

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai pengamatan lapisan ionosfer terhadap komunikasi radio HF sebelumnya telah dilakukan beberapa peneliti dari Indonesia. Di antara penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Penelitian oleh Septi Perwitasari (2009) dalam tugas akhir yang berjudul “ **Respon Ionosfer Terhadap Gerhana Matahari 26 Januari 2009 Dari Pengamatan Ionosonda**” dengan menggunakan metode pengamatan dari tiga tempat yaitu Kototabang, Pontianak, dan Pameungpeuk. Parameter yang digunakan ketinggian lapisan F dan frekuensi kritis. Dari hasil pengamatan disebutkan terjadi perbedaan hasil pengamatan antara tiga wilayah tersebut yaitu, terlihatnya lapisan F1 yang pada hari biasa tertutup oleh lapisan E. Tidak terjadi kenaikan ketinggian lapisan F ($h'F$). Terjadinya penurunan $foF2$ pada saat terjadi gerhana sekitar pukul 16:00 LT sebesar 2 MHz dari pengamatan ionosonda Pontianak dan 0,5 MHz dari pengamatan ionosonda Kototabang. Terlihatnya lapisan F pada saat terjadi gerhana merupakan efek dari berkurangnya intensitas radiasi matahari yang diterima, menyebabkan laju ionisasi berkurang sehingga kerapatan elektron di lapisan E berkurang.
2. Penelitian oleh Varuliantor Dear (2012) dengan judul “ **Jaringan Stasiun ALE LAPAN Untuk Mendukung Komunikasi Darurat Di Indonesia** ” dengan perangkat komunikasi data digital menggunakan radio. Dalam sistem jaringan ALE, informasi berupa frekuensi kerja komunikasi radio HF secara *real time* dapat diperoleh. Dari hasil penelitian disebutkan bahwa komunikasi radio HF merupakan salah satu pilihan komunikasi pada saat kondisi tertentu misalkan pada saat bencana.
3. Penelitian oleh Varuliantor Dear dengan judul “**Pengaruh Perubahan f_{min} Terhadap Besarnya Frekuensi Kerja Terendah Sirkuit Komunikasi Radio HF**” dengan menggunakan simulasi perubahan nilai frekuensi minimum f_{min} dengan metode persamaan *secant* berdasarkan parameter frekuensi minimum f_{min} dan ketinggian $h'F$ tetap. Dari hasil penelitian tersebut disebutkan bahwa dengan menggunakan metode *secant*, nilai f_{min} yang diperoleh dari hasil pengamatan dapat digunakan untuk mengetahui besarnya nilai frekuensi terendah pada suatu sirkuit komunikasi radio HF. Semakin besar

nilai f_{min} dan semakin jauh jarak sirkit komunikasi radio, maka nilai frekuensi kerja terendah yang dapat digunakan semakin besar.

4. Penelitian oleh Kuspriyanto dan Azdy Elfistoni dengan judul **“Pemanfaatan Radio HF sebagai Alternatif Komunikasi Data pada Sistem Komunikasi Pemerintah”** dengan menggunakan peralatan yang yakni seperangkat peralatan Radio SSB, *soundcard* yang telah dimodifikasi sehingga dapat berfungsi sebagai modem radio serta PC yang telah dikonfigurasi untuk dapat menjalankan program aplikasi khusus komunikasi data melalui radio HF. Dari penelitian ini disebutkan komunikasi data dengan memanfaatkan Radio HF dapat menjadi solusi alternatif bagi level Pemerintah Kabupaten dan Kecamatan dalam upaya memanfaatkan kemajuan teknologi informasi.

5. Penelitian oleh Sri Suhartini dan Sarmoko Suroso dengan judul penelitian **“Perbandingan Kejadian Spread F Tahun 1999 Di Beberapa Stasiun Di Indonesia ”** dengan menggunakan data ionogram hasil pengamatan di Stasiun Pengamat Matahari dan Ionosfer (SPMI) LAPAN di Sumedang tahun 1999 baik secara vertikal maupun *oblique* dan ionogram vertikal dari stasiun pengamat Pameungpeuk. Dengan menggunakan ketentuan data *Spread F* yang terjadi malam hari, *spread F* pada pantulan pertama yang berarti proses pemantulan hanya dilakukan oleh ionosfer, sehingga bila terjadi *spread F* maka gangguan terjadi di ionosfer. diasumsikan bahwa ionosfer merupakan lapisan mendatar dengan pemantulan sempurna sehingga sudut datang dan sudut pantul oleh ionosfer sama. Dengan demikian ionogram *oblique* pemantulan dianggap terjadi di posisi tengah antara pemancar dengan SPMI. Dengan asumsi tersebut maka data *oblique* dari pemancar di Vanimu ($2,67^0$ L.S, $141,33^0$ B.T.) dianggap mewakili kondisi ionosfer di daerah sekitar laut Banda di sebelah barat Sulawesi, data *oblique* dari pemancar di Cocos Isand ($12,17^0$ L.S., $96,92^0$ B.T.) mewakili kondisi ionosfer di lautan Hindia di sebelah tenggara pulau Jawa dan data pemancar di Songkhla (Thailand) ($7,12^0$ L.U., $100,35^0$ B.T.) mewakili kondisi ionosfer di sekitar kepulauan Riau. Hasil penelitian menyebutkan bahwa maksimum kejadian *spread F* tahun 1999 di semua stasiun adalah pada bulan Mei dan September, sedangkan minimumnya pada bulan Juli dan Desember.

6. Penelitian oleh Varuliantor Dear dengan judul penelitian **“ Telaah Perbandingan Hasil Uji Komunikasi Menggunakan Sistem *Automatic Link Establishment* (ALE) Dengan Data Ionosonda Tanjungsari Untuk Sirkit Komunikasi Bandung-Wakukosek ”** dengan menggunakan metode perbandingan hasil uji komunikasi

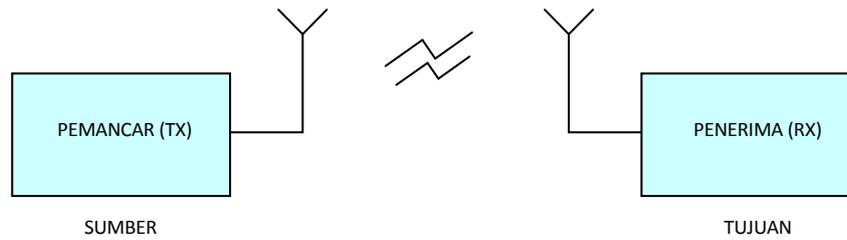
menggunakan *automatic link establishment* (ALE), terhadap data ionosonda Tanjung Sari untuk sirkuit komunikasi Bandung-Watukosek. Hasil penelitian menyebutkan bahwa antara data sistem ALE sirkuit Bandung-Watukosek dengan batas frekuensi kerja terendah dan tertinggi menunjukkan kesesuaian sehingga pengujian menggunakan sistem ALE untuk komunikasi radio HF sirkuit Bandung-Watukosek layak untuk digunakan.

Setelah mempelajari beberapa penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini penulis melakukan pengembangan penelitian di daerah yang berbeda dengan menggunakan model propagasi NVIS serta menganalisa dari segi perubahan nilai f_{min} , f_oF_2 serta ketinggian lapisan ionosfer ($h'F$) dari data ionosonda Kototabang. Dengan melakukan pengukuran dan perhitungan dari parameter tersebut, maka penelitian ini menfokuskan pada pengujian keberhasilan komunikasi radio HF stasiun ALE Pekanbaru dengan stasiun ALE Kototabang dan terhadap pengamatan ionosonda bulan Juli 2013 sebagai bahan dasar pertimbangan pemilihan frekuensi kerja NVIS sirkuit Pekanbaru-Kototabang.

2.2. Sistem Komunikasi Radio HF

Sistem komunikasi radio adalah suatu teknologi komunikasi yang mentransmisikan gelombang elektromagnetik sebagai sinyal pembawa yang dilewatkan melalui media udara menuju penerima. Secara umum sistem komunikasi radio terdiri atas dua bagian utama, yaitu pemancar dan penerima. Pada bagian pemancar terdiri dari *modulator* dan antena pemancar, sedangkan di penerima terdiri dari *demodulator* dan antena penerima. *Modulator* berfungsi mengubah sinyal informasi menjadi sinyal digital yang akan dipancarkan melalui antena pemancar. Sedangkan *demodulator* berfungsi merubah sinyal digital menjadi sinyal informasi.

Antena berperan sebagai pengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik. Sinyal elektromagnetik akan dipancarkan melalui udara atau ruang bebas menuju penerima.



Gambar 2.1. Blok diagram Komunikasi Radio sederhana

(Sri Ekawati dkk, 2013)

High Frekuensi (HF) merupakan gelombang radio pada frekuensi 3 – 30 MHz yang digunakan pada radio komunikasi jarak jauh. Untuk *band* frekuensi ini propagasi gelombang elektromagnetik tidak dapat menembus lapisan ionosfer, tetapi dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Sehingga atmosfer berfungsi sebagai *repeater* secara alami. Lapisan ionosfer merupakan lapisan atmosfer bumi yang memiliki sifat dapat memantulkan gelombang elektromagnetik. Dengan bantuan ionosfer maka jangkauan komunikasi radio dapat mencapai jarak yang lebih jauh.

2.2.1. Sistem Modulasi

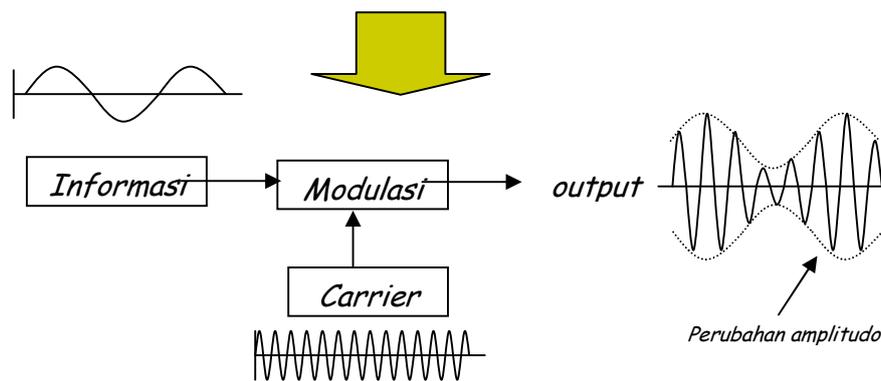
Pada sistem telekomunikasi, terdapat beberapa teknik untuk penyaluran sinyal informasi kepada penerima dengan karakteristiknya sendiri. Informasi yang akan dikirimkan terdiri dari berbagai jenis, misal : *voice*, *text* dan *video*.

Semua jenis informasi pertama-tama harus dirubah dalam bentuk sinyal listrik dengan menggunakan mikrofon atau telecamera agar sinyal informasi tersebut dapat dibawa oleh gelombang radio (gelombang pembawa). Cara menumpangkan informasi pada gelombang radio dinamakan teknik modulasi. Sedangkan pada komunikasi radio HF menggunakan modulasi amplitudo (AM).

a. Modulasi Amplitudo

Modulasi amplitudo adalah suatu proses mengubah amplitudo gelombang pembawa sesuai dengan bentuk dari gelombang informasi. Bila suatu gelombang pembawa dimodulasikan amplitudo, maka amplitudo bentuk gelombang pembawa dibuat berubah sebanding dengan tegangan yang memodulasi (Roddy, D., Idris, K., Coolen, J., 1992).

Pada jenis modulasi ini amplitudo sinyal pembawa diubah-ubah secara proporsional terhadap amplitudo sesaat sinyal pemodulasi, sedangkan frekuensinya tetap selama proses modulasi. Dalam hal ini sinyal yang akan dibawa dinamakan sinyal modulasi atau pemodulasi dan gelombang radio yang membawa pada umumnya mempunyai frekuensi yang lebih tinggi dinamakan gelombang pembawa atau gelombang yang termodulasi. Sinyal *carrier* diubah amplitudonya sesuai dengan sinyal informasi yang akan dikirimkan. Modulasi ini dinamakan modulasi linier, artinya bahwa pergeseran frekuensinya bersifat linier mengikuti sinyal informasi yang akan ditransmisikan.



Gambar 2.2. Proses Modulasi AM

(Sumber: Simanjuntak, 2009)

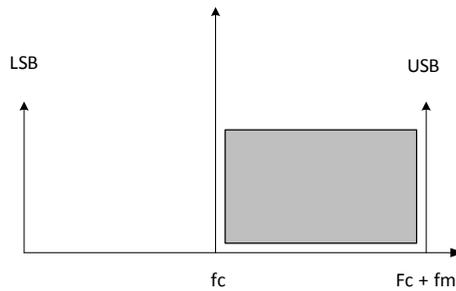
Dengan persamaan rumus yang digunakan :

$$e(t) = A t \cos \omega_c t \quad (2-1)$$

a. **Single Side Band (SSB)**

Pada teknik ini sistem pemancarannya adalah hanya satu sisi sinyal informasi saja yaitu dengan sinyal pembawa menggunakan *upper side band* (USB). Karna SSB menggunakan satu sisi sebagai sinyal *carrier* maka pada modulasi ini dapat menghemat daya lebih kecil jika dibandingkan dengan modulasi am jenis lain.

Teknik ini dapat dipahami berdasarkan gambar dibawah ini.



Gambar 2.3. Bandwitdh SSB-SC

(sumber: simanjuntak, 2013)

Jika di ilustrasikan pada gambar di atas dengan modulasi AM teknik SSB, maka untuk mengetahui bandwitdh yang digunakan adalah

$$BW = F_{USB} - F_{LSB} \quad (2-2)$$

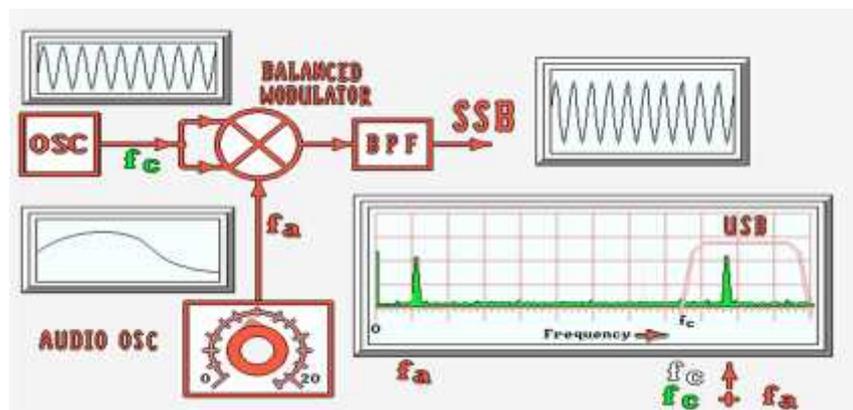
$$F_{USB} = fc + fm \text{ dan } F_{LSB} = fc - fm. \quad (2-3)$$

F_{USB} = frekuensi *upper side band*,

F_{LSB} = frekuensi *lower side band*

fc = frekuensi *carrier*

fm = frekuensi modulasi



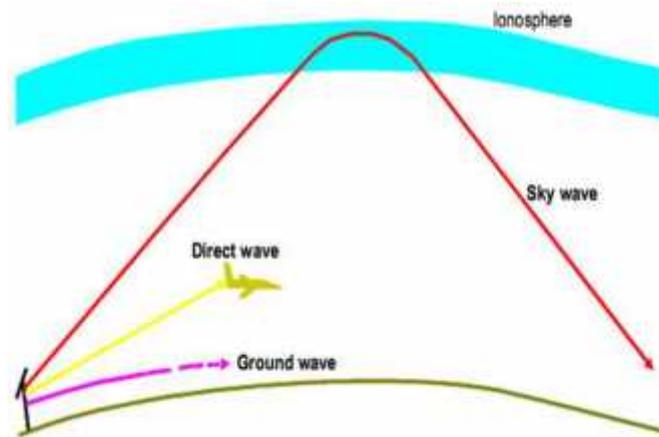
Gambar 2.4. Proses Modulasi AM SSB-SC

(sumber: Simanjuntak, 2009)

2.2.2. Perambatan Gelombang Radio

Perambatan gelombang radio merupakan cara gelombang radio merambat dari stasiun pemancar menuju stasiun penerima. Perambatan gelombang radio dapat dibagi

menjadi tiga cara yaitu pada *ground wave* atau, *line of sight*, dan *skywave*. Model lintasan perambatan gelombang radio terlihat gambar dibawah ini.



Gambar 2.5. Perambatan Gelombang Radio HF

(sumber: Nancy Ristanti, 2013)

Ground wave merupakan model perambatan gelombang radio yang merambat dari stasiun pemancar menuju penerima melalui proses pemantulan oleh benda-benda di permukaan bumi. selain tergantung pada daya pancar dan antena, jarak rambat gelombang juga sangat tergantung dari jenis permukaan bumi (pantulan). Berikut ini merupakan jenis konduktivitas untuk jenis permukaan bumi.

Tabel 2.1. Sifat konduktivitas permukaan bumi terhadap gelombang radio

Permukaan	Konduktivitas Relatif
Lautan	Bagus
Tanah liat	Cukup bagus
Daerah genangan air luas	Cukup bagus
Tanah berbatu	Kurang bagus
Padang pasir	Kurang bagus
Hutan rimba	Tidak dapat digunakan

(Sumber: Nancy Ristanti, 2013)

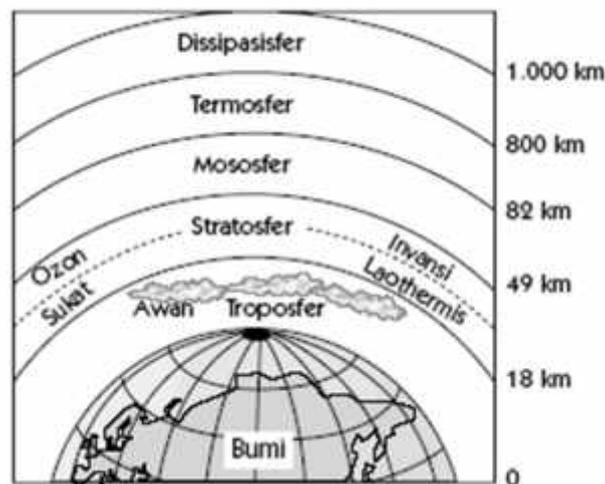
Line of sight adalah perambatan gelombang secara langsung dari pemancar ke penerima tanpa mengalami pantulan. Jarak jangkauan gelombang ini tergantung dari dayanya dengan syarat antara pemancar dan penerima harus saling melihat. Namun pada

faktanya bumi berbentuk bulat sehingga menyebabkan perambatan gelombang terbatas dikarenakan kelengkungan bumi. misalnya pada jarak jangkauan komunikasi radio untuk penerbangan menggunakan kanal VHF (30-300 MHz) dengan *line of sight* hanya menjangkau jarak sekitar 240 km (Igran, 1999) dan salah satu cara untuk menjangkau lebih jauh maka menggunakan *repeater* (Nancy Ristanti dkk, 2013).

Skywave merupakan gelombang radio yang merambat dari pemancar menuju penerima melalui pembelokan lapisan ionosfer. Jarak jangkauan gelombang ini lebih jauh jika dibandingkan dengan perambatan *ground wave, line of sight*.

2.3. Lapisan ionosfer

Lapisan ionosfer atau termosfer merupakan bagian penyusun lapisan atmosfer. Lapisan ini mengalami ionisasi yang disebabkan oleh radiasi energi matahari. Tidak ada batasan yang memastikan antara lapisan ionosfer dengan lapisan lain. Hanya saja pada sumber referensi yang ada lapisan ionosfer terletak pada ketinggian 50 km – 1000 km (Nancy Ristanti dkk, 2013).

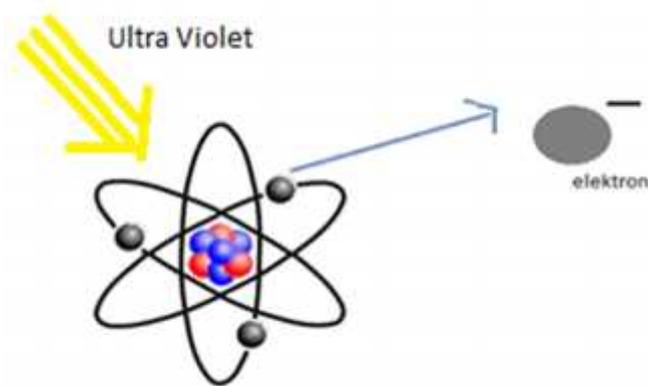


Gambar 2.6. Lapisan Penyusun Atmosfer Bumi

(Sumber: Rosmalia, 2012)

2.3.1. Penyusun Lapisan Ionosfer

Lapisan ionosfer terbentuk pada saat radiasi ultra violet dari matahari yang memberikan energi kepada atom yang tadapat di lapisan atmosfer bumi. Hal ini menyebabkan elektron terlepas dan menyebabkan atom bermuatan positif.



Gambar 2.7. Proses Ionisasi Elektron

(Sumber: Nancy Ristanti, 2013)

Pada ilustrasi gambar di atas menjelaskan bahwa radiasi sinar ultra violet mengenai atom netral di atmosfer sehingga terlepas elektron dari atom tersebut. Telepasnya elektron dari atom netral menyebabkan atom bermuatan positif.

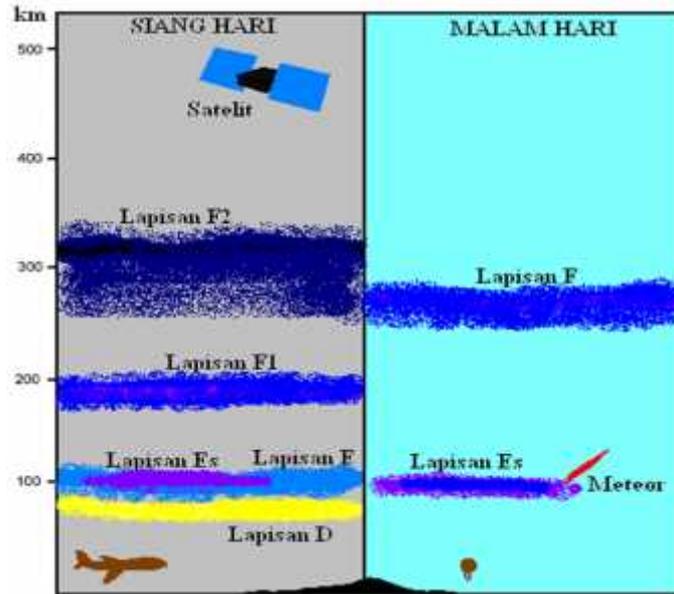
Proses pelepasan elektron pada lapisan ionosfer dinamakan fotoionisasi atau pembentukan. Proses fotoionisasi mulai terjadi saat matahari terbit, dan akan mencapai puncak ionisasi pada saat siang hari. Proses ini akan mengalami penurunan sampai matahari terbenam dan proses ionisasi akan terhenti.

Keberadaan jumlah elektron di ionosfer berkaitan dengan kemampuan sebagai media pantul gelombang radio. Semakin banyak jumlah elektronnya, itu berarti semakin tinggi frekuensi yang dapat dipantulkan. Hubungan antara frekuensi (f) dengan jumlah elektron dapat kita lihat pada persamaan berikut:

$$f_N^2 = 80,5N \quad (2-4)$$

dengan f dalam Hz dan N dalam satuan elektron per m^3 (Mc Namara,1992)

Ionosfer memiliki sifat yang tidak pernah konstan. Ionosfer sangat rentan terhadap cuaca yang terjadi diantariksa. Hal ini mempengaruhi lapisan penyusun dari ionosfer sendiri. Dimana pada kondisi siang hari berbeda pada malam hari dalam hal media pantulan gelombang radio. Lapisan ionosfer ini terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.8. Lapisan ionosfer pada siang dan malam hari

(Sumber : jiyo, 2013)

Gambar penyusun lapisan ionosfer diatas menunjukkan terdapat empat lapisan ionosfer yang terdiri: (Sumber: LAPAN, hal. 22. 2013)

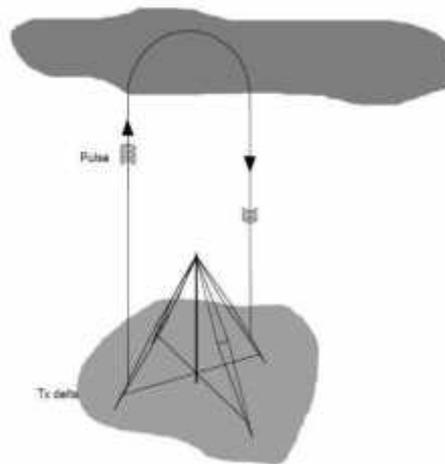
- lapisan D : 50 km sampai 90 km.
- Lapisan E : 90 km sampai 140 km
- Lapisan F1: 140 km sampai 210 km
- Lapisan F2 : di atas 210

Perbedaan pembentukan lapisan ionosfer dipengaruhi matahari. Terlihat bahwa pada siang hari lapisan terbentuk sempurna yaitu lapisan D, E, F1 dan F2. Sedangkan pada kondisi malam hari jumlah elektron menurun sehingga hanya lapisan F2 dan E sporadis yang terjadi. Kemunculan lapisan E-sporadis disebabkan oleh peristiwa *wind shear* dan memiliki hubungan dengan peristiwa hujan meteor (varuliantor, 2013).

2.3.2. Pengamatan Ionosfer

Karakteristik lapisan ionosfer sangat penting dalam komunikasi radio adalah kemampuannya untuk memantulkan sinyal gelombang yang melaluinya. Akan tetapi hanya gelombang rentang tertentu saja yang dapat dipantulkannya. Dengan memanfaatkan sifat pemantulan sinyal gelombang radio yang melalui lapisan ionosfer inilah maka alat

pengamatan lapisan ionosfer dibuat. Alat yang digunakan untuk mengamati lapisan ionosfer dikenal dengan nama ionosonda. Ionosonda adalah radar aktif (pemancar dan sekaligus penerima) dengan frekuensi pada band HF (3-30 HF), yang memancarkan sinyal dengan arah tegak lurus ke atas menuju ionosfer. Dibawah ini merupakan gambar prinsip dasar ionosonda yang digunakan untuk mengamati aktifitas lapisan ionosfer.

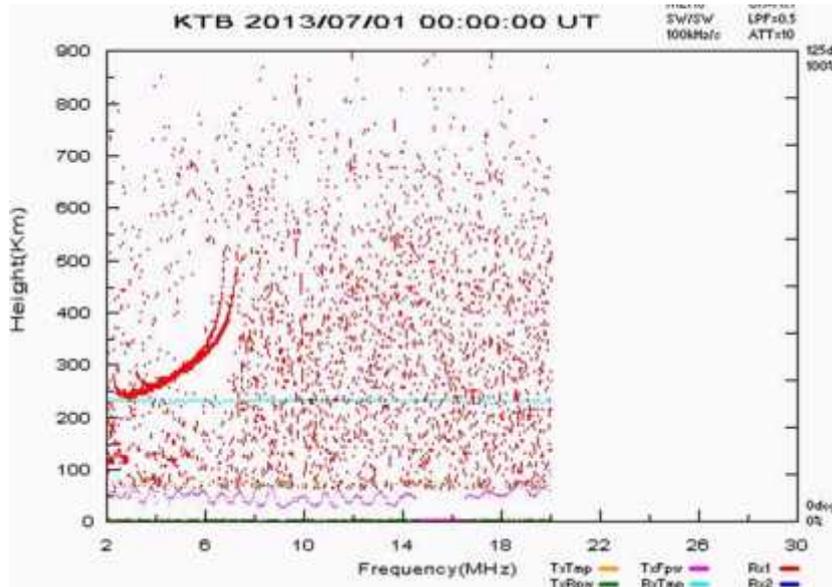


Gambar 2.9. Prinsip dasar ionosonda

(Sumber: Dyah R Martiningrum, M.Si, 2011)

Ionosonda bekerja memancarkan sinyal secara berurut dari frekuensi terendah (2 MHz) sampai ke frekuensi yang lebih tinggi (22 MHz) dan akan dikembalikan ke bumi secara berurutan pula. Ionosonda merekam selang waktu perjalanan gelombang mulai dari pemancaran sinyal sampai diterima kembali oleh ionosonda. Dari selang waktu pemancaran tersebut dapat dihitung jarak yang telah ditempuh. Informasi frekuensi dan jarak yang diperoleh kemudian diplot oleh ionosonda menjadi suatu kurva yang dikenal dengan ionogram.

Gambar 2.10 menunjukkan salah satu ionogram hasil dari pengamatan ionosonda Kototabang. Sumbu yang mendatar dari ionogram menyatakan frekuensi lapisan ionosfer (dalam MHz) dan sumbu vertikal menyatakan ketinggian (dalam km).



Gambar 2.10. Data ionogram

(Sumber: Prayitno Abadi, 2013)

Ionosonda tidak hanya memancarkan sinyal gelombang arah vertikal saja, namun ada pula ionosonda yang memancarkan gelombang secara miring (*oblique*). Sistem pengamatan ionosfer dengan ionosonda jenis *oblique* ini mengharuskan pemisahan lokasi pemancar dan penerima. Misalnya ionosonda *oblique* Manado-Sumedang. Ionosonda yang memancarkan gelombang ditempatkan di Manado dan ionosonda penerima di Sumedang. Rentang frekuensi yang dipancarkan juga lebih lebar yaitu antara 2 MHz hingga 35 MHz. Dengan ionosonda *oblique* memungkinkan untuk mengamati lapisan ionosfer di atas lautan atau hutan belantara yang tidak bisa dilakukan dengan ionosonda vertikal. Ionosonda jenis ini juga bisa digunakan untuk memantau perambatan gelombang dari lokasi pemancar hingga lokasi penerima, serta dapat digunakan untuk mempelajari berbagai model perambatan gelombang.

Selain ionosonda, ada beberapa alat lainnya yang mendukung penelitian lapisan ionosfer, antara lain radar MF, radar VHF, Meteor Wind Radar, Penerima GPS, dan radio komunikasi. (Sumber: Dyah R Martiningrum, M.Si, 2011).

2.4. Variasi Ionosfer

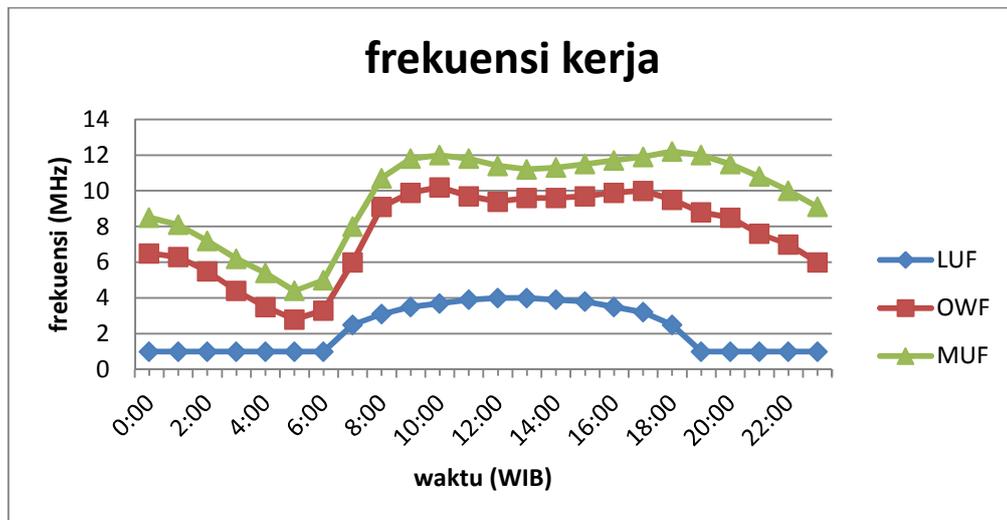
Lapisan ionosfer memiliki sifat tidak stabilan terhadap radiasi matahari. Lapisan ini cenderung berubah ubah tergantung kondisi pada saat itu. Radiasi matahari menjadi peran

penting dalam kelangsungan perambatan gelombang radio. Hal ini tentu saja menjadi kelemahan sistem komunikasi radio HF terhadap alam sangat tinggi. Namun aktivitas radiasi matahari dapat diamati menggunakan variasi lapisan ionosfer. Variasi yang digunakan yaitu variasi harian, variasi musiman, variasi jangka panjang dan variasi lokasi.

2.4.1. Variasi harian

Telah dijelaskan lapisan ionosfer dapat memantulkan gelombang radio dipengaruhi radiasi matahari. Hal ini jelas bahwa variasi harian merupakan pengamatan keberhasilan lapisan ionosfer memantulkan gelombang radio pada siang hari dan malam hari.

Pada kondisi siang hari dan malam hari terjadi perbedaan dalam pemantulan gelombang radio HF. Ini disebabkan karena jumlah elektron yang mengalami ionisasi meningkat sejalan dengan radiasi matahari. Sedangkan pada saat malam hari, elektron yang mengalami ionisasi terhenti. Dibawah ini adalah gambar variasi harian prediksi frekuensi antara kota Biak-Banjarmasin.



Gambar 2.11. Variasi harian

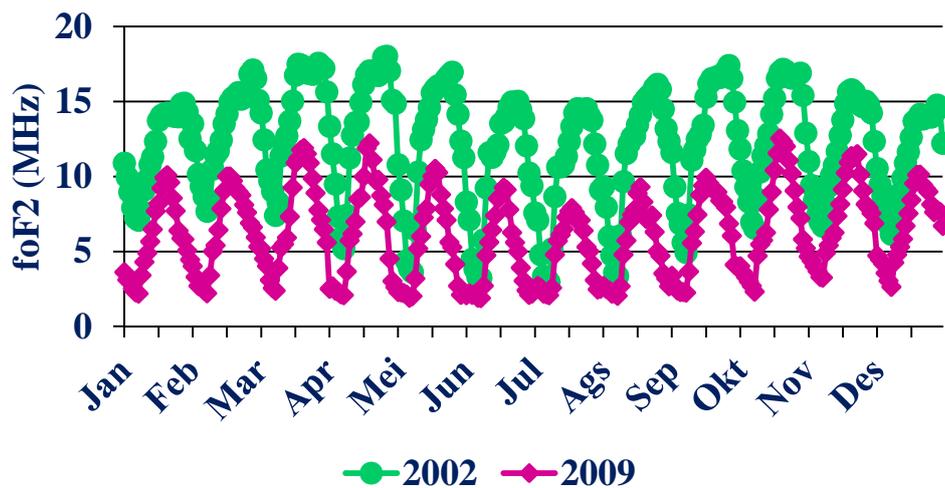
(Sumber : Nancy Ristanti dkk, 2013)

Dari gambar diatas merepresentasikan bahwa kondisi penggunaan frekuensi tiap waktu mengalami perubahan. Pada jam 00:00 WIB - 08:00 WIB memiliki rentang frekuensi kerja berkisar 3 MHz, ini dikarenakan kandungan elektron yang terdapat dilapisan ionosfer mengalami penurunan. Sehingga menyebabkan frekuensi gelombang radio yang dapat dipantulkan sangat kecil. Ini berbeda pada saat jam 08:00 WIB - 18:00 WIB dimana

aktifitas relatif tinggi dengan frekuensi 9 MHz, ini terjadi karena elektron yang dihasilkan dilapisan ionosfer masih tinggi sehingga frekuensi gelombang radio yang dapat dipantulkan lebih tinggi. Namun pada saat jam 19:00 WIB - 23:00 WIB frekuensi kerja mulai menurun dengan nilai 3 MHz.

2.4.2. Varian musiman

Variasi musiman merupakan pengamatan lapisan atmosfer yang dilakukan dalam waktu permusim. Pada tiap musim, posisi matahari berbeda beda terhadap bumi. pada tanggal 23 September dan 21 Maret posisi matahari tepat berada di ekuator, pada tanggal 21 Desember matahari berada posisi selatan, sedangkan pada 21 Juni berada di sebelah utara. Posisi inilah yang menentukan besarnya radiasi yang sampai di ionosfer, yang akan berpengaruh dalam pembentukannya. Variasi musiman selama 1 tahun dapat dilihat pada gambar berikut



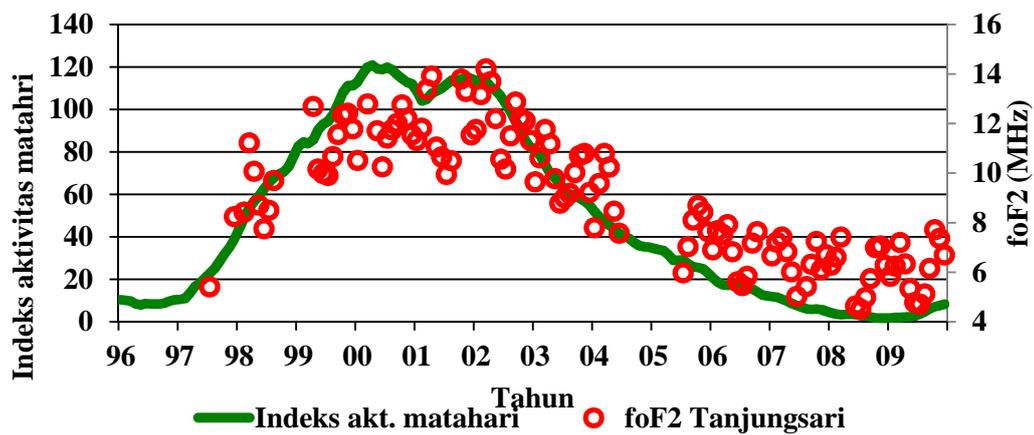
Gambar 2.12. Variansi musiman

(Sumber: Sri suhartini, 2013)

Dari Gambar 2.12 dapat diketahui bahwa pada saat bulan Maret-April, dan September - Oktober terlihat bahwa frekuensi lapisan f_2 lebih besar dibandingkan pada daat bulan Juni - Juli dan Desember - Januari. Hal ini dikarnakan pada bulan maret-april dan September-Oktober posisi matahari berada disekitar katulistiwa.

2.4.3. Variasi Jangka Panjang

Variasi jangka panjang merupakan siklus aktifitas matahari dalam kurun waktu 11 tahun. Dalam kurun waktu tersebut matahari mengalami aktifitas yang secara aktif dan secara tenang. Ketika kondisi secara aktif, energi yang dipancarkan matahari akan sangat besar, sehingga aktifitas di ionosfer dapat mengionisasi lebih banyak partikel netral. Sehingga jumlah elektron meningkat dan lapisan ionosfer dapat memantulkan gelombang radio dengan frekuensi lebih tinggi. Setelah mencapai puncak, aktifitas matahari kembali tenang sehingga energi juga menurun, sehingga produksi elektron juga menurun. Hal ini mengakibatkan gelombang radio yang dipantulkan juga mengalami penurunan frekuensinya.



Gambar 2.13. Variansi jangka panjang

(Sumber: Sri suhartini, 2013)

Dari gambar di atas terlihat bahwa aktifitas matahari selalu berubah. Pada tahun 97, indeks matahari sejaris dengan aktifitar matahari pada tahun 2007. Itu artinya rentang aktifitas matahari akan mengalami perubahan selama 11 tahun. Aktifitas matahari berada pada puncaknya terlihat di tahun 2000 dan mengalami penurunan sampai tahun 2009.

2.4.4. Variasi lokasi

Ionosfer dibentuk karena adanya dua komponen yang menentukan yaitu partikel netral yang akan terionisasi dan matahari sebagai sumber energi. Perubahan posisi matahari

terhadap bumi menyebabkan variasi musiman. Pada suatu waktu kondisi ionosfer pada tempat yang berbeda akan berbeda pula. Ionosfer pada saat posisi dekat dengan matahari akan berbeda dengan ionosfer di tempat lain yang jauh dari matahari. Hal ini menyebabkan terjadinya variasi lokasi.

2.5. Manajemen Frekuensi Komunikasi Radio HF

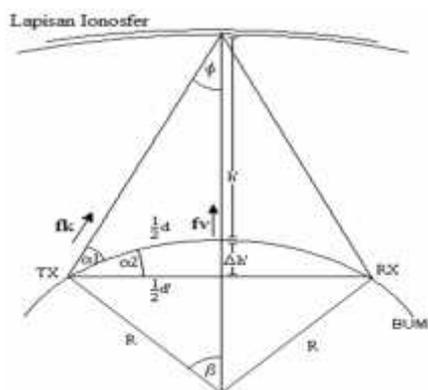
Komunikasi radio HF jarak jauh dapat berlangsung dengan bantuan lapisan ionosfer sebagai media pantul gelombang radio. Kondisi lapisan ionosfer itu sendiri selalu bervariasi terhadap waktu ke waktu. Sedangkan alokasi frekuensi radio HF memiliki rentang 3-30 MHz yang terbatas pengoperasiannya. Ini menyebabkan frekuensi yang digunakan dalam satu hari selalu berubah-ubah. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan rentang frekuensi yang dapat digunakan untuk mendukung pemakaian komunikasi radio HF (Suhartini, 2005).

Manajemen frekuensi radio HF merupakan prediksi pencarian frekuensi kerja yang terbaik. Prediksi ini merupakan panduan umum berdasar kondisi rata-rata dalam kurun waktu satu bulan atau lebih, yang memberikan informasi tentang frekuensi yang dapat digunakan (Suhartini, 2005).

Untuk memajemen frekuensi kerja pada komunikasi radio HF, maka digunakan perhitungan nilai MUF, OMF dan LUF yang menyatakan pada waktu dan frekuensi berapa saja dapat digunakan.

2.5.1. *Maximum usable Frequency (MUF)*

MUF merupakan frekuensi tertinggi antara dua stasiun radio (*transmit dan receive*) sehingga gelombang radio dapat dipantulkan kembali oleh lapisan ionosfer (Nancy Ristanti, 2013). Nilai dari MUF diperoleh berdasarkan kondisi lapisan ionosfer dan jarak antara pemancar ke penerima. Frekuensi yang lebih tinggi dari nilai MUF akan diteruskan ke angkasa dengan kata lain gelombang radio tidak akan sampai penerima.



Gambar 2.14. Frekuensi Kerja Radio HF

(Sumber: varuliantor, 2013)

Untuk menentukan frekuensi kerja MUF pada Radio HF, digunakan model persamaan rumus dibawah ini:

$$MUF = f_oF_2 \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{d'^2}{4h'^2}}}{h'} \quad (2-5)$$

f_o/f_v = frekuensi kritis/ frekuensi vertikal lapisan ionosfer

d' = jarak semu sirkit komunikasi

h' = ketinggian lapisan ionosfer

Tx = Stasiun Pemancar

Rx = Stasiun Penerima

2.5.2. Optimum Working Frequency (OWF)

Untuk memastikan komunikasi antara stasiun pemancar dengan stasiun penerima berjalan lancar, biasanya frekuensi dipilih dibawah frekuensi maximun. Nilai frekuensi ini dinamakan optimum working frekuensi (OWF). Formula umum yang digunakan frekuensi optimum dengan menghitung 80% - 90% dari nilai MUF (varuliantor Dear, 2013).

Rumus persamaan yang digunakan:

$$OWF = 0,85 \times MUF \quad (2-6)$$

2.5.3. Lowest Useble Frequency (LUF)

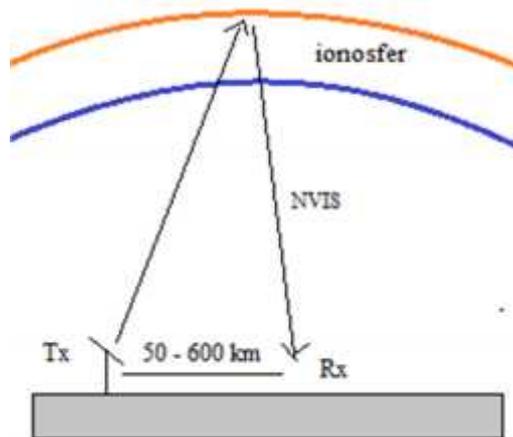
LUF merupakan frekuensi terendah yang dapat dipantulkan lapisan ionosfer. LUF ini terjadi pada saat elektron yang terdapat dilapisan ionosfer menurun akibat tidak adanya radiasi matahari. Dengan kata lain, peristiwa LUF ini terjadi di sepanjang malam hari sampai menjelang pagi pada saat matahari mulai terbit.

$$LUF = f_{min} \cdot \frac{\sqrt{1/4d'^2 + h'^2}}{h'} \quad (2-7)$$

2.6. Komunikasi Radio HF Near Vertical Incidence Skywave (NVIS)

Near vertical incidence skywave adalah sebutan komunikasi radio untuk jarak dekat dengan berkisar jarak antara 50-600 km. Komunikasi jenis ini pada umumnya digunakan dalam komunikasi militer dan penggunaan radio HF untuk pemerintahan (Gatot Wikanto, dkk. 2013).

RF dipancarkan pada sudut elevasi tinggi (> 70 derajat). Jika frekuensi RF berada di bawah frekuensi kritis, akan dibiaskan kembali ke permukaan bumi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 berikut.



Gambar 2.15. Propagasi NVIS

(Sumber : Varuliantor Dear, 2013)

Keuntungan NVIS tidak memerlukan infrastruktur seperti *repeater* atau satelit. Dua stasiun menggunakan teknik NVIS dapat membangun komunikasi yang dapat diandalkan tanpa dukungan pihak ketiga. Komunikasi radio NVIS cocok untuk komunikasi darurat

regional, dengan bantuan lapisan ionosfer, komunikasi yang handal untuk jarak sekitar 300 kilometer dapat terciptakan.

2.7. Automatic Link Establishment (ALE) Radio HF

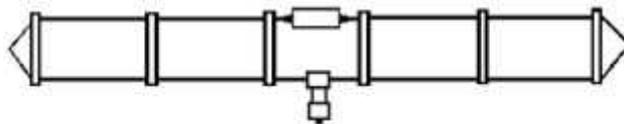
Sistem komunikasi radio HF telah berkembang dengan mengadopsi komunikasi data digital. Penerapan ini dapat dilakukan dengan menambah perangkat utama yaitu modem radio atau *interface*. Seperti yang telah diterapkan pada jaringan *automatic link establishment* (ALE).

Sistem ALE merupakan sistem yang melakukan pengukuran terhadap pemilihan frekuensi kerja pada komunikasi radio secara otomatis. Dengan memasukkan frekuensi kerja yang dimiliki pada kanal yang disediakan, sistem ALE akan melakukan pengujian dari tiap-tiap kanal untuk mencari frekuensi yang dapat digunakan dari waktu ke waktu. Dalam pengukuran tersebut, pemilihan frekuensi kerja ditentukan dari hasil kualitas frekuensi kerja yang paling baik stasiun masing-masing (Varuliantor Dear, 2012).

2.7.1. Antena

Dengan spesifikasi antena yang digunakan sebagai berikut:

<i>Merk antena</i>	: CDW-230 jenis Dipole
<i>Frequency range</i>	: 1,8 – 30 MHz
<i>Input impedance</i>	: 50 ohm
<i>Max. Input power</i>	: 500 W
<i>Antena length</i>	: 25 m (82 ft)
<i>Wight</i>	: approx 3 kg (antena body)
<i>Coax cable</i>	: 30 m



Gambar 2.16. Model Jenis Antena CDW-230
(Sumber: Varuliantor, 2013)

2.7.2. Radio Transceiver

Radio *transceiver* berfungsi sebagai *output* dan *input* berupa suara.



Gambar 2.17. Radio *Transceiver* Produksi ICOM
(Sumber: Varuliantor, 2013)

2.7.3. Modem

Modem merupakan perangkat *interface* antara komputer dan radio *transceiver*. Peran utama modem adalah mengontrol perangkat transceiver pada saat menerima atau mengirim informasi dari komputer ke *transceiver*. Modem menggunakan gelombang audio sebagai informasi memanfaatkan fungsi *soundcard* pada komputer sebagai pengolah data suara untuk diubah ke dalam digital.



Gambar 2.18. Modem TNC
(Sumber: Varuliantor, 2013)

2.7.4. PC/Lapto

PC/laptop merupakan perangkat yang berfungsi *monitoring* secara visual berupa text dan gambar. PC terhubung ke modem melalui *port* USB ataupun port yang tersedia tergantung jenis modem.

2.7.5. Perangkat *Software*

Software dalam komunikasi data digital sangat penting. Dengan adanya *software* ini perintah-perintah dapat dijalankan sehingga antara modem/TNC dan radio *transceiver* dapat saling terhubung dalam mengirimkan informasi yang dapat ditampilkan melalui PC. Salah satu *software* yang digunakan oleh sistem jaringan ALE adalah MixW. MixW dibuat oleh Nick Fedoseev dan timnya.