar kualitas akibat kondisi ionosfer yang tidak mendukung untuk pita 3,5 MHz maupun 7,0 MHz, namun justru sangat baik pada pita frekuensi tengahnya yakni pita 5,2 MHz, dan hal ini akan banyak membantu pada saat kondisi kritikal penanggulangan bencana.



Gambar 2. (a) Diagram blok proses pemancaran sinyal WSPR; (b) Diagram blok proses penerimaan sinyal WSPR

WRC-2015 akhirnya menyetujui pemakaian segmen kecil pada pita 5,2 MHz untuk alokasi KR amatir meskipun dengan status sekunder dimana makna dari sekunder adalah bahwa KR ini tidak mendapatkan proteksi dari regulasi, sedangkan jika ada KR lain dengan status primer menempati frekuensi yang sama, maka pemilik status sekunder harus turun mengalah. Hasil sidang WRC-2015 ini akhirnya diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia dengan menerbitkan TASFRI-2018 [11]. Dengan demikian sejak 2018 layanan KR pada pita 5,2 MHz bertambah satu

yakni layanan KR amatir dengan status sekunder.

Semua layanan KR pada saat beroperasi harus mempunyai ISR (Ijin Stasiun Radio) yang diterbitkan oleh Pemerintah. Berbeda dengan layanan KR amatir, dimana ISR melekat pada operatornya. Dengan dimasukkannya alokasi layanan KR amatir pada pita 5,2 MHz, maka keuntungan yang diperoleh oleh para peneliti di perguruan tinggi adalah bahwa pita alokasi KR amatir tersebut dengan leluasa dapat di eksploitasi oleh para dosen dan peneliti asalkan memiliki *callsign* amatir radio. Selain daripada itu Pemerintah akan lebih mudah memberikan hak pakai frekuensi melalui pemberian *callsign* kepada para nelayan laut Jawa dari pada memberikan ISR untuk setiap stasiun radio yang berujung pada pemborosan pemakaian frekuensi.

Pengukuran Kualitas Taut Komunikasi Radio

Kualitas taut komunikasi radio HF sangat tergantung dari tiga fitur penting yakni, kondisi propagasi gelombang langit, ketiadaan *noise* dan ketiadaan interferensi. Mengukur kualitas taut komunikasi umumnya dilakukan dengan memanfaatkan field-strength-meter atau disebut juga S-meter yang merupakan alat ukur kuat medan listrik dari suatu gelombang elektromagnetik (gelombang radio).

Dapat dikatakan bahwa S-meter dengan kualitas hasil pengukuran akurat adalah merupakan sistem penerima radio high-end dengan harga yang sangat mahal. Beberapa studi lapangan oleh para amatir radio menyatakan bahwa S-meter untuk sistem penerima radio biasa, mempunyai kinerja pengukuran yang kurang baik, khususnya untuk mengukur sinyal kecil atau sinyal yang terkubur oleh noise.

Dewasa ini telah diperkenalkan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Amerika Serikat bernama Joe Taylor dengan *Callsign* amatir radio K1JT, suatu aplikasi sistem pengukuran sinyal kecil, yang diberi nama WSPR (*Weak Signal Propagation Reporter*). Sistem ini hanya memerlukan radio penerima dengan kualitas biasa (*low-end*), yang disambungkan dengan suatu lap-top atau komputer pribadi dengan kualitas biasa.

Pemanfaatan WSPR untuk mengukur SNR gelombang radio sangat cocok untuk mengukur kualitas taut komunikasi radio karena proses pengukuran SNR oleh WSPR dibarengi dengan proses decode data digital yang bermuatan data yang dikirimkan oleh sistem pemancar WSPR. Nilai SNR hanya muncul jika proses decode sinyal berakhir sukses. Jika decode gagal maka dikatakan bahwa keberadaan noise maupun interferensi mempunyai level besar. Hal ini juga mempunyai arti bahwa level kompatibilitas layanan komunikasi radio pada frekuensi atau pita frekuensi tersebut adalah rendah.

Proses pemancaran sinyal pada sistem WSPR dapat dilihat pada Gambar 2(a). Informasi yang disertakan untuk dipancarkan terdiri dari informasi *callsign*-pengirim, informasi posisi pengirim (*locator*) dalam format maidenhead [12], serta power pemancar dalam format unit dBm.

Dibawah ini akan dibahas secara sederhana kode konvolusi yang dipakai oleh protokol WSPR. Mari kita sebentar mengingat kembali dasar-dasar pembangkitan kode konvolusi (N,k,v) ,

dimana:

- N : panjang bit simbol
- k : panjang bit informasi
- v : panjang tunda konvolusi

Kita lihat N bit codewords

$$c_t = \{c_t^{(1)}, c_t^{(2)}, \dots, c_t^{(n)}, \dots, c_t^{(N)}\} \tag{1}$$

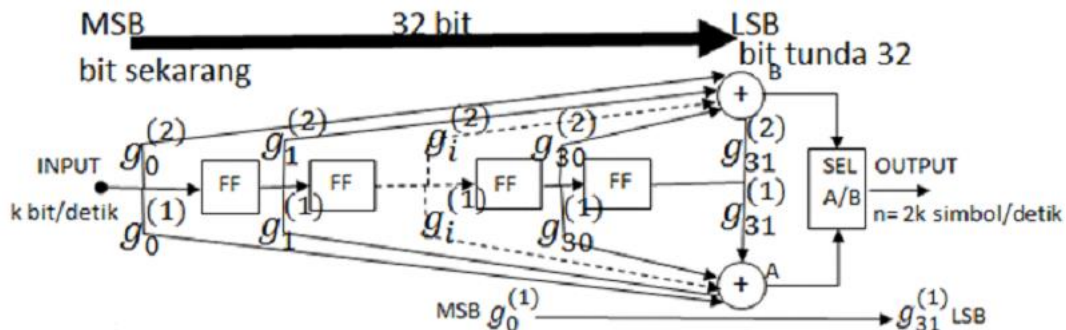
Selanjutnya,

$$c_t^{(n)} = \sum_{i=0}^{v-1} g_i^{(j)} \cdot m_{t-i} \tag{2}$$

Dimana:

- $c_t^{(n)}$ adalah bit kode ke n pada saat waktu t,
- N adalah panjang bit kode,
- $g_i^j \in \{0,1\}$ adalah kode generator konvolusi, dengan kata lain g_i^j adalah saklar penghubung antara bit tunda dengan elemen penjumlah,
- t adalah urutan bit informasi.
- i adalah waktu tunda terhadap waktu saat ini t.
- m adalah bit informasi

Protokol konvolusi WSPR mempunyai struktur (2,1, 32) yang artinya bahwa panjang bit simbol adalah 2, panjang bit kode adalah 1, dan panjang tunda adalah 32, seperti pada ilustrasi Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Pengkodean Konvolusi yang dipakai oleh sistem WSPR.

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa kode generator

$$g_i^{(1)} = (F2D05351)_{16} = (1111\ 0010\ 1101\ 0000\ \dots)_2 \tag{3}$$

sedangkan,

$$g_i^{(2)} = (E4613C47)_{16} = (1110\ 0100\ 0110\ 0001\ \dots)_2 \tag{4}$$

dimana,

$g_i^{(1)}$ adalah saklar penghubung bit tertunda ke i dengan elemen penjumlah (Exclusive-OR) generator pariti A,

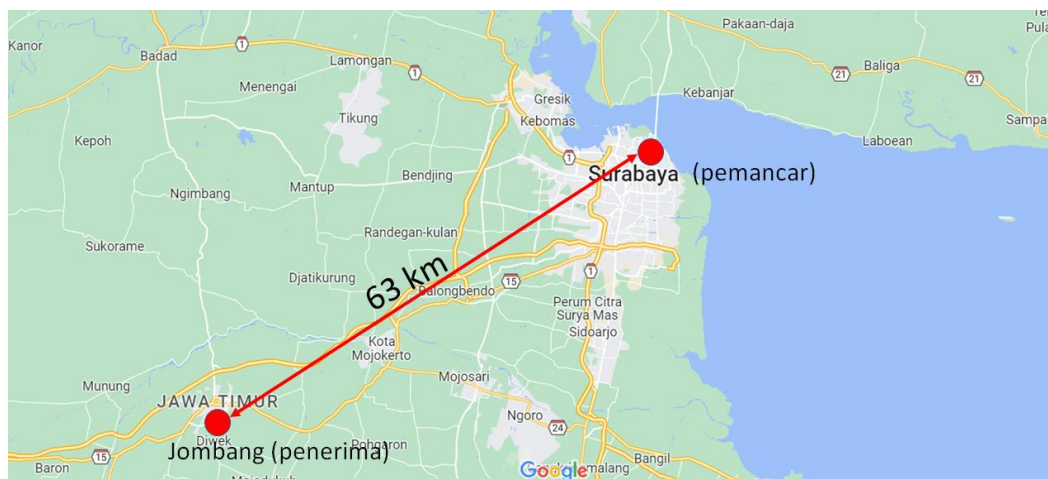
sedangkan,

$g_i^{(2)}$ adalah saklar penghubung bit tertunda ke i dengan elemen penjumlahan (Exclusive-OR) generator pariti B.

Diketahui bahwa kode konvolusi sangat superior sebagai kode koreksi eror untuk bit tunggal, namun kinerjanya kurang baik untuk koreksi bit eror yang berdampingan. Oleh sebab itu aplikasi kode konvolusi untuk koreksi eror akan selalu didahului dengan algoritma pengacak (*interleave/deinterleave*) yang dimaksudkan untuk menjauhkan bit-bit yang bertetangga terlebih dahulu sebelum dipancarkan. Proses dekonvolusi dalam sistem penerima WSPR memanfaatkan algoritma Fano. Oleh perancang WSPR dikatakan bahwa algoritma Fano merupakan proses sekuensial yang tidak mempunyai waktu pemrosesan yang konstan, namun baik untuk kode konvolusi dengan nilai tunda besar (mendekati 50).

Waktu pemrosesan algoritma Fano sangat bergantung pada nilai SNR dari sinyal yang sedang diproses. Semakin kecil nilai SNR maka waktu pemrosesan akan semakin lama. Algoritma Fano banyak dipakai untuk pengiriman data bukan waktu nyata lewat kanal komunikasi yang sangat bernois misalnya pengiriman data dari stasiun ruang angkasa jauh (*deep space*) seperti misalnya wahana Voyager. Posisi pemrosesan pengkodean konvolusi/dekonvolusi maupun proses acak data *interleave/deinterleave* dapat dilihat pada Gambar 2(a) dan 2(b).

Pengaturan Pengukuran SNR



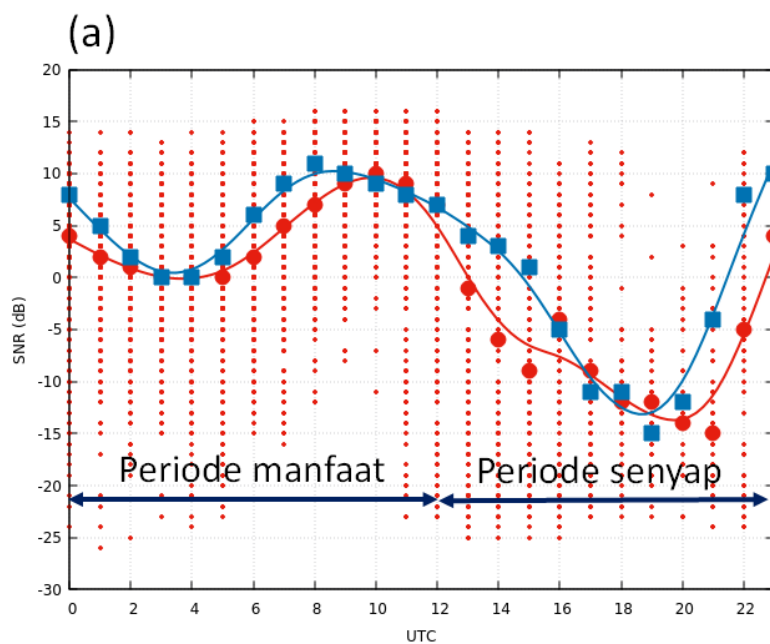
Gambar 4. Posisi pemancar dan penerima saat dilaksanakan proses pengukuran

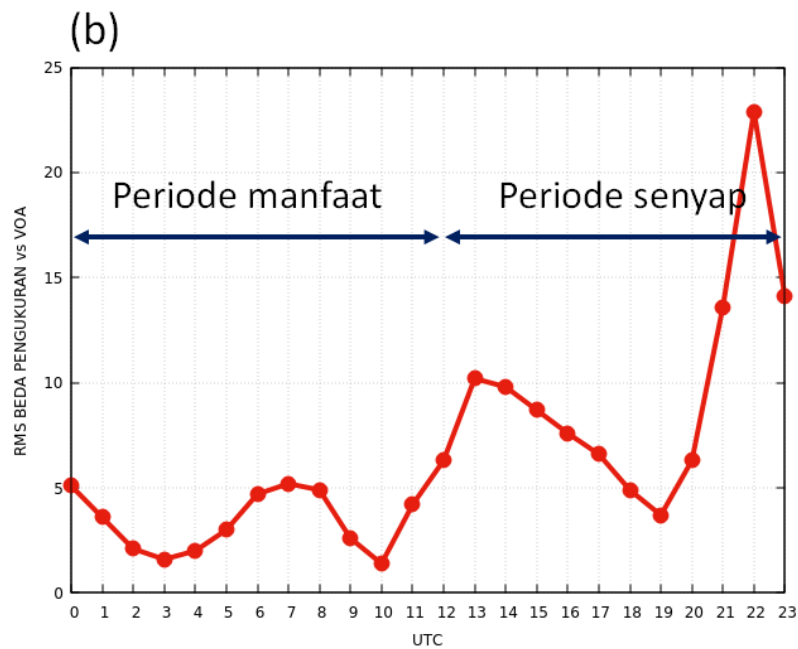
Titik pengukuran terletak di dua kota, yaitu Kota Jombang pada koordinat 7.61°LS , 112.31°BT sebagai titik penerimaan. Selanjutnya, titik pemancar terletak di Kota Surabaya pada koordinat 7.30°LS , 112.78°BT dan terletak 63 Km dari titik penerimaan. Gambar 4 menunjukkan peta titik pengukuran. Daya pemancar radio disetel sebesar 10 watt, dengan antenna dipole. Antena ditarik ke bawah pada kedua ujungnya menjadi tipe Inverted-V antenna, untuk menaikkan sudut elevasi

transmisi. Frekuensi kerja ditentukan sebesar 5,2872 MHz. Periode pengukuran dilaksanakan mulai Nopember 2018 sampai dengan Oktober 2019. Diketahui bahwa jumlah *sunspot* pada periode itu adalah minimum dalam periode 10 tahunan. Periode dimana jumlah *sunspot* minimum adalah saat di mana sistem komunikasi radio yang memakai frekuensi HF tidak mampu mendapatkan kinerja taut komunikasi yang optimal.

Pelaksanaan Pengukuran

Hasil pengukuran selama periode 1 tahun dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam periode 1 jam pengukuran akan didapat maksimum 30 hasil pengukuran. Namun demikian karena fluktuasi kondisi sesaat ionosfer, kondisi interferensi lokal, maupun level *noise* lokal yang sangat dinamis, maka didapat hasil pengukuran kurang dari 30. Selanjutnya setiap periode 1 jam diwakili oleh nilai mediannya yang kemudian selalu dibandingkan dengan nilai median hasil simulasi VOACAP.





Gambar 5. (a) Salah satu grafik hasil pengukuran periode 1 bulan (bulan September 2019); (b) Grafik nilai RMS perbedaan pengukuran dan simulasi VOACAP

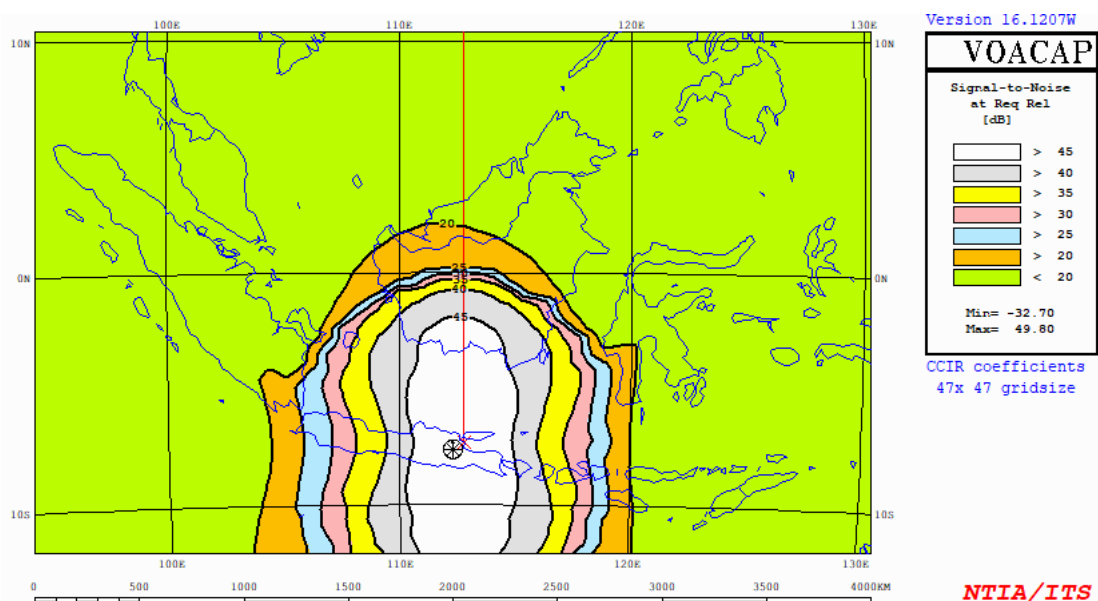
Selanjutnya analisis kemanfaatan pita frekuensi 5,2 MHz ini akan dapat dilihat dari hasil pengukuran SNR. Pada percobaan ini telah dipergunakan power output sebesar 10 watt. Kami akan menganalisis persyaratan SNR taut komunikasi berdasarkan rekomendasi ITU-R nomor F.339-8 [13]. Analisis dilaksanakan berdasarkan asumsi bahwa secara umum power transceiver HF yang dipakai dalam sistem komunikasi radio 2 arah adalah 100 watt, sehingga perbandingan hasil pengukuran SNR terhadap persyaratan SNR oleh rekomendasi ITU-R nomor F.339, dilaksanakan setelah data hasil pengukuran ditambah 10 dB.

Nilai SNR hasil simulasi VOACAP bukan merupakan nilai absolut, namun merupakan nilai median hasil pengukuran tahun-tahun yang lalu pada lebih dari 130 lokasi pengukuran yang tersebar didunia [5]. Selanjutnya dengan rumus-rumus pemetaan yang ada didalam aplikasi VOACAP ini, kami dapat memakai nilai median SNR untuk wilayah pengukuran kita. Untuk memferivikasi seberapa besar nilai perbedaan hasil pengukuran dan hasil simulasi, kami juga menghitung nilai RMS dari perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi.

Pengukuran SNR telah dilaksanakan dalam periode 12 bulan pada tahun 2019. Secara intuitif dapat dikatakan bahwa semua pengukuran selama 12 bulan mempunyai hasil yang mirip. Pada makalah ini ditunjukkan hasil pengukuran SNR pada bulan September 2019 seperti pada Gambar 5(a). Berdasarkan standar ITU-R nomor F.339, tertulis bahwa standar minimum untuk moda komunikasi SSB dengan lebar kanal 3000 Hz diperlukan SNR paling tidak sebesar 6 dB. Gambar 5(a) adalah grafik hasil pengukuran maupun simulasi untuk power pemancar sebesar 10 watt. Dengan demikian jika power pemancar diset sebesar 100 watt, maka pada pk. 00 UTC (pk. 07 WIB) SNR didapat sebesar 14 dB. Demikian seterusnya hingga pk. 12 UTC (pk.19 WIB) SNR yang didapat 16 dB yang berarti

masih memenuhi syarat untuk taut komunikasi yang handal. Namun demikian setelah pk 12 UTC, SNR yang didapat mengalami degradasi hingga dianggap tidak cukup untuk mendukung taut komunikasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa periode pk. 00 UTC (07 WIB) hingga pk. 12 UTC (pk. 19 WIB) adalah merupakan periode-manfaat, sedangkan periode sisanya adalah merupakan periode-senyap yang disebabkan kondisi ionosfer tidak mendukung taut komunikasi NVIS.

Pengukuran dilaksanakan selama 12 bulan, sehingga didapat data hasil pengukuran bulanan sebanyak 12 data sesuai jumlah bulan pengukuran. Untuk menunjukkan bahwa 12 data bulanan mempunyai hasil yang mirip, maka kami menghitung RMS beda antara data hasil pengukuran dengan simulasi VOACAP. Tampak pada Gambar 5(b) bahwa selama periode-manfaat, RMS maksimumnya adalah 6 dB. Nilai RMS cenderung bertambah besar pada periode-senyap (pk. 12 UTC hingga pk. 00 UTC). Hal ini disebabkan semakin kecil sinyal yang sampai pada antenna penerima, maka semakin sedikit jumlah sinyal yang berhasil dideteksi dengan akurasi yang memadai.



Gambar 6. Prediksi jangkauan sinyal radio jika dipakai power pemancar 100 watt dengan jenis antena dipole inverted-V

C. Hasil dan Pembahasan

Pada sub-bab pelaksanaan pengukuran telah dibahas bahwa berdasarkan hasil pengukuran selama periode 1 tahun dapat diambil kesimpulan bahwa pita frekuensi 5,2 MHz berdasarkan standar ITU-R nomor F.339-8 dapat dimanfaatkan

untuk taut komunikasi moda SSB dengan lebar kanal 3000 Hz pada siang hari antara pk. 07 WIB hingga pk. 19 WIB.

Selanjutnya kami melaksanakan uji simulasi wilayah jangkauan sinyal radio dengan parameter seperti pada pengukuran SNR pada studi ini. Uji simulasi ini dilaksanakan dengan memanfaatkan salah satu fitur aplikasi VOACAP yakni VOAREA. Aplikasi ini mampu memprediksi area jangkauan sinyal radio berdasarkan beberapa asumsi parameter propagasi yakni: posisi pemancar, frekuensi kerja, jenis antena, power pemancar, power noise, redaman ruang dan kondisi ionosfer. Gambar 6 menunjukkan hasil prediksi area jangkauan sinyal radio dimana posisi pemancar diletakkan di kota Surabaya.

Berdasarkan rekomendasi ITU-R nomor F.339-8, disebutkan bahwa SNR yang diperlukan untuk taut komunikasi SSB dengan lebar kanal 3000 Hz adalah sebesar 6 dB. Perlu diketahui bahwa nilai SNR yang tercantum dalam simulasi VOACAP dan VOAREA adalah nilai SNR dengan parameter lebar pita sebesar 1 Hz, maka dalam mengamati nilai SNR pada simulasi VOAREA diperlukan faktor pengurang sebesar 35 dB yang didapat dari perhitungan $10 \times \log(\text{lebar kanal})$.

Telah diketahui dari hasil pengukuran SNR bahwa sepanjang periode-manfaat nilai SNR setelah ditambah 10 dB maka didapat nilai SNR minimum sekitar 10 dB. Hal ini mempunyai arti bahwa selama periode-manfaat kanal ionosfer ini handal untuk mendukung sistem komunikasi telephoni moda SSB. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa area putih mempunyai prediksi SNR lebih dari 10 dB. Demikian juga area abu-abu masih mempunyai SNR lebih 5 dB. Jika dipasang pemancar pada posisi Surabaya dan Jakarta, maka diprediksi dengan memanfaatkan frekuensi kerja pada pita 5,2 MHz akan mencakup area pancaran seluruh wilayah laut Jawa.

D. Simpulan

Hingga saat ini gangguan interferensi gelombang radio pada spektrum frekuensi sub-10 MHz alokasi frekuensi penerbangan masih terus berlangsung. Gangguan interferensi berasal dari radio komunikasi yang dipakai oleh para nelayan laut Jawa yang memakai frekuensi dengan cara yang tidak benar.

Hasil analisis keberadaan ISR untuk pita frekuensi sub-10MHz menunjukkan bahwa jumlah ISR dari tahun ke tahun menurun drastis. Hal ini disebabkan banyak diantara pemegang ISR frekuensi sub-10MHz yang tidak memperpanjang ISR-nya karena sudah memanfaatkan sistem komunikasi seluler untuk berkomunikasi jarak jauh.

Untuk memverifikasi kemungkinan pemanfaatan pita frekuensi 5,2 MHz telah dilakukan pengukuran SNR selama periode 1 tahun pada tahun 2019 dimana pada tahun itu diketahui merupakan tahun dengan jumlah *sunspot* minimum. Hasil pengukuran SNR menunjukkan bahwa pada pita frekuensi 5,2 MHz tidak ada gangguan interferensi lokal. Lebih dari pada itu meskipun tahun pengukuran dilaksanakan pada tahun 2019 yang merupakan tahun dengan jumlah *sunspot* minimum, namun hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi ionosfer antara pk.07 WIB sampai dengan pk.19 WIB masih mendukung taut komunikasi moda SSB.

Saat ini hasil studi ini sedang menjadi pertimbangan penataan frekuensi pada

pita HF oleh Kementerian KOMINFO guna memberikan alokasi khusus kepada nelayan pesisir laut Jawa. Dengan mengalokasikan beberapa kanal pada pita frekuensi 5,2 MHz untuk keperluan komunikasi nelayan tradisional pesisir laut Jawa, maka diharapkan dapat memitigasi interferensi alokasi frekuensi penerbangan pada pita frekuensi sub-10 MHz.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar besarnya kepada dua mahasiswa Zulmi Zakariyah dan Bustamir Arief atas segala upaya dan bantuannya dalam proses pengambilan data selama satu tahun pada 2019.

F. Referensi

- [1] T. Dutono, "Harmful Interference Mitigation in Sub-10 MHz Aeronautical Allocation Band", *In Proceeding of International Electronics Symposium 2021 (IES)*, Surabaya, pp. 1 – 4, 2021.
- [2] ITU-R, Radio Regulation (RR), Article 5, Frequency Allocations. 2015.
- [3] T. Dutono, Z. Zakariyah, T. Santoso, D. Setiawan, "A Simplified Sounding System for Finding NVIS Channel Availability to Support Government Radio Networks in Indonesia", *EMITTER International Journal of Engineering Technology* Vol. 7, No. 1, June 2019.
- [4] J.H. Taylor, "Weak Signal Propagation Reporter", <http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/wspr.html>, 2014, retrieved 27 January 2021.
- [5] G. Lane, "Signal-to Noise Prediction Using VOACAP", User's Guide: <http://www.voacap.com>, 2001, retrieved 17 Juni 2017.
- [6] M.C. Walden, "Comparison of propagation prediction and measurements for midlatitude HF near-vertical incidence sky wave links at 5 MHz", *RADIO SCIENCE*, Vol. 47 RSOL09, DOI:10.1029/2011RS004914, 2012.
- [7] ITU-R, Report ITU-R M.2335-0, "Sharing and compatibility analysis of possible amateur service stations with fixed, land mobile, and radiolocation services in the frequency band 5250 – 5450 kHz and the aeronautical mobile service in an adjacent band", 2014.
- [8] UU Telekomunikasi No.36, pasal 33, 1999.
- [9] Peraturan Menteri KOMINFO No.29, Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia, 2009.
- [10] ITU-R, Final Acts WRC-12, WORLD RADIOCOMMUNICATION CONFERENCE, 2012.
- [11] Peraturan Menteri KOMINFO No.13, 2018, Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia, 2018.
- [12] IARU, Maidenhead Locator System, https://en.wikipedia.org/wiki/Maidenhead_Locator_System , retrieved 1 Maret 2023.

- [13] ITU-R, Recommendation ITU-R F.339-8, "Bandwidth, signal-to-noise ratios and fading allowances in HF fixed and land mobile radio communication systems", 2013.