

SIMULASI PREDIKSI SINTILASI IONOSFER MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB DENGAN METODE *NEURAL NETWORK*

Syihab Agung Satriotomo¹, Umar Ali Ahmad², Prayitno Abadi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

syihabtom@student.telkomuniversity.ac.id¹, umar@telkomuniversity.ac.id², prayitno@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Untuk tercapainya sebuah kestabilan pertukaran informasi diperlukan satelit untuk transmisi sebuah sinyal, namun secanggih apapun teknologi yang manusia ciptakan pasti ada suatu hal yang mengganggu dalam aktivitas tersebut. Salah satu gangguan yang biasanya dialami oleh satelit adalah fenomena alam yaitu Sintilasi Ionosfer, karena fenomena tersebut dapat mengganggu frekuensi gelombang radio yang ditransmisikan oleh satelit *Global Navigation Satellite System (GNSS)*. *GNSS* berperan untuk penentuan posisi *GPS*. Fenomena sintilasi ionosfer merupakan salah satu yang dapat mengganggu sinyal dari satelit, *GPS* akan mengalami fluktuasi yang cepat pada amplitudo dan fasa sinyalnya saat diterima di *receiver* akibat ketidakaturan kerapatan elektron, sehingga *receiver GPS* tidak dapat menerima informasi secara akurat. Faktor faktor terjadinya sintilasi ionosfer yaitu dipengaruhi oleh kecepatan lapisan ionosfer pada sore hari (v), aktivitas matahari (F10.7), dan aktivitas geomagnetik (Kp). Faktor parameter v merupakan komponen yang paling dominan untuk yang menyebabkan terjadinya sintilasi ionosfer, semakin besar v semakin besar peluang terjadinya sintilasi ionosfer. Penelitian ini menghasilkan pemodelan sederhana namun akurat dalam memprediksi terjadinya fenomena sintilasi ionosfer yang sering terjadi pasca terbenamnya matahari, dengan menggunakan metode *neural network (NN)* untuk membangun pemodelan kejadian sintilasi ionosfer.

Kata kunci: aktivitas geomagnetik, F10.7, kecepatan sintilasi, *neural network*, prediksi, sintilasi ionosfer

I. PENDAHULUAN

Era Industri 4.0 dalam aktivitas sehari-hari menggunakan *device* yang memerlukan sebuah transmisi data melalui frekuensi sinyal satelit, namun terkadang transmisi data tersebut dapat terganggu. Salah satu keberhasilan komunikasi satelit dalam transmisi data dengan melalui medium dispersif yang merupakan lapisan ionosfer [1]. Sintilasi Ionosfer merupakan fenomena alam yang membuat sinyal tidak beraturan dikarenakan adanya fluktuasi yang cepat dari fasa dan amplitudo sinyal frekuensi gelombang radio sehingga kejadian tersebut bisa menghambat transmisi data [1]. Kejadian Sintilasi Ionosfer disebabkan oleh gelembung plasma yang mulai terbentuk pasca Matahari terbenam karena kejadian tersebutlah timbul gelombang kejut yang ditimbulkan oleh perubahan ion-ion di ionosfer secara mendadak [1]. Gelombang kejut menimbulkan turbulensi yang memicu ketidakaturan ionosfer [1]. Kejadian gelembung plasma yang timbul secara mendadak maka dapat terjadinya sebuah pemecahan sinyal transmisi data dari satelit.

Sudah banyak metode tradisional yang telah dikembangkan seperti regresi linier berganda [11], analisis autokorelasi [12], dan asimilasi data [13] yang menggunakan nilai sintilasi ionosfer sebelumnya atau yang sudah terjadi di dunia nyata sebagai input untuk memprediksi sintilasi ionosfer saat ini. *Neural Network* menjadi salah satu metode baru yang sangat mendorong dalam terjadinya prediksi sintilasi Ionosfer. Dalam penelitian ini, telah merancang dan membangun sebuah pemodelan *Neural Network* dengan menggunakan aplikasi matlab yang bertujuan untuk menemukan kombinasi parameter yang stabil dari F10.7, Aktivitas geomagnet (Kp), dan Kecepatan sintilasi (v).

II. KAJIAN TEORI

A. Aktivitas Geomagnet (Indeks Kp)

Indeks Kp merupakan suatu parameter yang didesain untuk mengindikasikan tingkat gangguan *geomagnetic global* yang berasal dari interaksi angin matahari dengan magnetosfer [4]. Indeks Kp biasanya digunakan dalam penelitian saintek *solar-terrestrial relationship* yaitu hubungan antara matahari dan planet terestrial lainnya. Berlanjut selama 50 tahun membuatnya sangat bersejarah dan studi variasi siklus matahari dan efek jangka panjang lainnya pada fenomena antar planet *terrestrial* dan magnetosfer [4]. Selain itu indeks Kp banyak digunakan sebagai masukan untuk pemodelan magnetosfer atau ionosfer karena indeks ini memiliki keterkaitan yang sangat tinggi dalam memantau dan memprediksi cuaca atmosfer.

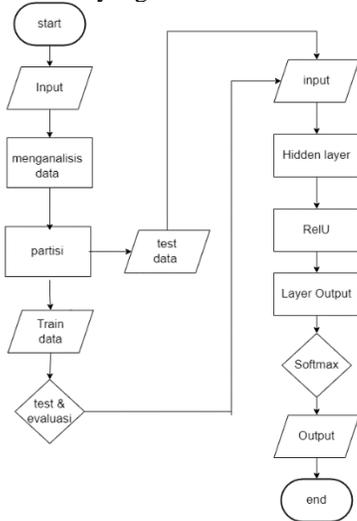
B. Aktivitas Matahari (F10.7)

F10.7 atau emisi gelombang mikro solar pada Panjang gelombang 10,7 cm atau 2800 MHz merupakan indikator aktivitas matahari yang sangat sering digunakan, Pengukuran kerapatan fluks matahari pada panjang gelombang ini dikenal sebagai fluks radio matahari 10,7 cm, atau indeks F10.7. Indeks F10.7 sangat sering digunakan dalam model termosfer dan ionosfer (bumi) karena emisi gelombang mikro ini berkorelasi baik dengan emisi tenaga matahari lainnya seperti ultra violet ekstrim (EUV), ultraviolet (UV), dan sinar-X yang berasal dari daerah serupa di atmosfer matahari, yaitu bagian atas kromosfer dan dasar korona [13]. Hubungan dengan EUV sangat berpengaruh karena fluks EUV matahari adalah sumber energi utama di atmosfer planet terestrial (planet seperti merkurius, venus, bumi, dan mars) yang atmosfernya menghasilkan ionisasi, disosiasi, dan pemanasan [10]. Variabilitas tingkat ionisasi dalam ionosfer mempengaruhi

propagasi gelombang radio yang dapat menyebabkan kesalahan komunikasi atmosfer terestrial, satelit dan sinyal navigasi [14].

C. Flowchart

Berikut adalah *flowchart* pada penelitian ini yang menggambarkan langkah-langkah yang akan berjalan dalam program aplikasi matlab yang sudah dibuat.



GAMBAR 1 (FLOWCHART PROGRAM)

Gambar 1 menjelaskan alur berjalannya kode dan proses apa saja yang dilalui untuk mendapatkan *output* pada aplikasi matlab. Mulai dari memuat data kemudian membaca isi data yang digunakan. Partisi data, data training 70% dan data test 80%. Data *train* dilatih dan di *test* beserta dievaluasi baru masuk ke dalam pemodelan berbarengan dengan data test 30% sebelumnya. *Train* data dilatih untuk mendapatkan arsitektur model yang optimal baru kemudian hasil data *Train* masuk ke dalam arsitektur *neural network* (flow chart kanan).

D. Fungsi ReLU

Fungsi ReLU (*Rectified Linear Unit*) merupakan fungsi aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini dalam aplikasi Matlab saat menentukan dari *hidden layer* ke *layer output*. Fungsi ReLU ini aktif pada *hidden layer* berikut persamaan untuk fungsi ReLU.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

ReLU memiliki beberapa kelebihan seperti sangat cepat dalam proses dibandingkan dengan sigmoid. Fungsi ini juga memiliki sebuah kekurangan karena saat proses *training* bisa membuat beberapa node mati jika *learning rate* yang digunakan terlalu tinggi. ReLU membuat batasan pada nilai nol, apabila nilai *x* lebih kecil dari nol maka nilai tersebut akan menjadi nol, jika nilai *x* lebih dari nol maka nilai tersebut akan menjadi nilai satu.

E. Kecepatan sintilasi (v)

Kecepatan sintilasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ketika gelombang radio trans ionosfer merambat

melalui lapisan ionosfer yang tidak teratur dengan penipisan plasma, penipisan plasma tersebut yang menjadi subjek pada peningkatan dan pemudaran sporadis yang disebut sintilasi. Satuan aktivitas sintilasi dinamakan indeks S4, Indeks ini yang mengukur sintilasi pada amplitudo dari sinyal radio yang melewati ketidakaturan ionosfer [2].

F. Neural Network

Neural Network atau jaringan saraf tiruan merupakan sekelompok pemroses kecil yang terdiri dari neuron menyerupai sistem syaraf manusia. Sistem jaringan syaraf tiruan terkenal dengan sistemnya yang sangat adaptif karena dapat mengubah struktur dan menyelesaikan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal melalui sebuah jaringan.

G. Sintilasi Ionosfer

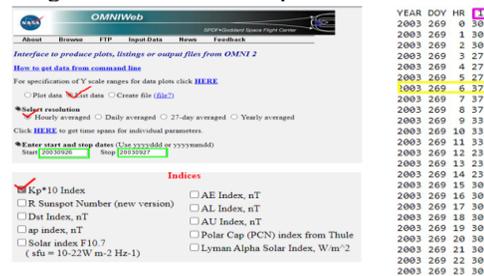
Sintilasi Ionosfer terjadi karena ketidakaturan sebuah plasma yang secara mendadak dan kejadian tersebut terjadi waktu pasca matahari terbenam [1]. Kejadian sintilasi ionosfer terjadi pada malam hari karena pada siang hari plasma pada lapisan ionosfer diproduksi oleh fotoionisasi [3]. Selama malam hari ketebalan plasma *F-region* masih tetap, namun ketebalan plasma pada *E-region* berkurang sangat drastis yang menyebabkan terjadinya plasma dengan ketinggian lebih tinggi (*F-region*) menerobos ke lapisan plasma dengan ketinggian lebih rendah (*E-region*) maka terbentuk sebuah gelembung plasma [3]. Gelembung plasma dapat menyebar dan memicu gangguan sinyal jika mencapai ketinggian ketinggian konsentrasi gelembung sama dengan konsentrasi plasma di luar gelembung [1]. Kejadian gelembung plasma tersebut yang dapat memicu terjadinya sintilasi ionosfer karena mengganggu sinyal frekuensi *L-band* yang menjadi sebuah media pantulan sinyal frekuensi dari satelit ke *receiver*.

III. METODE

Data input yang menjadi faktor dalam penelitian ini meliputi aktivitas matahari (F10.7), aktivitas geomagnet (Kp), dan kecepatan sintilasi (v). Berikut adalah cara mendapatkan ketiga parameter tersebut.

A. Aktivitas Geomagnetik (Kp)

Untuk mendapatkan data aktivitas geomagnetik (Kp) dengan mengakses web NASA dapat melalui browser :



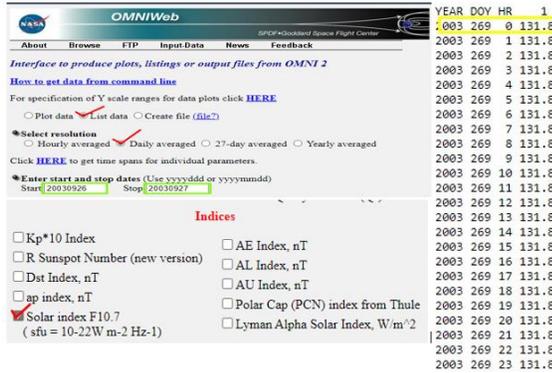
GAMBAR 2 (PILIHAN PARAMETER KP DAN HASIL)

Pada web NASA OMNIWeb yang bisa diakses melalui *browser* dan memilih pilihan list data, kemudian memilih rata-rata jam dan memasukkan *DOY* (*day of the year*) dari hari yang

ingin kita pantau datanya sampai keesokan harinya yang berada dalam kotak hijau. Memilih pilihan Kp indeks, Kemudian muncul tampilan baris yang dimana menjadi hasil pengamatan Kp pada DOY saat itu namun diambil data yang memiliki hasil paling tinggi seperti dalam kotak kuning dalam gambar 2.

B. Aktivitas Matahari (F10.7)

Untuk mendapatkan data aktivitas geomagnetik (F10.7) dengan mengakses web NASA dapat melalui browser:

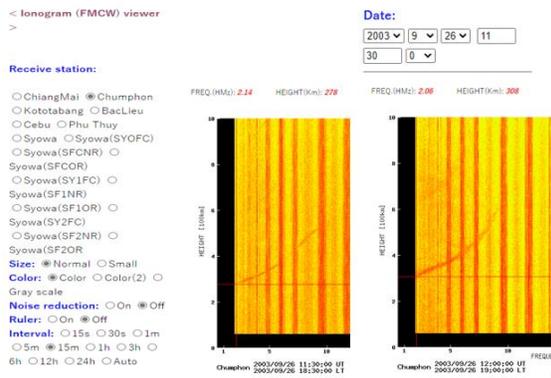


GAMBAR 3 (PILIHAN PARAMETER F10.7 DAN HASIL)

Pada web NASA OMNIWeb yang bisa diakses melalui browser dan memilih pilihan list data, kemudian memilih rata-rata hari dan memasukan DOY (day of the year) dari hari yang ingin kita pantau datanya sampai keesokan harinya yang berada dalam kotak hijau. Memilih pilihan F10.7, Kemudian muncul tampilan baris yang dimana menjadi hasil pengamatan F10.7 pada DOY saat itu namun diambil data yang memiliki hasil paling tinggi seperti dalam kotak kuning dalam gambar 3.

C. Kecepatan Sintilasi (v)

Untuk mendapatkan data kecepatan sintilasi (v) dengan mengakses web FMCW viewer ionogram dapat melalui browser:



GAMBAR 4 (PILIHAN PARAMETER V DAN HASIL)

Pada web FMCW Viewer ionogram pada gambar 4 memilih kota Chumphon Thailand dikarenakan data kecepatan sintilasi pada kototabang milik Indonesia belum bisa memantau indeks ini. Lalu memilih interval 15 menit dan

memilih tahun, bulan, dan hari dalam 30 hari kemudian memilih jam dan menit yang diinginkan tetapi memilih waktu itu adalah waktu universal time bukan waktu lokal. Pada jam 11.30 ditemukan kecepatan sintilasi berada dalam ketinggian 278 km dan pada jam 12.00 berada pada ketinggian 308 km. Ketinggian pada jam 12 dikurangi dengan ketinggian pada jam 11.30 kemudian dibagi 30 menit dan diubah menjadi detik, baru kemudian kilometer menjadi meter karena satuan yang digunakan meter per detik.

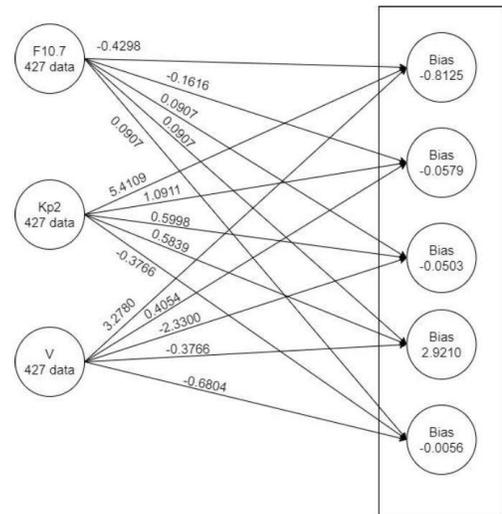
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini meliputi: hasil arsitektur pemodelan neural network, hasil prediksi, plot program dan analisis pengujian.

A. Hasil Arsitektur Pemodelan Neural Network

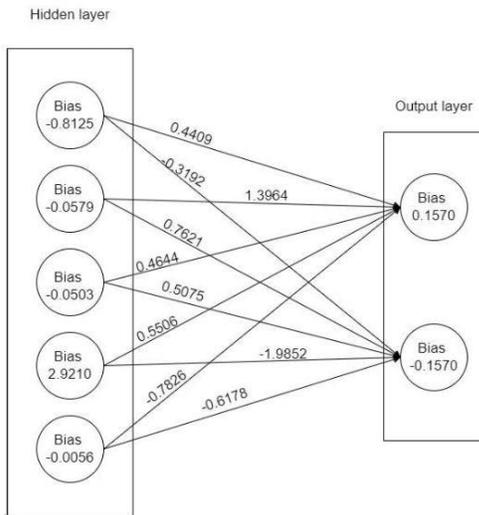
Dalam penelitian ini diambil hasil dari arsitektur neural network yang berisi matriks, bobot dan bias dalam setiap nodes dan layer Berikut adalah hasil dari parameter yang dimasukkan,

1. Bobot dan Bias Parameter F10.7, Kp, dan v



GAMBAR 5 BOBOT DAN BIAS KE HIDDEN LAYER PARAMETER F 10.7, KP, DAN v

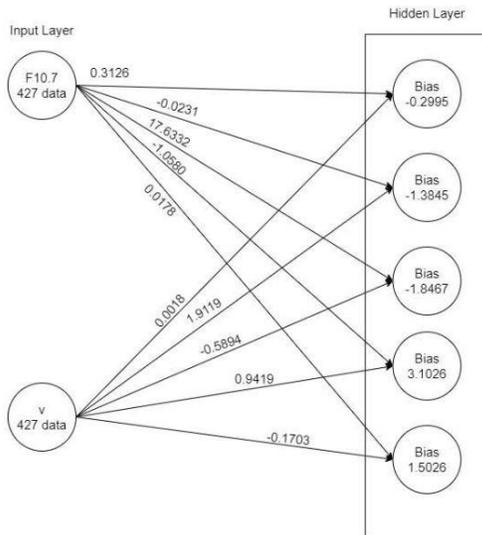
Gambar 5 menunjukkan bobot dari input ke hidden layer, begitu juga dengan bias pada node hidden layer didapatkan pada aplikasi matlab dengan menggunakan tiga parameter yaitu F10.7, Kp, dan v. Dikarenakan model yang digunakan dalam Neural Network adalah fully connected, yaitu setiap input terhubung ke semua node yang berada dalam hidden layer akan diteruskan ke output layer



GAMBAR 6
BOBOT DAN BIAS DARI HIDDEN LAYER MENUJU OUTPUT LAYER

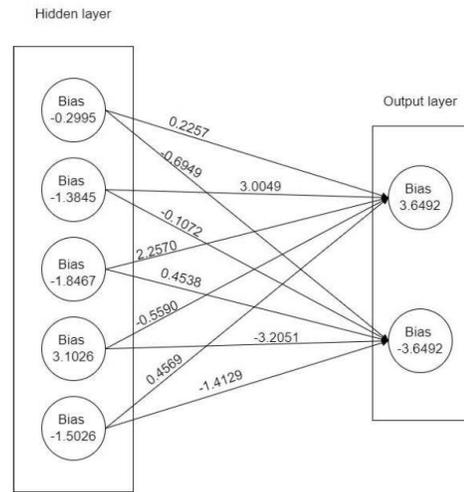
Pemodelan *neural network* menggunakan tiga parameter yang menampilkan nilai bobot yang berasal dari *hidden layer* menuju *output layer*. Setiap node pada *hidden layer* maupun *output layer* memiliki nilai bias yang nanti akan diteruskan menjadi hasil prediksi *input* tiga parameter.

2. Bobot dan Bias Parameter F10.7, dan v



GAMBAR 7
BOBOT DAN BIAS DARI INPUT KE HIDDEN LAYER

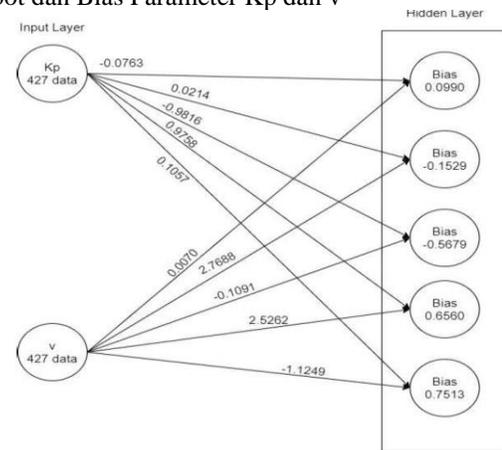
Gambar 8 menunjukkan bobot dan bias dengan menggunakan dua parameter yaitu parameter F10.7, dan v. Setiap input dari F10.7, dan v yang memiliki 427 data masing-masing terhubung dikarenakan *neural network* ini menggunakan *fully connected* dan disetiap hubungannya terdapat bobot yang menuju *hidden layer*. Pada setiap node yang menuju *hidden layer* memiliki bias untuk bisa dikalkulasi dan dilanjutkan ke *output layer*.



GAMBAR 8
RINCIAN BOBOT DAN BIAS PARAMETER F10.7, DAN V

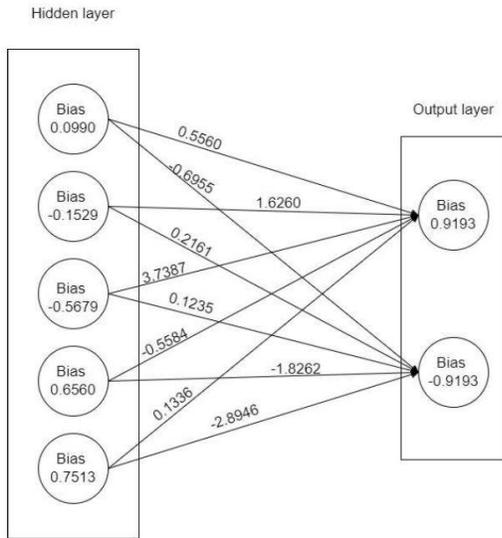
Gambar 9 menunjukkan bobot dan bias dari *hidden layer* menuju *output layer*. Setiap node yang berada dalam *hidden layer* memiliki bias dan akan terhubung menuju *output layer*. Hubungan node dari *hidden layer* menuju *output layer* masing-masing memiliki bobot yang berbeda. Selain itu bias yang menuju *output layer* yang bernilai 3.6492 menandakan terjadinya sintilasi, dan nilai bias pada *output layer* yang memiliki nilai -3.6492 menandakan tidak terjadinya sintilasi pada *output layer*.

3. Bobot dan Bias Parameter Kp dan v



GAMBAR 9
BOBOT DAN BIAS PARAMETER KP DAN V

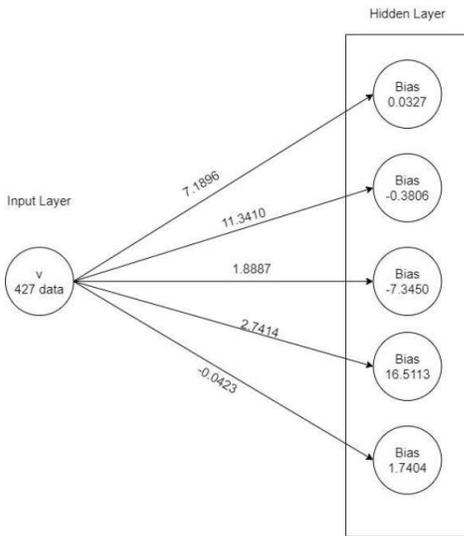
Gambar 9 menunjukkan bobot dan bias dengan menggunakan dua parameter yaitu parameter Kp dan v sebagai *input*. 427 data pada setiap *input* yang digunakan masing-masing terhubung dengan node yang berada di dalam *hidden layer*. Masing-masing bobot memiliki nilai yang berbeda dan terhubung dengan node dalam *hidden layer* yang masing-masing node memiliki bias yang berbeda.



GAMBAR 10
BOBOT DAN BIAS *OUTPUT* PARAMETER KP DAN V

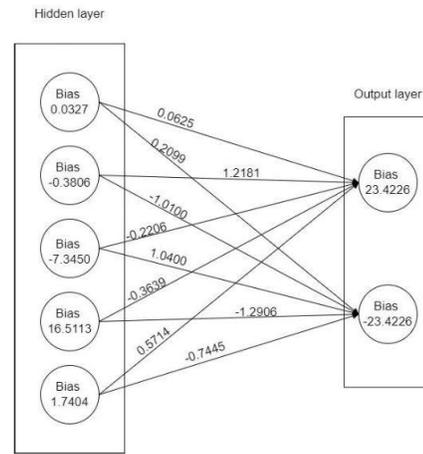
Gambar 10 menunjukan pada node yang memiliki bias dengan nilai 0.9193 mewakili terjadinya sintilasi dan node yang memiliki nilai bias -0.9193 merupakan perwakilan tidak terjadinya sintilasi.

4. Bobot dan Bias Parameter v



GAMBAR 11
INPUT KE *HIDDEN LAYER* PARAMETER V

Gambar 11 menunjukan bobot dan bias dari *input* yang menggunakan parameter v. dari parameter v yang berjumlah 427 data memiliki bobot yang berbeda disetiap hubungannya terhadap node dalam *hidden layer*. Setiap node pada *hidden layer* masing-masing memiliki nilai bias yang berbeda. Setelah itu, dalam *hidden layer* dikalkulasikan dan menuju *output layer*.



GAMBAR 12
BOBOT DAN BIAS MENUJU *OUTPUT LAYER* DARI *HIDDEN LAYER* PARAMETER V

Nilai bias 23.4226 mewakili node yang terjadinya sintilasi. Node yang memiliki nilai bias -23.4226 mewakili node yang tidak terjadinya sintilasi. Kemudian dilanjutkan ke *output* yang berupa persentase.

B. Hasil Prediksi

Hasil prediksi dengan beberapa kombinasi untuk mendapatkan nilai akurasi tes dan akurasi latihan.

1. Hasil prediksi terhadap 3 parameter (F 10.7, Kp, dan v)

TABEL 1
AKURASI DARI F 10.7, Kp, dan v

accuracyTest	85.1580
accuracyTrain	81.6054

Akurasi yang stabil dan tinggi dipegang oleh kombinasi parameter F 10.7, Kp, dan v yang mendapatkan nilai akurasi tes sebesar 85 % dan akurasi latihan sebesar 81 %. Hasil tersebut menunjukan bahwa hasil akurasi tes dan akurasi latihan memiliki jarak yang cukup kecil namun memiliki akurasi tes paling tinggi ditampilkan pada tabel 1. Rumusan untuk mendapatkan akurasi parameter F107, Kp, dan v

$$accuracy\ test = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 85,15 \tag{1}$$

$$accuracy\ train = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 81,6 \tag{2}$$

2. Hasil prediksi terhadap F 10.7 dan v

TABEL 2
AKURASI DARI F10.7 dan v

accuracy	80.4676
accuracyTrain	80.6020

Tabel 2 menunjukan hasil dari kombinasi F10.7 dan v memiliki hasil paling stabil dibanding dengan hasil kombinasi lainnya yang dikarenakan sangat kecilnya selisi hasil dari

akurasi tes dan akurasi latih. Rumus untuk mendapatkan *accuracy test* dan *accuracy train* pada parameter F10.7 dan v:

$$accuracy\ test = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 80,46 \quad (3)$$

$$accuracy\ train = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 80,6 \quad (4)$$

3. Hasil prediksi terhadap Kp dan v

TABEL 3
AKURASI DARI PARAMETER Kp dan v

accuracy	82.0300
accuracyTrain	79.9331

Tabel 3 menunjukkan tingkat akurasi test yang bernilai 82% dan akurasi latih bernilai 79% dikarenakan jarak akurasi yang kecil maka nilai akurasi parameter Kp dan v cenderung stabil. Rumus untuk mendapatkan *accuracy test* dan *accuracy train* pada parameter Kp dan v:

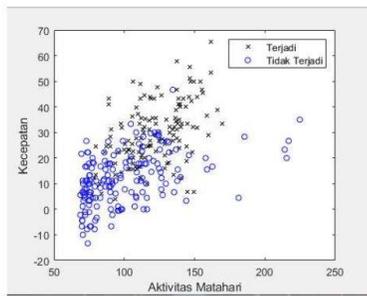
$$accuracy\ test = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 82,03 \quad (5)$$

$$accuracy\ train = \frac{True\ positive + True\ Negative}{427} \times 100 = 79,9 \quad (6)$$

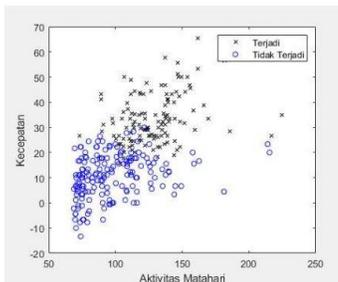
C. Plot Program

1. Plot Program Parameter F10.7, Kp, dan v

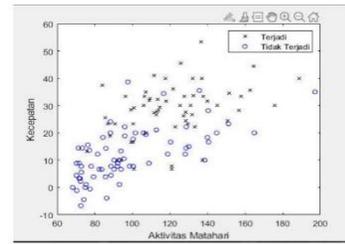
Pertama dilakukan penampilan *plot figure* dari aplikasi matlab yang terdiri dari tiga parameter yaitu F10.7, Kp, dan v. Dalam penampilan plot ini terdiri dari dua plot data latih observasi dan data latih prediksi, kemudian baru menampilkan data tes observasi dan data tes prediksi. Dikarenakan plot yang digunakan adalah plot dua dimensi maka akan dibuat plot F10.7 dan v kemudian plot Kp dan v.



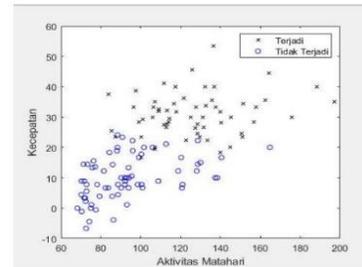
GAMBAR 13
PLOT DATA LATIH OBSERVASI F10.7 dan V TIGA INPUT



GAMBAR 14
PLOT DATA LATIH PREDIKSI F10.7 dan V TIGA INPUT

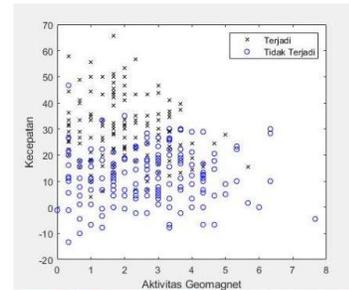


GAMBAR 15
PLOT DATA TEST OBSERVASI F10.7 dan V TIGA INPUT

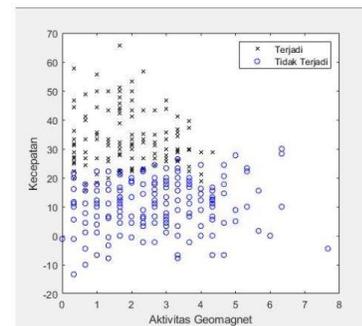


GAMBAR 16
PLOT DATA TES PREDIKSI F10.7 dan V TIGA INPUT

Gambar 15 dan 16 menunjukkan kejadian sintilasi ionosfer banyak terjadi saat kecepatan sintilasi mencapai angka diatas 25 m/s. Data latih lebih menunjukkan kerapatan yang lebih dibanding data tes yang dapat disimpulkan data latih lebih menampilkan data *plot figure* yang lebih bagus dibandingkan dengan data plot data tes

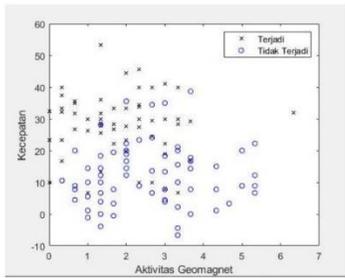


GAMBAR 17
PLOT DATA LATIH OBSERVASI Kp dan V TIGA INPUT

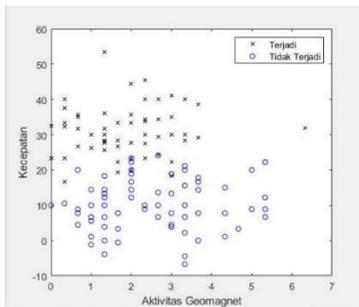


GAMBAR 18
PLOT DATA LATIH PREDIKSI Kp dan V TIGA INPUT

Gambar 17 dan 18 menunjukkan sintilasi ionosfer terjadi pada kecepatan berkisar diatas 20 m/s.



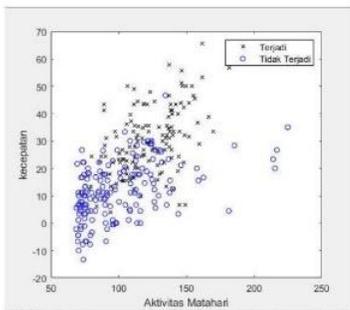
GAMBAR 19
PLOT DATA TES OBSERVASI Kp dan V TIGA INPUT



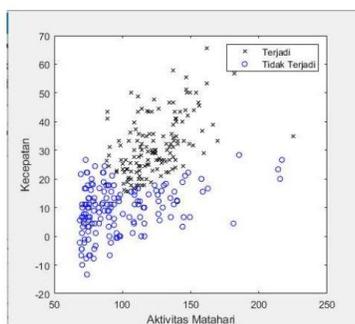
GAMBAR 20
PLOT DATA TES PREDIKSI Kp dan V TIGA INPUT

Gambar 19 dan 20 menunjukkan sintilasi ionosfer lebih banyak terjadi saat kecepatan sintilasi diatas kecepatan berkisar 20 m/s.

2. Plot Program Parameter F10.7 dan v

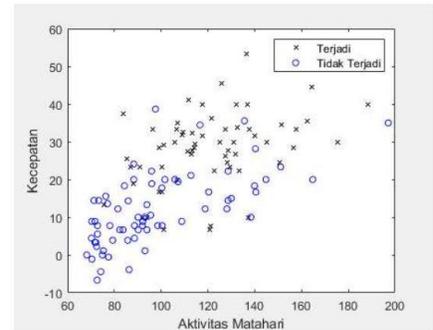


GAMBAR 21
PLOT DATA LATIH OBSERVASI F10.7 dan V

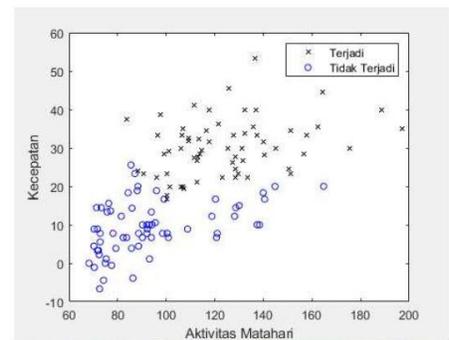


GAMBAR 22
PLOT DATA LATIH PREDIKSI F10.7 dan V

Gambar 21 dan 22 menunjukkan sintilasi ionosfer terjadi pada kecepatan berkisar diatas 20 m/s. Bukan hanya karena kecepatan sintilasi mencapai kecepatan diatas 20 m/s dapat terjadi sintilasi ionosfer tetapi ada beberapa kecil kemungkinan dimana ketika kecepatan sintilasi mencapai 17 m/s terjadi sintilasi ionosfer tetapi hanya sedikit kemungkinan akan terjadi.



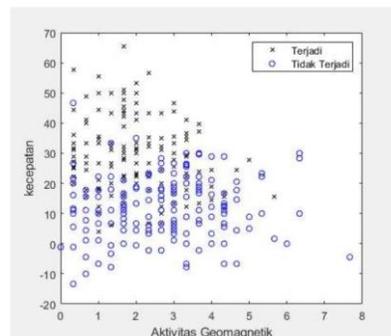
GAMBAR 23
PLOT DATA TEST OBSERVASI F10.7 dan V



GAMBAR 24
PLOT DATA TEST PREDIKSI F10.7 dan V

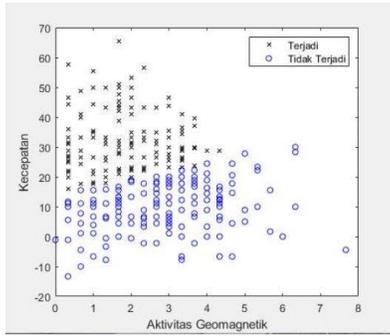
Gambar 23 dan 24 menunjukkan hasil yang memiliki kemungkinan sintilasi ionosfer dapat terjadi pada saat kecepatan sintilasi diatas 20 m/s namun tidak menutup kemungkinan ada beberapa kejadian sintilasi saat kecepatan sintilasi terjadi saat kecepatan sintilasi mencapai kecepatan berkisar 10 m/s.

3. Plot Program Parameter Kp dan v



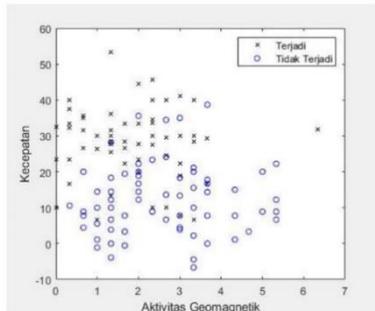
GAMBAR 25

PLOT DATA LATIH OBSERVASI KP dan V

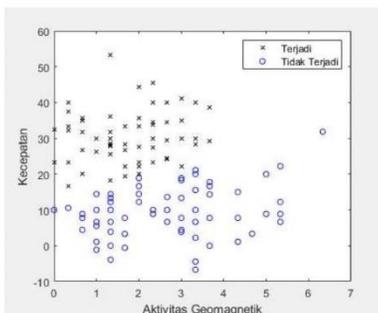


GAMBAR 26
PLOT DATA LATIH PREDIKSI Kp dan V

Gambar 25 dan 26 menunjukkan sintilasi ionosfer dapat terjadi saat kecepatan sintilasi mencapai 20 m/s, namun tidak menutup kemungkinan dibawah 20 m/s sintilasi ionosfer beberapa ada yang terjadi tetapi tidak sebanyak diatas 20 m/s.



GAMBAR 27
PLOT DATA TES OBSERVASI KP dan V



GAMBAR 28
PLOT DATA TES PREDIKSI KP dan V

Gambar 27 dan 28 menunjukkan sintilasi ionosfer sering terjadi saat kecepatan sintilasi mencapai 20 m/s, namun tidak menutup kemungkinan dibawah 20 m/s, sintilasi ionosfer beberapa ada yang terjadi tetapi tidak sebanyak diatas 20 m/s.

D. Analisis Pengujian

Pada pengujian penelitian ini mendapatkan nilai akurasi latih dan akurasi tes yang didapatkan langsung dari aplikasi Matlab. Pengukurannya akurasi yang dilakukan dengan menggunakan parameter v (kecepatan sintilasi), aktivitas matahari dan kecepatan sintilasi, aktivitas geomagnetik dan kecepatan sintilasi, dan tiga parameter yaitu aktivitas matahari, aktivitas geomagnetic dan kecepatan sintilasi.

Proses pengujian langkah pertama dengan memuat data input yang menjadi parameter kedalam aplikasi matlab dengan versi 2021A dikarenakan sebelumnya menggunakan aplikasi matlab dengan versi 2018A penelitian ini tidak bisa berjalan dikarenakan belum diimplementasikannya *neural network classification*. Kemudian memilih kolom yang ingin digunakan sebagai *input* dalam program ini. Setelah itu *input* akan dipartisi 70% menjadi data latih dan 30% menjadi data tes. Setelah itu *input* tadi akan tersambung semua di setiap node yang digunakan sebagai *input* dan akan dihubungkan ke dalam *hidden layer*. Dalam *hidden layer* setiap node memiliki nilai bias dan hubungan antara *input*. Untuk mendapatkan pemodelan *neural network* dan mendapatkan akurasi yang stabil, berikut adalah hasil akurasi yang diperoleh dari kombinasi *parameter*.

TABEL 4
HASIL AKURASI KOMBINASI PARAMETER

Kombinasi Pramer	Akurasi Latih	Akurasi Tes
v	78.5953%	84.3777%
F10.7 dan v	80.6020%	80.4676%
Kp dan v	79.9331%	82.0300%
F10.7, Kp dan v	81.6054%	85.1580%

Tabel 4 menunjukkan semua hasil akurasi memiliki nilai yang stabil dikarenakan perbedaan nilai akurasi latih dan akurasi tes tidak berbeda jauh namun dalam hal ini jika semua hasil memiliki akurasi yang stabil maka dipilihnya akurasi paling tinggi dari kombinasi tiga parameter (F10.7, Kp, dan v).

Hasil yang didapatkan dari penampilan plot dapat disimpulkan bahwa kejadian sintilasi ionosfer didapatkan dari ketiga kombinasi F10.7, Kp, dan v bahwa sintilasi ionosfer lebih sering terjadi ketika parameter v memiliki kecepatan dibawah 20 m/s kejadian sintilasi ionosfer sangat jarang terjadi.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam pengerjaan penelitian ini bahwa kombinasi parameter F10.7, Kp, dan v adalah kombinasi parameter yang stabil dikarenakan jarak antara akurasi latih dan akurasi tes tidak berbeda jauh. Selain itu akurasi latih sangat tinggi didapatkan dari kombinasi tiga parameter F10.7, Kp dan v yang memiliki nilai sebesar 81.6%, kemudian akurasi tes yang sangat tinggi didapatkan dari parameter v yang memiliki nilai sebesar 84.3%. Penelitian ini menunjukkan bahwa parameter v sangat mempengaruhi terjadinya sintilasi ionosfer didasarkan hasil *plot* data yang didapatkan bahwa sintilasi ionosfer sangat sering terjadi jika parameter v kecepatannya melebihi dari 20 m/s.

Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa parameter yang paling berpengaruh dalam fenomena sintilasi di lapisan ionosfer ini yaitu parameter v. Selain itu, sintilasi ionosfer dapat terjadi jika kecepatan sintilasi mencapai ketinggian 500 km dari permukaan bumi [2], sedangkan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sintilasi ionosfer memungkinkan terjadi jika kecepatan sintilasi mencapai kecepatan elevasi 20 m/s walaupun tidak mencapai 500 km.

Untuk pengembangan dalam penelitian prediksi sintilasi ionosfer dapat menggunakan aktivasi dan fungsi yang berbeda, menggunakan *neural network* model lain, optimalisasi dalam pengerjaan *neural network*, dan menggunakan jumlah data lebih banyak untuk menungjang akurasi.

REFERENSI

- [1] Ekawati, S. "Efek Sintilasi Ionosfer terhadap Gangguan Komunikasi Satelit." *Berita Dirgantara*, vol. 11(4), pp. 106 – 112, Apr. 2011.
- [2] Anderson, D. N., & Redmon, R. J. "Forecasting scintillation activity and equatorial spread F." *Space Weather*, vol. 15(3), pp. 495-502, Jan. 2017.
- [3] Abadi, P. "Statistical study of equatorial plasma bubbles in Southeast Asia using ionosondes, GPS, and equatorial atmosphere radar." Doctoral dissertation, 名古屋大学, pp. 1-4, Sep. 2018.
- [4] Takahashi, K., Toth, B. A., & Olson, J. V. "An automated procedure for near-real-time Kp estimates." *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, vol. 106(A10), pp. 21017-21032, Oct. 2001.
- [5] Atabati, A., Alizadeh, M., Schuh, H., & Tsai, L. C. "Ionospheric Scintillation Prediction on S4 and ROTI Parameters Using Artificial Neural Network and Genetic Algorithm." *Remote Sensing*, vol. 13(11), pp. 2092, May. 2021.
- [6] Oyeyemi, E. O., & Poole, A. W. V. "Towards the development of a new global foF2 empirical model using neural networks." *Advances in Space Research*, vol. 34(9), pp. 1966-1972, Sep. 2004.
- [7] Abadi, P., Ahmad, U. A., Otsuka, Y., Jamjareegulgarn, P., Martiningrum, D. R., Faturahman, A., ... & Septiawan, R. R. "Modeling Post-Sunset Equatorial Spread-F Occurrence as a Function of Evening Upward Plasma Drift Using Logistic Regression, Deduced from Ionosondes in Southeast Asia." *Remote Sensing*, vol. 14(8), pp. 1896, Apr. 2022.
- [8] Li, X., Zhou, C., Tang, Q., Zhao, J., Zhang, F., Xia, G., & Liu, Y. "Forecasting Ionospheric foF2 Based on Deep Learning Method." *Remote Sensing*, vol. 13(19), pp. 3849, Sep. 2021.
- [9] Bilitza, D., Altadill, D., Truhlik, V., Shubin, V., Galkin, I., Reinisch, B., & Huang, X. "International Reference Ionosphere 2016: From ionospheric climate to real-time weather predictions." *Space weather*, vol. 15(2), pp. 418-429, Feb. 2017.
- [10] Tapping, K. F. "The 10.7 cm solar radio flux (F10.7)." *Space weather*, vol. 11(7), pp. 394-406, Jun. 2013.
- [11] Lašovička, J., Mikhailov, A. V., Ulich, T., Bremer, J., Elias, A. G., de Adler, N. O., ... & Danilov, A. D. "Long-term trends in foF2: A comparison of various methods." *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 68(17), pp. 1854-1870, Dec. 2006.
- [12] Muhtarov, P., & Kutiev, I. "Autocorrelation method for temporal interpolation and short-term prediction of ionospheric data." *Radio Science*, vol. 34(2), pp. 459-464, Apr. 1999.
- [13] Sojka, J. J., Thompson, D. C., Schunk, R. W., Bullett, T. W., & Makela, J. J. "Assimilation ionosphere model: Development and testing with combined ionospheric campaign Caribbean measurements." *Radio Science*, vol. 36(2), pp. 247-259, Mar. 2001.
- [14] Taylor, H., Vreugdenburg, M., Sangalli, L., & Vincent, R. "RMCSat: An F10.7 Solar Flux Index CubeSat Mission." *Remote Sensing*, vol. 13(23), pp. 4754, Nov. 2021.
- [15] Schunk, R., & Nagy, A. *Ionospheres: physics, plasma physics, and chemistry*. Cambridge university press, 2009, pp. 1-570.
- [16] Matzka, J., Stolle, C., Yamazaki, Y., Bronkalla, O., & Morschhauser, A. (2021, Mar). "The geomagnetic Kp index and derived indices of geomagnetic activity." *Space Weather*, [Online]. 19(5), pp. 1-21. Available: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020SW002641>