

FENOMENA SPORADIC E FREKUENSI 5.2 MHZ PADA KONDISI SOLAR MINIMUM

Zulmi Zakariyah, Titon Dutono, Tri Budi Santoso, Bustamir Arif
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS Jl. Raya ITS Sukolilo, Surabaya, 60111
e-mail: zulmi.armi@gmail.com, titon@pens.ac.id, tribudi@pens.ac.id,
bustamir.arif@gmail.com

Abstract

High Frequency (HF) Communication is very dependent on the condition of the ionosphere which changes conditions over time. 2019 is a year with minimum solar conditions marked by a lack of solar cold spots. This condition can cause interference with the propagation path of radio waves in the ionosphere. In this research, a report on HF wave propagation observations is presented using a retrospective method to determine the sporadic E intensity at minimum solar conditions. Data retrieval is done by beacon / sounding system between radio stations by using a low power signal processing software that is Weak Signal Propagation Report (WSPR). Observations were made by building 2 radio stations in Surabaya (7.30S, 112.78E) as transmitter and radio stations in Jombang (7.61S, 112.31E) as receiver. Observations were carried out for one year from November 2018 until October 2019. During the observation process, a frequency of 5.2 MHz is used and the results showed that there were several days that described a favorable phenomenon for HF communication at close range (below 500 km), namely Sporadic E. During the observation it was obtained 8 times the Sporadic E phenomenon that is quite long with a time span of occurrence between 1 hour to 3 hours. Overall observations show that in May to August is the time when most Sporadic E phenomena occur. So from this research, it can be concluded that the sporadic E phenomenon can still occur when the sun enters the minimum solar conditions.

Keywords: HF, Solar Minimum, Ionospher, Sporadic E

Abstrak

Komunikasi High Frequency (HF) sangat bergantung pada kondisi ionosfer yang mengalami perubahan kondisi dari waktu ke waktu. Tahun 2019 merupakan tahun dengan kondisi solar minimum yang ditandai dengan minimnya nilai titik dingin matahari. Kondisi ini dapat mengakibatkan gangguan pada jalur propagasi gelombang radio di lapisan ionosfer. Pada penelitian ini, disajikan laporan pengamatan propagasi gelombang HF menggunakan metode retrospektif untuk mengetahui intensitas sporadic E saat kondisi solar minimum. Pengambilan data dilakukan dengan sistem beacon / sounding antar stasiun radio dengan memanfaatkan software pengolahan sinyal daya rendah yaitu Weak Signal Propagation Report (WSPR). Pengamatan dilakukan dengan membangun 2 stasiun radio yang berada di Surabaya (7.30S, 112.78E) sebagai pemancar dan stasiun radio di Jombang (7.61S, 112.31E) sebagai penerima. Pengamatan dilakukan selama satu tahun dari bulan November 2018 sampai dengan bulan Oktober 2019. Pada proses pengamatan digunakan frekuensi 5.2 MHz dan hasilnya menunjukkan terdapat beberapa hari yang menggambarkan

fenomena menguntungkan untuk komunikasi HF jarak dekat (dibawah 500 km) yaitu Sporadic E. Selama pengamatan telah didapatkan 8 kali fenomena Sporadic E yang cukup lama dengan rentang waktu kejadian antara 1 jam hingga 3 jam. Secara keseluruhan hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada bulan Mei hingga bulan Agustus merupakan waktu paling banyak terjadinya fenomena Sporadic E. Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fenomena sporadic E masih bisa terjadi ketika matahari memasuki kondisi solar minimum.

Kata kunci: HF, Solar Minimum, Ionosfer, Sporadic E

1. PENDAHULUAN

Komunikasi seluler merupakan sistem komunikasi yang paling banyak digunakan untuk saat ini. Selain terjangkau, infrastruktur sistem komunikasi seluler juga mengalami perkembangan yang sangat cepat. Tetapi masih banyak daerah pedesaan dengan kondisi geografis tertutup gunung yang masih sulit mendapatkan layanan komunikasi seluler. Dengan kondisi geografis pegunungan, terdapat beberapa ancaman bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor dan banjir. Dengan kondisi seperti itu maka dibutuhkan sistem komunikasi alternatif yang dapat menggantikan komunikasi seluler seperti jaringan komunikasi satelit dan komunikasi *High Frequency* (HF).

Pita HF merupakan pita gelombang radio yang mempunyai rentang frekuensi dari 3 MHz hingga 30 MHz. Salah satu kehandalan dari sistem HF adalah dapat menggunakan lapisan ionosfer sebagai perantara[1]. Lapisan ionosfer akan membelokkan sedikit demi sedikit frekuensi HF yang dipancarkan sampai akhirnya kembali ke bumi. Karena cara kerjanya seperti pemantulan gelombang, maka proses tersebut mempunyai istilah refleksi terhadap gelombang HF. Dengan perilaku sistem seperti itu maka komunikasi HF lebih kuat menghadapi kondisi bencana. Oleh karena itu komunikasi HF dapat menjadi alternatif sistem komunikasi selain komunikasi satelit [2]. Selain itu, untuk membangun sistem juga mudah dan biaya operasionalnya, sehingga komunikasi HF dapat digunakan dengan syarat sudah mempunyai izin penggunaan frekuensi radio.

Komunikasi HF mempunyai 4 mode gelombang pancaran yaitu: gelombang langsung, gelombang tanah, gelombang langit jarak jauh, dan gelombang *Near Vertical Incident Sky Wave* (NVIS). Dengan pertimbangan pada kondisi bencana serta kontur geografis yang tertutup gunung, maka sistem perambatan gelombang yang paling tepat digunakan adalah gelombang NVIS. Gelombang NVIS mempunyai rentang frekuensi kerja dari 3 MHz hingga 10 MHz. Rentang frekuensi ini hanya bekerja maksimal pada frekuensi 10 MHz karena berhubungan dengan tujuan mencapai kondisi propagasi jarak yang relatif pendek yaitu dari 40 km hingga 500 km [3].

Untuk mencapai kondisi gelombang NVIS maka dibutuhkan *set-up* antena yang dapat mencapai kondisi NVIS. Pada umumnya *set-up* antena yang sering dipakai adalah antena *inverted V dipole*. Teknik ini merupakan pengembangan dari antena dipole standar dengan penataan sudut antena pada kondisi *inverted V* untuk mencapai ketinggian transmisi [4]. Dengan langkah ini, diharapkan sinyal

akan lebih dipersempit jangkauannya untuk mendapatkan kuat sinyal yang lebih kuat di daerah kurang dari 500 km.

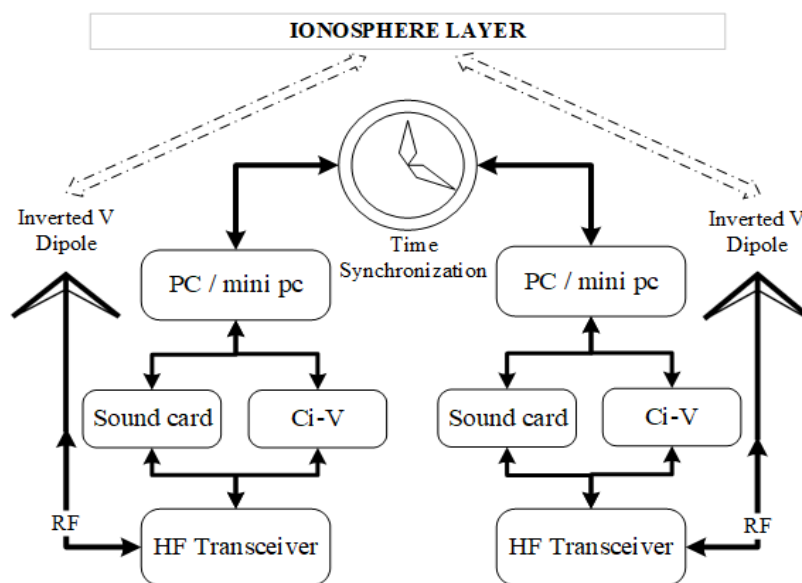
Tetapi, komunikasi HF mempunyai kelemahan yaitu sangat bergantung pada kondisi lapisan ionosfer. Pada umumnya lapisan ionosfer sudah mempunyai waktu yang pasti kapan waktu terbaik untuk penggunaan komunikasi HF [5]. Tetapi saat aktifitas matahari meningkat, kondisi lapisan ionosfer menjadi tidak stabil. Tahun 2019 merupakan tahun dengan kondisi nilai *sunspot number* terendah dalam 11 tahun terakhir. Dimana kondisi tersebut disebut dengan kondisi *solar minimum*. Karena kondisi *solar minimum* merupakan momen yang langka, maka tahun 2019 merupakan saat yang tepat untuk mengamati jalur propagasi dengan cara *beacon / sounding* antar stasiun radio. Salah satu contoh sistem *sounding* yang baik pada saat ini adalah sistem *Weak Signal Propagation Report* (WSPR).

Tujuan penelitian ini adalah mengamati seberapa besar dampak aktifitas matahari terhadap kondisi propagasi khususnya pada pita 5,2 MHz. Fokus pengamatan pada penelitian kali ini adalah mengamati fenomena alam yang menguntungkan untuk komunikasi HF jarak dekat yaitu fenomena *Sporadic E*. Hal tersebut menjadi sangat menarik karena pada umumnya saat kondisi aktifitas matahari tinggi lapisan ion pada layer E menipis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan memanfaatkan model standar. Skema prediksi jalur propagasi diambil dari *freeware* yang sudah diakui oleh dunia yaitu VOACAP. VOACAP bekerja dengan memanfaatkan Jalur ionosfer yang diprediksi berdasarkan laporan lebih dari 130 stasiun radio yang tersebar diseluruh dunia. Penelitian dilakukan secara retrospektif selama bertahun-tahun. Dengan banyaknya data yang telah dikumpulkan, prediksi ionosfer dapat dilakukan mulai dari kondisi aktifitas matahari tinggi hingga aktifitas matahari rendah. Penggunaan parameter yang tepat seperti pemilihan tipe antena, jarak antar kedua stasiun (pemancar dan penerima), sampai nilai *sunspot number* mempengaruhi akurasi prediksi VOACAP. Tetapi sering kali kondisi ionosfer cepat berubah-ubah. Sehingga untuk mendapatkan data yang paling akurat perlu dilakukan pengukuran secara *real-time*.

Dengan mengacu pada metode yang sudah standar, diharapkan dapat diperoleh model dari hasil pengukuran yang mampu merepresentasikan kondisi propagasi HF untuk lingkungan tropis khususnya pada kondisi solar minimum, Dalam hal ini pengukuran berlokasi di Surabaya dan Jombang.



Gambar 1. Desain sistem pengukuran

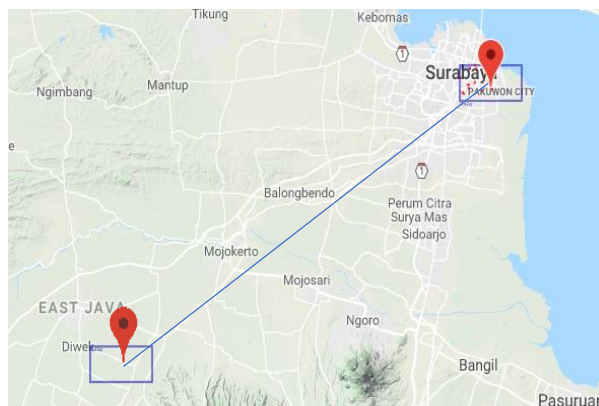
Gambar 1 merupakan gambaran umum desain sistem pengukuran secara keseluruhan. Sistem digambarkan dengan 2 stasiun radio yang saling terhubung dengan parameter penggunaan radio yang sama. Setiap stasiun radio akan dikontrol oleh program yang berada pada PC. Untuk menghubungkan perangkat radio dibutuhkan *interface* berupa *soundcard* yang berfungsi sebagai jalur sinyal *input* dan *output*. *Interface* Ci-V berfungsi sebagai pengatur parameter radio seperti daya dan frekuensi kerja yang akan digunakan.

Pada penelitian ini program yang digunakan adalah WSPR. Di mana program WSPR merupakan salah satu program yang dapat membantu proses *beacon*. Kehandalan WSPR ditunjukkan dengan kemampuan memproses sinyal *beacon* dengan daya serendah mungkin sampai pada level -140 dB. Dari beberapa keunggulan tersebut, banyak amatir radio menggunakan sistem WSPR sebagai wadah untuk pertukaran informasi jalur propagasi dari seluruh dunia. Setiap informasi dapat di *upload* kedalam *database* WSPR dan dapat dilihat pada halaman <http://wsprnet.org>. Karena pengukuran dilakukan secara *real-time* maka waktu pada komputer yang digunakan harus dipastikan sudah sinkron dengan standar waktu dunia. Sinkronisasi waktu berfungsi untuk menyamakan penetapan waktu saat program tersebut berada pada mode *transmit* maupun mode *receive*.

2.1. Setup Pengukuran

Pemilihan tempat pengukuran dilakukan dengan mempertimbangkan moda NVIS. Pemilihan moda NVIS didasari oleh penggunaan frekuensi radio 5.2 MHz serta jarak antar kedua stasiun radio. Stasiun radio pemancar berada di kampus PENS, Surabaya dengan *grid locator* OI62jr pada koordinat 7.30S, 112.78E. Sedangkan untuk stasiun radio penerima berada di Selorejo, Jombang dengan *grid locator* OI62dj pada koordinat 7.61S, 112.31E. Jarak kedua stasiun radio adalah ± 63

km. Dengan jarak antar stasiun radio kurang dari 500 km, moda NVIS menjadi pilihan yang tepat. Peta titik lokasi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi stasiun radio Surabaya (*transmitter*) dan Jombang (*receiver*)

Set-up parameter yang digunakan dalam pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tiap stasiun radio, *set-up* antena yang digunakan adalah jenis antena *inverted v dipole*. Dengan penggunaan antena jenis ini diharapkan dapat menghindari *ground wave* serta memenuhi syarat moda NVIS. Sinkronisasi waktu pengukuran juga harus diperhatikan. Sehingga stasiun pemancar dapat mengetahui kapan waktu tunggu untuk memberikan proses pengolahan sinyal yang diterima oleh stasiun penerima.

Tabel 1. *Setup* parameter pengukuran

Location	Callsign	Grid Locator	Mode
Surabaya, ID	YB3PET	OI62jr	Tx
Jombang, ID	YG3DQQ	OI62dj	Rx

Jarak yang tidak terlalu jauh akan menjadi sangat menarik dalam proses pengamatan jalur propagasi. Jika menggunakan antena *dipole standart* (dipasang tegak lurus) akan menjadi kurang efektif mengingat pancaran gelombang HF sangat jauh mencapai ribuan kilometer. Sehingga sering kali daerah yang terlalu dekat malah mendapatkan penerimaan sinyal yang buruk. Dengan pemakaian antena *inverted v dipole*, diharapkan sinyal yang dipancarkan langsung menuju ionosfer dan memfokuskan *range* pancaran ke area yang lebih dekat.

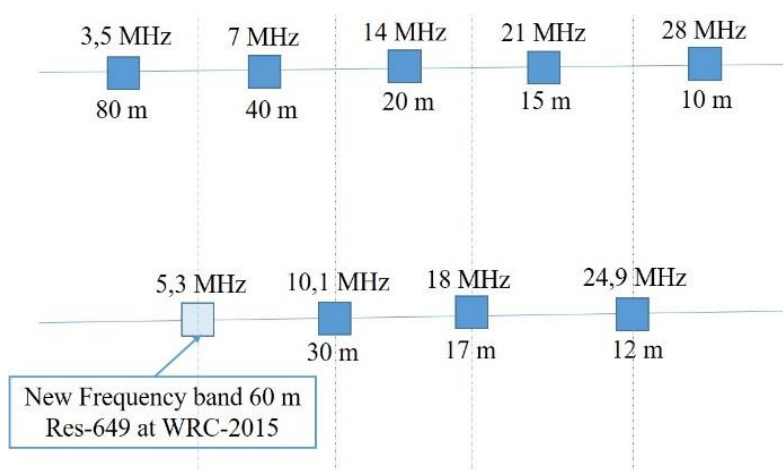
2.2. Pertimbangan Frekuensi 5 MHz

Frekuensi 5 MHz / pita 60 m merupakan frekuensi yang masih termasuk dalam *range* frekuensi NVIS. Pita 60 m merupakan nama lain dari frekuensi 5 MHz. Dalam dunia amatir radio, frekuensi 5 MHz merupakan frekuensi paling baru yang dapat digunakan saat ini.

Pengajuan penggunaan frekuensi pita 60 m baru dimulai pada tahun 2012 pada *World Radio Conference 2012 (WRC-12)* [6]. Pengajuan dimulai dari resolusi 649 yang berisi pengajuan penggunaan pita 60 m untuk amatir radio. Pada dasarnya Resolusi 649 yang dikeluarkan dalam WRC-12 bertujuan untuk

mengoptimalkan peran stasiun radio amatir saat terjadi bencana dimana perangkat komunikasi yang mengandalkan infrastruktur telekomunikasi modern tidak dapat digunakan [7]. Pengajuan resolusi 649 menjadi penting karena frekuensi 5 MHz merupakan frekuensi penghubung antara frekuensi 3.5 MHz dan frekuensi 7 MHz. Seringkali terjadi saat *Maximum Usable Frequency* (MUF) berada pada kondisi dibawah 7 MHz tetapi untuk *Lowest Usable Frequency* (LUF) mempunyai nilai diatas 4 MHz. Sehingga dari kasus tersebut salah satu solusi yang dapat dipakai adalah penggunaan frekuensi dengan kisaran nilai 5 MHz. Dengan beberapa pertimbangan akhirnya pada agenda WRC selanjutnya yaitu WRC-15, ITU-R memutuskan untuk memberikan izin penggunaan frekuensi pita 60 m. Dari pemberian izin penggunaan pita 60 m terdapat catatan kaki 5.113B yang memuat peraturan penggunaan daya dengan *e.i.r.p* 15 watt. [8].

Pemberian izin amatir radio untuk menggunakan frekuensi 5 MHz merupakan kabar baik. Hal tersebut dikarenakan para amatir radio mempunyai opsi kekosongan penggunaan frekuensi tengah antara frekuensi 3.5 MHz dan 7 MHz. Tetapi kendala yang dialami oleh amatir radio saat ini jika radio yang digunakan merupakan hasil produksi tahun 2012 ke bawah, pada umumnya opsi frekuensi 5 MHz masih belum ada, seperti pada Gambar 3. Jika melihat dari penggunaan pita frekuensi 5 MHz yang masih sangat sedikit, aktifitas pengamatan jalur propagasi menjadi lebih ideal. Pengamatan propagasi membutuhkan jalur frekuensi yang jauh dari interferensi antar pengguna di dekat frekuensi kerja. Tahun 2019 merupakan tahun dengan siklus SSN paling rendah dalam siklus 11 tahun terakhir. Nilai SSN yang rendah mengakibatkan kondisi aktifitas matahari semakin meningkat [9]. Oleh karena itu tahun 2019 dapat menjadi saat yang tepat untuk pengamatan kehandalan jalur propagasi khususnya pada frekuensi 5 MHz.



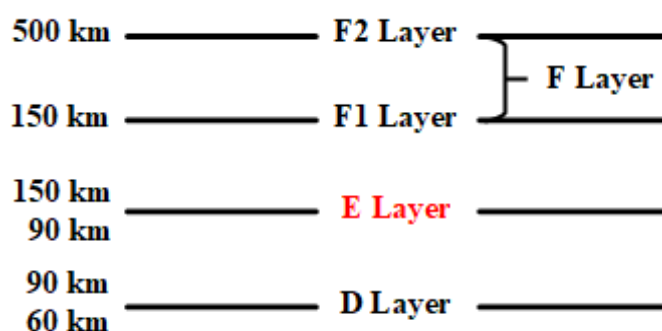
Gambar 3. Alokasi frekuensi amatir radio

2.3. Sporadic E

Ionosfer memiliki beberapa jenis lapisan dengan pengelompokan sesuai ketinggian serta kerapatan ion pada tiap lapisan. Setiap lapisan ionosfer mempunyai karakteristik yang berbeda-beda [10]. Pada penggunaan komunikasi HF, lapisan F merupakan lapisan netral yang menjadi perantara sinyal yang dipancarkan ke ionosfer kemudian dibelokkan kembali ke bumi. Sedangkan

lapisan D merupakan lapisan peredam sinyal HF. Ion yang berada pada lapisan D akan meredam sinyal HF secara perlahan sebelum memasuki lapisan F. Sehingga saat konsentrasi ion pada lapisan D tinggi maka komunikasi HF akan terganggu dan biasa disebut juga dengan *radio blackout*. Lapisan E merupakan lapisan ionosfer yang baik untuk komunikasi HF. Tetapi kendala dari lapisan E adalah tidak selalu ada dan sulit diprediksi. Lapisan ini bersifat sporadic atau sering muncul secara tiba-tiba dan biasa disebut dengan *Sporadic E*.

Pada Gambar 4 ditunjukkan susunan ketinggian tiap lapisan pada daerah ionosfer. Fenomena *Sporadic E* dapat terjadi kapan saja baik siang hari maupun malam hari. Kemunculan *Sporadic E* ini bisa disebabkan beberapa faktor terutama aktifitas matahari. Saat aktifitas matahari tinggi sampai terjadi fenomena badai geomagnetik pada umumnya *Sporadic E* tidak terbentuk. Hal tersebut disebabkan saat aktifitas matahari tinggi, kerapatan ion pada lapisan D semakin banyak. Tetapi bukan berarti saat kondisi matahari tinggi *Sporadic E* tidak pernah terbentuk. Pada *flux level C* dimana kondisi matahari sudah memasuki fase meningkat, terdapat kemungkinan *Sporadic E* terbentuk [11].



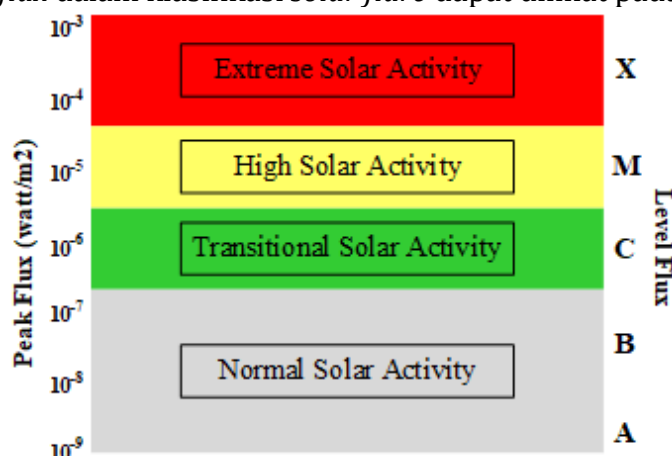
Gambar 4. Lapisan ionosfer

Pada lapisan E terdapat 2 istilah untuk menunjukkan karakteristik *Sporadic E* yaitu FbEs dan FoES. FbEs merupakan selimut ion yang menunjukkan ketebalan ion pada lapisan E. Sedangkan FoEs merupakan frekuensi kritis yang dapat menembus lapisan E. Karakteristik FbEs dan FoEs berkaitan erat pada kejadian fenomena *Sporadic E*. Mengacu pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sura I. Gburi pada daerah Yamagawa, Jepang [12], kondisi musim sangat menentukan terjadinya *Sporadic E*. Saat musim panas pada periode bulan Mei hingga Agustus merupakan kondisi FbEs dan FoEs sangat tinggi. Sehingga *Sporadic E* sering terjadi.

Saat nilai kelas flux berada di level A hingga B, merupakan kondisi fenomena *Sporadic E* sering terbentuk. Kondisi aktifitas matahari yang rendah membuat karakteristik ionosfer menjadi lebih stabil. Saat konsentrasi ion pada tiap lapisan ionosfer lebih stabil, ion pada lapisan E akan menjadi lebih mudah untuk berkumpul.

2.4. Efek Solar Flare

Aktifitas matahari merupakan aktifitas cuaca luar angkasa yang berhubungan dengan kondisi matahari. Terdapat beberapa kondisi yang menyebabkan aktifitas matahari mengalami peningkatan. Pada kondisi stabil, matahari tidak melontarkan partikel panas yang dapat menyebabkan gangguan radiasi elektromagnetik. Tetapi ada suatu waktu aktifitas matahari meningkat karena pelepasan energi intens dari *solar corona* [13]. Jika peningkatan aktifitas matahari cukup tinggi maka fenomena tersebut disebut dengan *solar flare*. Tingkatan kelas *flux* dalam klasifikasi *solar flare* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Klasifikasi *solar flare*

Nilai *flux* paling rendah disebut dengan kelas A. Sedangkan untuk nilai flux paling tinggi disebut dengan kelas X. Saat kondisi aktifitas matahari stabil, pada umumnya nilai flux berada di level A hingga level B. *Flux* level C merupakan kondisi transisi. Pada saat mencapai level C gangguan aktifitas matahari menjadi tidak menentu. Saat nilai *flux* berada di level M hingga level X aktifitas matahari seringkali berada pada kondisi tidak stabil [14].

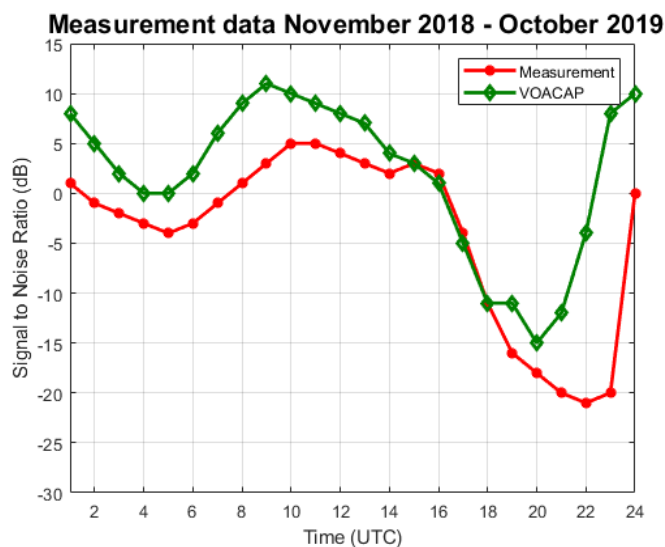
Solar flare dapat terjadi secara tiba-tiba atau biasa disebut dengan *Sudden Ionospheric Disturbance* (SID). Hal ini disebabkan oleh peningkatan radiasi sinar X dan sinar *Extreme Ultraviolet* (EUV) [9]. Jika peningkatan *solar flare* berada pada kelas M keatas maka kondisi ionosfer akan terganggu. Aktifitas matahari yang tinggi akan mengakibatkan ionisasi pada lapisan D semakin meningkat. Lapisan D merupakan lapisan peredam gelombang HF. Jika ionisasi tinggi pada lapisan D, maka gelombang HF yang terpancar akan mengalami peredaman sebelum mencapai lapisan F. Setelah sinyal mengalami pembelokan pada lapisan F sinyal akan kembali melewati lapisan D dan akan mengalami peredaman kembali. Sehingga efek *solar flare* sangat berpengaruh pada kondisi propagasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode pengamatan jalur propagasi 5.2 MHz wilayah Surabaya – Jombang diambil selama 1 tahun. Pengambilan data propagasi dimulai pada bulan November 2018 hingga Oktober 2019. Periode pengambilan data di bulan tersebut merupakan momen langka. Hal tersebut disebabkan tahun 2019 merupakan

kondisi *solar minimum* terendah, yang mana hal ini akan terulang pada setiap selang waktu 11 tahun sekali.

Laporan grafik pengamatan selama satu tahun ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil komparatif antara nilai observasi dengan prediksi VOACAP menunjukkan pola yang sama. SNR pengukuran menunjukkan nilai yang dominan dibawah nilai dari hasil simulasi VOACAP. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi seperti sering terjadi *radio blackout* saat aktifitas matahari tinggi hingga rugi-rugi antena. Walaupun sering terjadi *radio blackout*, dari pengamatan harian masih terdapat fenomena yang menguntungkan propagasi ionosfer seperti *Sporadic E* yang terjadi secara tiba-tiba saat aktifitas matahari berada di level normal. Walaupun tahun 2019 memasuki fase terendah dalam satu dekade terakhir, tidak berarti aktifitas matahari selalu tinggi. Saat dilakukan pengamatan pada laporan cuaca dapat dilihat masih banyak hari yang mempunyai level *flux* normal dikisaran level B. Saat kondisi ionosfer tidak terganggu oleh cuaca luar angkasa yang tinggi, disitulah waktu fenomena *Sporadic E* muncul.



Gambar 6. Laporan kondisi propagasi 1 tahun

Tabel 2. merupakan standar nilai SNR yang diperlukan untuk berbagai ragam teknik modulasi. Komunikasi HF mempunyai standar nilai SNR yang berbeda-beda dari setiap mode yang digunakan. Standart nilai SNR dikatakan baik dan layak digunakan diatur dalam ITU-R F.339-8 [15]. Standart untuk *voice* yang baik berada pada nilai SNR 14 dB dengan penggunaan daya 100 watt. Dengan pertimbangan data *beacon* yang telah dilakukan pada daya 10 watt, maka nilai standar diturunkan 10 dB menjadi 4 dB.

Tabel 2. SNR (dB) yang diperlukan untuk berbagai ragam modulasi

Mode	SNR (power 100 watt)	SNR (Power 10 watt)
AM	17 dB	7 dB

SSB	14 dB	4 dB
CW	-3 dB	-13 dB

Selama pengamatan 1 tahun didapatkan banyak laporan fenomena kondisi ionosfer yang sangat dinamis. Salah satu fenomena yang terjadi adalah munculnya *Sporadic E* di waktu *radio blackout* (Kondisi SNR dibawah 0 dB)[16]. Hasil laporan berfokus pada saat kondisi normal nilai SNR yang didapatkan rendah, tetapi pada saat pengamatan didapatkan SNR tinggi hingga mencapai level yang dapat digunakan untuk berkomunikasi. Pada laporan ini fenomena *Sporadic E* dianggap sebagai fenomena yang menguntungkan karena fokus pengukuran menggunakan moda NVIS. Di mana, jika melihat teori *Sporadic E*, sinyal yang menuju ke ionosfer akan dibelokkan oleh lapisan E sehingga jangkauannya semakin dekat. Saat ion pada lapisan E semakin kuat maka sinyal yang menuju ke bumi semakin kuat. Sehingga pada saat kondisi jalur propagasi normal mengalami *radio blackout*, terjadinya *Sporadic E* menyebabkan sinyal menjadi lebih kuat.

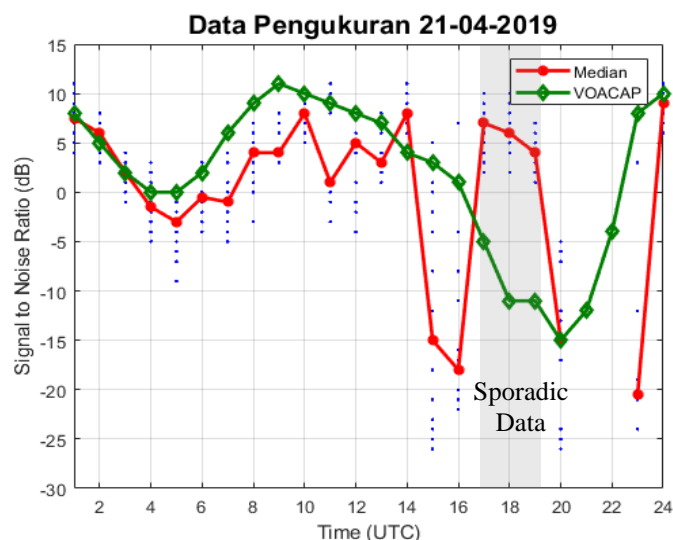
Tabel 3. Daftar waktu fenomena *Sporadic E*

No.	Tanggal	Rentang Waktu (UTC)
1.	28 December 2018	19.00 - 21.00
2.	21 April 2019	17.00 - 19.00
3.	30 May 2019	19.00 - 20.00
4.	5 July 2019	19.00 - 22.00
5.	10 August 2019	17.00 - 19.00
6.	23 August 2019	19.00
7.	27 August 2019	19.00
8.	1 September 2019	19.00

Tabel 3. menunjukkan laporan fenomena *Sporadic E* yang didapatkan dari pengukuran selama 1 tahun dari mulai bulan November 2018 - Oktober 2019. Data fenomena *Sporadic E* yang didapatkan sebanyak 8 kali. Jika melihat dari lamanya waktu pengukuran maka data yang didapatkan terlihat sangat sedikit. Beberapa faktor yang membuat fenomena sangat jarang terlihat pada pengukuran yang telah dilakukan. Salah satu faktor yang paling berpengaruh adalah tahun 2019 merupakan tahun kondisi *lowest solar minimum* sehingga nilai *sunspot number* menjadi sangat kecil. Akibat dari kecilnya nilai *sunspot number* adalah sering terjadinya kondisi aktifitas matahari tinggi yang ditandai dengan meningkatnya level sinar X. Faktor lain yaitu data yang kami anggap *Sporadic E* adalah data yang jika terjadi pada waktu normal kondisi propagasi berada pada posisi 0 dB atau biasa disebut dengan *radio blackout*.

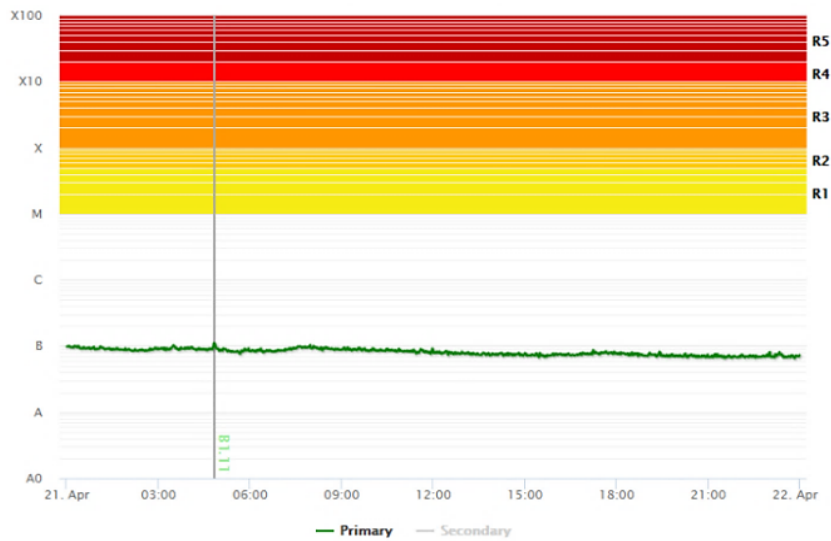
Data *Sporadic E* yang menunjukkan rentang waktu antara 1 jam hingga 3 jam. Nilai yang terekam kurang dari 1 jam tidak dimasukkan pada laporan. Hal ini terjadi karena sinyal kuat yang terjadi secara spontan dengan periode beberapa menit tidak memenuhi standar untuk melakukan komunikasi. Melihat dari perbandingan laporan sebelumnya yang telah dilakukan oleh Sura I Gburi [14], fenomena *Sporadic E* paling banyak terjadi pada bulan Mei - Agustus. Dalam

rentang bulan Mei - Agustus fenomena *Sporadic E* terjadi sebanyak 5 kali. Fenomena ini hanya dalam rentang 4 bulan menunjukkan betapa kuatnya lapisan E pada bulan Mei - Agustus.



Gambar 7. Fenomena *Sporadic E* tanggal 21 April 2019 selama ± 3 jam

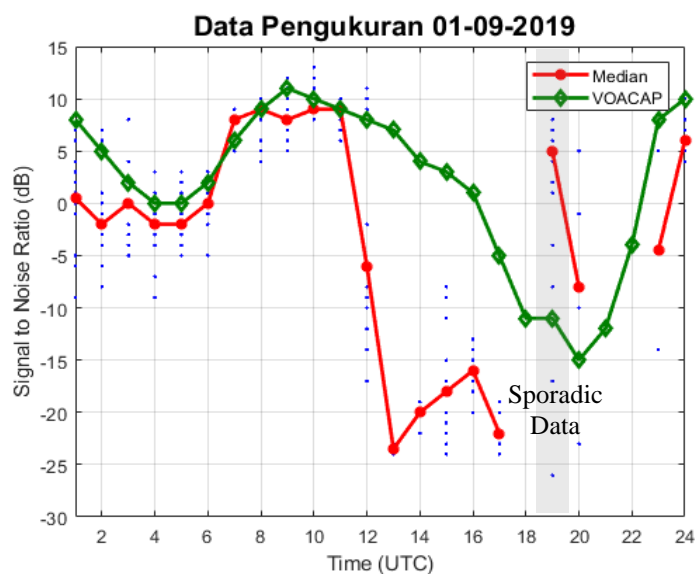
Gambar 7 menyajikan hasil pengukuran pada 21 April 2019. Fenomena perubahan kondisi propagasi diawali pada pukul 15.00 UTC. Jika dilihat secara menyeluruh nilai SNR yang didapatkan rentang nilainya sangat lebar (mulai dari 5 dB hingga -28 dB), tetapi nilai median yang terbentuk cenderung dibawah 0 dB. Sehingga pada saat itu kondisi propagasi dapat dikatakan memasuki fase *radio blackout*. Kondisi tersebut lebih cepat 1 jam dari kondisi propagasi di waktu normal. Kemudian setelah mengalami penurunan selama 2 jam, saat pukul 17.00 UTC terjadi kenaikan nilai SNR yang cukup signifikan. Dimana median pada saat itu menunjukkan nilai SNR diatas 5 dB. Jika nilai SNR dibandingkan dengan kondisi normal maka kenaikan nilai SNR tersebut disebut dengan fenomena *Sporadic E*. Dari grafik laporan pengukuran terlihat bahwa terdapat data *Sporadic E* mulai pukul 17.00 – 19.00 UTC. Kondisi level aktifitas matahari sangat mempengaruhi karakteristik propagasi gelombang HF.



Gambar 8. Aktifitas matahari 21 April 2019

(Diambil dari level solar flare report (<https://www.spaceweatherlive.com/en/archive/2019/04/21/xray>) 11 Februari 2020)

Gambar 8. merupakan laporan aktivitas matahari tanggal 21 April 2019. Dari laporan tersebut terlihat bahwa nilai *flux* berada pada level B. Dimana level B menunjukkan kondisi aktivitas matahari yang stabil. Sehingga, ion pada lapisan ionosfer tidak terganggu oleh cuaca luar angkasa. Hal ini memungkinkan ion pada lapisan E berkumpul dapat menjadi jalur propagasi gelombang HF sementara. Waktu berkumpulnya partikel ion lapisan E sangat singkat dengan estimasi 1-3 jam. Kondisi aktifitas matahari yang stabil tidak selalu memberikan dampak kemunculan *Sporadic E*. Hal tersebut disebabkan terjadinya konsentrasi ion pada lapisan E tidak selalu berkumpul pada 1 titik dan lebih sering menyebar secara dinamis.



Gambar 9. Fenomena *Sporadic E* tanggal 1 September 2019 selama ± 1 jam

Karakteristik propagasi pada tanggal 1 September 2019 ditunjukkan pada Gambar 9. Berbeda dengan Gambar 7, fenomena *Sporadic E* yang terjadi lebih singkat. Salah satu faktor waktu *Sporadic E* yang relatif singkat adalah kondisi cuaca ruang angkasa yang tidak menentu. Hal tersebut ditandai dengan saat pukul 13.00 UTC nilai SNR yang didapatkan sangat rendah dibawah -20 dB. Padahal jika melihat kondisi normal, pukul 13.00 – 15.00 UTC merupakan waktu yang baik untuk melakukan komunikasi pada frekuensi 5.2 MHz. Walaupun kondisi propagasi pada tanggal 1 September 2019 cukup buruk, tetapi pada pukul 19.00 UTC didapatkan nilai SNR yang cukup tinggi. Dengan acuan saat kondisi normal seharusnya nilai SNR yang didapat rendah, maka nilai SNR tinggi yang didapatkan pada pukul 19.00 UTC merupakan fenomena *Sporadic E*. Hal tersebut dikuatkan dengan jam antara sebelum dan sesudah pukul 19.00 UTC kondisi propagasi mengalami *radio blackout*. Kemudian pada pukul 20.00 UTC kondisi propagasi kembali normal. Dimana nilai SNR yang didapat sudah sesuai dengan nilai SNR kondisi normal yaitu dibawah 0 dB.

4. SIMPULAN

Pada tahun 2019 fase aktifitas matahari tidak stabil karena nilai *sunspot* yang sangat kecil. Aktifitas matahari yang tinggi memberikan dampak sering terjadi kondisi *radio blackout* pada jam yang seharusnya dapat digunakan untuk berkomunikasi pada pita HF sub-5MHz. Sehingga frekuensi alternatif antara pita 80 m frekuensi 3,5 MHz dengan pita 40 m frekuensi 7 MHz menjadi sangat penting.

Aktifitas matahari yang tinggi menyebabkan minimnya fenomena *Sporadic E*. Dalam pengukuran selama 1 tahun dimulai dari bulan November 2018 hingga Oktober 2019 fenomena *Sporadic E* yang terekam hanya terjadi selama 8 kali. Waktu rata-rata *Sporadic E* yang muncul selama 1 jam hingga 3 jam. Dengan intensitas kejadian *Sporadic E* paling banyak pada bulan Mei hingga Agustus. Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fenomena sporadic E masih bisa terjadi ketika matahari memasuki kondisi *solar minimum*. Harapan kedepannya dari penelitian ini adalah dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan pemanfaatan gelombang HF meskipun dalam kondisi *solar minimum*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ITU-R, "**Final Acts WRC-12**", World Radiocommunication Conference, 2012.
- [2] ITU-R, "**Radio Regulation (RR)**", Article 5, Frequency Allocations, 2012.
- [3] Law of The Republic of Indonesia On Telecommunication No.36 year 1999, Article 33, 1999.
- [4] ITU-R, "**Method for the prediction of the performance of HF circuits**", Recommendations P. 533-13, 2015.
- [5] Lane, G., "**Signal-to Noise Prediction Using VOACAP - User's Guide**", Rockwell-Collins, Cedar Rapids, Iowa, 2001.
- [6] Zolesi Bruno, Cander R Ljiljana, "**Ionospheric Prediction and Forecasting**", Springer Geophysics, p.44, p.185, 2014.

- [7] Walden C Marcus, **“Comparison of propagation prediction and measurements for midlatitude HF near-vertical incidence sky wave link at 5 MHz”**, Radio Science, vol. 47, RSOL09, 2012.
- [8] ITU-R, **“Final Acts WRC-15”**, World Radiocommunication Conference, 2015.
- [9] A. C. Moral, E. Ceren, K. Eyiguler, and Z. Kaymaz, **“Sudden Ionospheric Disturbances and Their Detection Over Istanbul”**, Recent Advances in Space Technologies, pp. 765–768, 2013.
- [10] O. N. Sherstyukov, A. D. Akchurin, and R. O. Sherstyukov, **“ScienceDirect Determination of Sporadic E radio wave propagation parameters based on vertical and oblique sounding”**, Adv. Sp. Res., vol. 56, no. 6, pp. 1169–1176, 2015.
- [11] E. M. Warrington *et al.*, **“Near real-time input to a propagation model for nowcasting of HF communications with aircraft on polar routes”**, pp. 1048–1059, 2016.
- [12] S. I. Gburi, **“Seasonal variation of Ionospheric E Sporadic Layer at Mid Latitude Region during Solar Cycle 24”**, International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 7, no. 1, pp. 453–459, 2018.
- [13] M. I. Savchenko, P. V. Vatagin, V. P. Lazutkov, D. V. Skorodumov, I. V. Kudryavtsev, and Y. E. Charikov, **“The two solar flares diagnostics based on the soft X-ray emission recording”**, St. Petersburg Polytech. Univ. J. Phys. Math., vol. 3, no. 3, pp. 292–297, 2017.
- [14] D. P. Grubor, and D. M. Åuli, and V. Åigman, **“Classification of X-ray solar flares regarding their effects on the lower ionosphere electron density profile”**, Ann. Geophys., vol. 26, no. 7, pp. 1731–1740, 2008.
- [15] ITU-R, Recommendation ITU-R F.339-8, **“Pitawidths, signal-to-noise ratios and fading allowances in HF fixed and land mobile radiocommunication systems F Series Fixed service”**, vol. 8, pp. 2–10, 2013.
- [16] K. Yusupov, A. Akchurin, and V. Frolov, **“Sporadic E-layer and Powerful HF-Radio Emission”**, Russ. Open Conf. Radio Wave Propag., vol. 1, no. 18, pp. 285–288, 2019.