

Pemanfaatan MATLAB dalam Penentuan Koefisien Prediksi Frekuensi f_0F_2

Budiyanto

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
Jl. Dr. Junjunan No. 133 Bandung 40173
E-mail : ahila95@yahoo.com

Abstrak

Koefisien-koefisien dari hubungan empiris antara frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer dengan bilangan sunspot R pada posisi (φ, λ) dapat ditentukan dengan mudah dan cepat menggunakan software MATLAB.

Kata Kunci : koefisien hubungan empiris, frekuensi f_0F_2 , bilangan sunspot R

Abstract

Coefficients of empirical relation between f_0F_2 frequency of the ionospheric layer and the sunspot number R for an observatory at (φ, λ) can be easily and quickly determined by using MATLAB.

Keywords : empirical relation coefficient, f_0F_2 frequency, sunspot number R .

1. Pendahuluan

Frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer adalah frekuensi yang digunakan dalam komunikasi radio. Untuk bisa berkomunikasi radio, maka frekuensi f_0F_2 harus sudah diketahui, baik itu diketahui melalui pengamatan maupun prediksi yaitu prediksi frekuensi f_0F_2 untuk waktu yang akan datang. Untuk memprediksi f_0F_2 diperlukan suatu formulasi matematis. Dengan berdasarkan kondisi karakteristik frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer yang dipengaruhi aktivitas matahari, waktu setempat, dan posisi tempat, maka formulasi tersebut dapat dihitung.

Pada makalah ini akan dibahas pemanfaatan MatLab dalam penentuan koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer. Yaitu dengan memanfaatkan sarana komputer (software MatLab) untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan dalam penentuan koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 tersebut. Telah diteliti hubungan empiris antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot R dan derajat bujur (λ) pada lintang tertentu di atas Indonesia¹⁾. Formulasi secara umum dijabarkan sebagai model empiris antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot R dan posisi tempat (φ, λ) dengan φ dan λ tertentu meliputi wilayah Indonesia. Model frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer dipengaruhi aktivitas matahari dengan bilangan sunspot sebagai indikator^{2,3)}. Demikian pula dengan φ (posisi lintang) yang menyatakan posisi tempat, juga berpengaruh pada lapisan ionosfer⁴⁾.

2. Hubungan Empiris Parameter f_0F_2

Penentuan koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer, dilakukan melalui hubungan empiris antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot R dan posisi tempat (φ, λ) tertentu. Dengan anggapan bahwa frekuensi f_0F_2 konstan terhadap derajat bujur λ , maka dari beberapa stasiun pengamat ionosfer di Indonesia dan sekitarnya, dapat dihitung hubungan empiris antara median bulanan frekuensi f_0F_2 pada jam dan bulan tertentu dengan rata-rata bulanan bilangan sunspot R . Sehingga didapat beberapa hubungan empiris sebagai berikut:

$$f_0F_{2(x,h,m)} = A_{(x,h,m)} * R_{(m)} + B_{(x,h,m)} \quad (2-1)$$

dengan $A_{(x,h,m)}$ dan $B_{(x,h,m)}$ adalah parameter regresi untuk stasiun pengamat ionosfer ke- x , jam ke- h , dan bulan ke- m . Dari beberapa parameter regresi $A_{(h,m)}$ pada masing-masing stasiun pengamat ionosfer, dapat dicari hubungan empiris antara parameter regresi $A_{(h,m)}$ tersebut dengan posisi lintang φ . Dengan pendekatan polinomial derajat polinomial tertentu, didapat hubungan empiris antara parameter regresi $A_{(h,m)}$ dengan posisi lintang (φ) pada jam ke- h dan bulan ke- m sebagai berikut:

$$A_{(h,m)} = (\text{fungsi})_{(h,m)}(\varphi) = \alpha_{0(h,m)} + \alpha_{1(h,m)} * \varphi + \alpha_{s(h,m)} * \varphi^2 + \quad (2-2)$$

Demikian juga, dari beberapa parameter regresi $B_{(h,m)}$ pada masing-masing stasiun pengamat ionosfer, dapat dicari hubungan empiris antara parameter regresi $B_{(h,m)}$ dengan posisi lintang φ . Dengan pendekatan polinomial derajat polinomial tertentu, didapat hubungan empiris parameter regresi $B_{(h,m)}$ dengan posisi lintang (φ) pada jam ke- h dan bulan ke- m sebagai berikut:

$$B_{(h,m)} = (\text{fungsi})_{(h,m)}(\varphi) = \beta_{0(h,m)} + \beta_{1(h,m)} * \varphi + \beta_{s(h,m)} * \varphi^2 + \beta_{3(h,m)} * \varphi^3 + \quad (2-3)$$

Persamaan (2-2) dan (2-3) digabungkan ke persamaan (2-1), sehingga menjadi

$$f_0F_{2(h,m)} = (\alpha_{0(h,m)} + \alpha_{1(h,m)} * \varphi + \alpha_{2(h,m)} \varphi^2 + \dots) * R_{(m)} + (\beta_{0(h,m)} + \beta_{1(h,m)} * \varphi + \beta_{2(h,m)} * \varphi^2 + \beta_{3(h,m)} * \varphi^3 + \dots) \quad (2-4)$$

$$= (\alpha_0 + \alpha_1 * \varphi + \alpha_2 * \varphi^2 + \dots)_{(h,m)} * R_{(m)} + (\beta_0 + \beta_1 * \varphi + \beta_2 * \varphi^2 + \beta_3 * \varphi^3 + \dots)_{(h,m)}$$

Dari persamaan (2-4) dengan diketahuinya bilangan sunspot R dan posisi lintang φ , maka frekuensi f_0F_2 pada jam ke- h dan bulan ke- m dapat dihitung.

3. Data dan Pengolahan

Dalam penentuan koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 , digunakan data-data frekuensi f_0F_2 pada daerah yang ada stasiun pengamat ionosfer dan dikelompokkan berdasarkan jam dan bulan tertentu. Kemudian dicari hubungan empirisnya dengan bilangan sunspot R . Setelah diperoleh parameter-parameter regresi, dicari lagi hubungan empiris antara parameter regresi tersebut dengan posisi lintang φ . Setelah didapat koefisien-koefisien dari fungsi bilangan sunspot R dan posisi lintang φ tersebut, maka frekuensi f_0F_2 pada daerah yang tidak ada pengamat ionosfernya dapat dihitung dengan syarat bilangan sunspot R diketahui dan posisi lintang φ ditentukan. Demikian juga untuk prediksi frekuensi f_0F_2 dapat dihitung dengan syarat bilangan sunspot R hasil prediksi.

3.1 Data

Data yang digunakan untuk menentukan koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 adalah data median bulanan frekuensi f_0F_2 pada jam ke- h dan bulan ke- m dari stasiun pengamat ionosfer Darwin (12.45° LS, 130.95° BT) dari bulan Januari 1983 sampai dengan bulan Desember 1993, Vanimo (2.7° LS, 141.3° BT) dari bulan Januari 1965 sampai dengan Desember 1993, Singapura (1.3° LU, 103.8° BT) Januari 1958 sampai dengan Desember 1970, dan Manila (14.7° LU, 121.1° BT) dari bulan Januari 1964 sampai dengan Desember 1994. Sedangkan data bilangan sunspot R yang digunakan adalah rata-rata bulanan bilangan sunspot dari stasiun pengamat matahari Watukosek pada bulan dan tahun yang bersesuaian dengan data frekuensi f_0F_2 .

3.2 Pengolahan data

Dengan berdasarkan kondisi karakteristik frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer yang dipengaruhi oleh aktivitas matahari, maka data median bulanan frekuensi f_0F_2 jam ke- h dan bulan ke- m dihubungkan dengan rata-rata bulanan bulan ke- m bilangan sunspot R untuk masing-masing stasiun pengamat ionosfer (Darwin, Vanimo, Singapura, dan Manila) melalui persamaan (2-1). Dengan pendekatan hubungan linier dan pemanfaatan software MatLab untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$, sehingga diperoleh hubungan empiris dari masing-masing stasiun pengamat ionosfer adalah

$$\begin{aligned} \text{Darwin} &: f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)} \\ \text{Vanimo} &: f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)} \\ \text{Singapura} &: f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)} \\ \text{Manila} &: f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)} \end{aligned} \quad (3.1)$$

dengan $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ adalah parameter regresi jam dan bulan tertentu yang dihitung dengan pemanfaatan software MatLab, yaitu dengan perintah polyfit (data $R_{(m)}$, data $f_0F_{2(h,m)}$, 1).

Masing-masing hubungan pada persamaan (3-1) digabung menjadi satu model yang meliputi area Darwin,

Vanimo, Singapura, dan Manila dengan menggunakan persamaan (2-2) dan (2-3). Artinya antara parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ setiap stasiun pengamat ionosfer menjadi variabel tidak bebas karena tergantung pada posisi lintang φ . Koefisien $\alpha_{(h,m)}$ dan $\beta_{(h,m)}$ adalah koefisien polinomial yang dihitung dengan pemanfaatan software MatLab dan pendekatan polinomial derajat 2 (derajat yang paling efektif) untuk parameter regresi $A_{(h,m)}$ serta pendekatan polinomial derajat 3 (derajat yang paling efektif) untuk parameter regresi $B_{(h,m)}$, sehingga diperoleh hubungan empiris antara parameter regresi $\alpha_{(h,m)}$ dan $\beta_{(h,m)}$ dengan posisi lintang φ adalah

$$\begin{aligned} A_{(h,m)} &= (\text{fungsi})_{(hm)}(\varphi) \\ &= \alpha_{0(h,m)} + \alpha_{1(h,m)} * \varphi + \alpha_{2(h,m)} * \varphi^2 \end{aligned} \quad (3-2)$$

$$\begin{aligned} B_{(h,m)} &= (\text{fungsi})_{(hm)}(\varphi) \\ &= \beta_{0(h,m)} + \beta_{1(h,m)} * \varphi + \beta_{2(h,m)} * \varphi^2 \\ &\quad + \beta_{3(h,m)} * \varphi^3 \end{aligned} \quad (3-3)$$

dengan $\alpha_{0(h,m)}$, $\alpha_{1(h,m)}$, $\alpha_{2(h,m)}$, $\beta_{0(h,m)}$, $\beta_{1(h,m)}$, $\beta_{2(h,m)}$, $\beta_{3(h,m)}$ adalah koefisien polinomial yang dihitung dengan pemanfaatan software MatLab, yaitu dengan perintah polyfit (data $R_{(m)}$, data $f_0F_{2(h,m)}$, 2) untuk menghitung koefisien polinomial α dan polyfit (data $R_{(m)}$, data $f_0F_{2(h,m)}$, 3) untuk menghitung koefisien polinomial β pada jam dan bulan tertentu.

Diperoleh hubungan empiris antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot R dan posisi lintang φ dengan hasil pada persamaan (3-2) dan (3-3) disubstitusikan ke dalam persamaan (2-4) dan hasilnya dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_0F_{2(h,m)} &= (\alpha_{0(h,m)} + \alpha_{1(h,m)} * \varphi + \alpha_{2(h,m)} * \varphi^2) * \\ &R_{(m)} + (\beta_{0(h,m)} + \beta_{1(h,m)} * \varphi \\ &\quad + \beta_{2(h,m)} * \varphi^2 + \beta_{3(h,m)} * \varphi^3) \end{aligned} \quad (3-4)$$

Koefisien-koefisien polinomial dalam hubungan empiris persamaan (3-4) dapat digunakan untuk menentukan frekuensi f_0F_2 jam ke- h bulan ke- m pada posisi lintang φ tertentu, apabila bilangan sunspot R bulan ke- m diketahui. Apabila bilangan sunspot R bulan ke- m diperoleh melalui prediksi maka dapat pula diprediksi frekuensi f_0F_2 jam ke- h bulan ke- m pada posisi lintang φ tertentu.

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk stasiun pengamat ionosfer Darwin yang mempunyai posisi lintang 12.45°LS dan derajat bujur 130.95°BT, dicari median bulanan frekuensi f_0F_2 pada jam dan bulan tertentu, dengan jam LT = jam UT + 9. Kemudian dicari hubungan empirisnya dengan rata-rata bilangan sunspot (R) pada bulan yang sama. Dengan pemanfaatan software MatLab, didapat nilai-nilai parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ dari persamaan $f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)}$ dengan $h=0,1,2,\dots,23$ dan $m=1,2,\dots,12$. Jadi didapat sebanyak $24 \times 12 = 288$ pasang nilai parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ untuk stasiun pengamat ionosfer Darwin. Sebagai contoh pada bulan

Januari jam 12.00 LT untuk stasiun pengamat ionosfer Darwin, didapat hubungan antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot (R) adalah $f_0F_{2(12,1)} = -0.045_{(12,1)} * R_{(1)} + 6.886_{(12,1)}$, seperti terlihat pada Lampiran 1.a.

Demikian juga untuk stasiun pengamat ionosfer Vanimo ($2.7^\circ\text{LS}, 141.3^\circ\text{BT}$), Singapura ($1.3^\circ\text{LU}, 103.8^\circ\text{BT}$), dan Manila ($14.7^\circ\text{LU}, 121.1^\circ\text{BT}$), dengan jam LT berturut-turut adalah $LT = UT + 10$, $LST = UT + 7$, dan $LST = UT + 8$. Didapat nilai-nilai parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ (masing-masing stasiun pengamat ionosfer sebanyak $24 \times 12 = 288$ pasang nilai parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$) dari persamaan $f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)}$. Keempat pasang nilai parameter regresi $A_{(h,m)}$ dan $B_{(h,m)}$ dari persamaan $f_0F_{2(h,m)} = A_{(h,m)} * R_{(m)} + B_{(h,m)}$ untuk keempat stasiun pengamat ionosfer pada jam 12.00 LT seperti terlihat pada lampiran 1.a. Untuk jam-jam yang lain dapat dihitung dengan cara yang sama, dengan pemanfaatan *software* MatLab untuk mempercepat dan mempermudah perhitungan.

Dari keempat stasiun pengamat ionosfer tersebut, diambil data parameter regresi $A_{(h,m)}$ pada jam dan bulan tertentu, kemudian dicari hubungan empirisnya dengan data posisi lintang φ dari keempat stasiun tersebut. Disini digunakan pendekatan polinomial dengan derajat polinomial tertentu. Dicari nilai-nilai koefisien $\alpha_{i(h,m)}$ dari persamaan $A_{(h,m)} = (\sum \alpha_i * \varphi^i)_{(h,m)}$, dengan i adalah derajat polinomial. Setelah dicari dengan pemanfaatan *software* MatLab untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan dari beberapa derajat polinomial, didapat derajat polinomial 2 yang paling efektif untuk digunakan. Dan didapat $24 \times 12 = 288$ nilai-nilai koefisien α_i (jam ke- h dan bulan ke- m) yaitu koefisien α_0 , α_1 , dan α_2 seperti terlihat pada lampiran 1.b, untuk jam 12.00 LT. Untuk jam-jam yang lain dapat dihitung dengan cara yang sama, dengan pemanfaatan *software* MatLab untuk mempercepat dan mempermudah perhitungan.

Demikian juga untuk data parameter regresi $B_{(h,m)}$ pada jam dan bulan tertentu dari keempat stasiun tersebut dihubungkan dengan posisi lintangnya. Dengan pendekatan polinomial dengan derajat polinomial tertentu dan pemanfaatan *software* MatLab, didapat derajat polinomial 3 yang paling efektif untuk digunakan. Dan didapat $24 \times 12 = 288$ nilai-nilai koefisien β_i (jam ke- h dan bulan ke- m) yaitu koefisien β_0 , β_1 , β_2 , dan β_3 seperti terlihat pada lampiran 1.c, untuk jam 12.00 LT. Untuk jam-jam yang lain dapat dihitung dengan cara yang sama, dengan pemanfaatan *software* MatLab untuk mempercepat dan mempermudah perhitungan.

Dari daftar lampiran 1.a, lampiran 1.b, dan lampiran 1.c, secara keseluruhan (24 jam dan 12 bulan) didapat sebanyak $24 \times 12 = 288$ koefisien untuk memprediksi frekuensi f_0F_2 pada jam dan bulan tertentu

dengan diketahui data posisi lintang dan bilangan sunspotnya. Sebagai contoh, untuk bulan Januari jam 12.00 LT didapat persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} f_0F_{2(12,1)} &= A_{(12,1)} * R_{(1)} + B_{(12,1)} \\ &= (\alpha_{0(12,1)} + \alpha_{1(12,1)} * \varphi + \alpha_{2(12,1)} * \varphi^2) \\ &\quad * R_{(1)} + (\beta_{0(12,1)} + \beta_{3(12,1)} * \varphi^3) \\ &= (0.4982 + 0 / 0114 * \varphi - 0.0027 * \varphi^2) \\ &\quad * R_{(1)} + (3.096 - 1.6386 * \varphi + 0.0037 \\ &\quad * \varphi^2 + 0.0087 * \varphi^3) \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya bilangan sunspot R bulan Januari dan ditentukannya posisi lintang φ , maka f_0F_2 bulan Januari jam 12.00 LT dapat dihitung, karena yang digunakan koefisien polinomial jam 12.00 bulan Januari. Demikian juga untuk koefisien-koefisien polinomial yang lain.

5. Kesimpulan

Dengan *software* MatLab, koefisien-koefisien prediksi frekuensi f_0F_2 lapisan ionosfer pada jam dan bulan tertentu yang merupakan pendekatan polinomial derajat tertentu, dapat dihitung dengan mudah dan cepat dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

Daftar Pustaka

1. Budiyanto, Buldan Muslim, Habirun, Suparman, *Hubungan empiris antara frekuensi f_0F_2 dengan bilangan sunspot (R) dan derajat bujur (λ) pada lintang tertentu di atas Indonesia*, Warta LAPAN, Vol. 2, No. 4, Oktober-Desember, (2000).
2. Kaloka S., *Korelasi frekuensi kritis lapisan ionosfer dengan sudut zenit matahari dan bilangan sunspot*, Kumpulan Kertas Kerja Program Penelitian Pusat Riset Dirgantara LAPAN, hal. 61 - 70, (1982).
3. Zalesi B., Lj. R. Cander, and G. De Francesh, *Simple model for a global distribution of some characteristics in a restricted Solar Terrestrial Prediction*, *Proceeding of a workshop at Leura, Australia* October 16-20, vol. 2 page 418-427, (1989).
4. Habirun, *Mekanisme memprediksi frekuensi komunikasi radio HF pada pola sirkuit komunikasi Manado – Bandung*, *Proceedings XVI th National Symposium on Physics Aseanip Regional on the Physics of Metal and Alloys*, ITB Bandung, (1996).

Daftar Parameter Regresi A dan B jam 12.00 LT

Stas.	Darwin		Vanimo		Singapura		Manila	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	-0.045	6.886	0.005	4.879	1.143	-2.005	0.042	5.810
2	-0.020	6.464	0.001	5.380	0.029	7.931	0.036	6.435
3	-0.041	7.240	0.012	4.809	0.024	9.404	0.009	9.230
4	-0.006	4.414	0.012	4.234	0.026	9.966	0.034	7.493
5	-0.001	4.092	0.014	3.484	0.034	8.697	0.031	7.097
6	0.010	3.178	0.023	2.827	0.044	6.931	0.030	6.380
7	0.013	3.011	0.024	2.702	1.114	-1.272	0.038	5.409
8	-0.008	4.691	0.017	2.927	0.027	8.568	0.033	6.792
9	-0.036	7.615	-0.023	5.028	0.952	0.421	0.005	8.207
10	-0.036	8.515	-0.028	6.606	0.023	9.587	0.029	8.039
11	-0.025	9.402	0.004	6.346	0.024	8.608	0.033	7.504
12	-0.037	8.017	-0.004	5.473	0.028	7.569	0.043	5.776

Lampiran 1.a Daftar parameter regresi A dan B jam 12.00 LT
dari hubungan empiris $f_0F_2 = A * R + B$.

Daftar Koefisien Polinomial A
(jam 12.00 LT)

Bulan	a_0	a_1	a_2
1	0.4982	0.0114	-0.0027
2	0.0091	0.0036	-0.0001
3	0.0193	0.0038	-0.0003
4	0.0177	0.0015	0.0000
5	0.0208	0.0005	0.0000
6	0.0258	0.0011	-0.0001
7	0.4773	0.0112	-0.0026
8	0.0406	0.0024	-0.0002
9	0.5038	0.0120	-0.0028
10	0.0231	0.0020	-0.0001
11	0.0203	0.0017	-0.0001
12	0.0163	0.0011	0.0000

Lampiran 1.b Daftar nilai koefisien
dari $A = a_0 + a_1 * Lt + a_2 * Lt^2$

Daftar Koefisien Polinomial B
(jam 12.00 LT)

Bulan	b_0	b_1	b_2	b_3
1	3.0960	-1.6386	0.0037	0.0087
2	8.0489	-0.1057	-0.0016	0.0001
3	8.0895	-0.0016	0.0125	-0.0007
4	8.7312	0.2462	-0.0032	-0.0013
5	8.7552	0.1621	-0.0049	-0.0008
6	8.1700	0.2764	-0.0009	-0.0017
7	3.0586	-1.4810	0.0035	0.0077
8	7.8773	0.5773	0.0100	-0.0035
9	2.8829	-1.8332	0.0098	0.0094
10	7.4946	1.0085	0.0252	-0.0060
11	7.8537	0.4936	0.0176	-0.0033
12	7.5257	0.1337	0.0088	-0.0011

Lampiran 1.c Daftar nilai koefisien
dari $B = b_0 + b_1 * Lt + b_2 * Lt^2 + b_3 * Lt^3$