

IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) UNTUK PREDIKTOR DAYA PANCAR PADA SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK

Oleh: Ir Sigit Kusmaryanto, M.Eng

ABSTRAK

Sistem Komunikasi Bergerak (SKB) telah berkembang sedemikian rupa sehingga pada saat ini telah terdapat SKB Selular (SKBS), yang memanfaatkan teknologi akses jamak *Code Division Multiple Access* (CDMA). Pengembangan SKBS CDMA ditekankan pada peningkatan kapasitas kanal. Kapasitas terminal pengguna pada SKBS CDMA seperti sistem DS/CDMA dibatasi oleh interferensi. Salah satu teknik untuk mengatasi interferensi dalam sistem adalah dengan menjaga daya yang dipancarkan oleh setiap terminal pengguna serendah mungkin dan mengusahakan agar sinyal-sinyal yang diterima oleh *Base Stations* (BS) dari semua terminal pengguna berada pada daya yang relatif konstan dan sama. Untuk mencapai hal ini digunakan pengaturan daya untuk mengatasi efek *near-far* (jauh –dekat). Dalam hal ini, pengaturan daya umpan balik (*Feedback Power Control*) memperkenankan suatu BS mengirim suatu perintah pengaturan daya kepada terminal pengguna untuk menurunkan atau menaikkan level daya pancarnya sedemikian rupa sehingga di BS level daya sinyal-sinyal dapat dijaga relatif konstan dan sama. Faktor yang paling penting dalam menunjang keberhasilan ini adalah proses penanganan MS oleh BS yang terkait erat dengan masalah prediksi daya pada BS.

Dalam penelitian ini dibahas analisa aplikasi struktur JST yang didesain sebagai prediktor level daya pancar pada SKBS DS/CDMA. Perancangan dimulai dengan pembangkitan isyarat MS pada model kanal lintasan jamak yang memenuhi kriteria distribusi Poisson dan distribusi Reyleigh. Isyarat keluaran model lintasan jamak selanjutnya digunakan sebagai masukan JST.

Dari hasil simulasi disimpulkan struktur JST dapat diaplikasikan sebagai prediktor daya SKBS DS/CDMA, yang mempunyai kemampuan untuk memprediksi satu langkah ke depan, sekaligus mengatasi efek *near-far* (jauh –dekat). Struktur JST dibentuk dengan sebuah *Adaptive Linear Element* (Adaline) dan sebuah *Multi Layer Perceptron* (MLP). Struktur Adaline dibentuk dengan 5 masukan dan satu keluaran, sedangkan struktur MLP dibentuk dengan 20 masukan dan 27 *node* pada lapisan tersembunyi serta satu keluaran. Dari hasil simulasi didapatkan kesalahan struktur JST yaitu *error noise* = 1,72 persen dan *error* MLP = 1,98 persen

Kata kunci: Prediktor, SKBS DS\CDMA, distribusi Poison, distribusi Reyleigh, kanal lintas jamak, JST, efek *near-far*, Adaline, MLP

I. PENDAHULUAN

Berkomunikasi dengan orang lain pada setiap saat dan di manapun diharapkan bebas dari keterbatasan waktu dan tempat. Terlebih dalam era teknologi informasi dan globalisasi dewasa ini, arus informasi yang sangat cepat, tepat, praktis, dan handal sangat dibutuhkan orang, terutama para pelaku bisnis. Jaringan telekomunikasi tetap (*fixed telecommunication network*) dianggap masih kurang memenuhi kebutuhan akan jasa telekomunikasi terutama dalam era saat ini. Dibutuhkan suatu sistem komunikasi yang mampu menjangkau seluruh wilayah sesuai dengan kebutuhan para pemakai jasanya dan dapat menjamin kontinuitas hubungan komunikasi, tidak hanya terbatas pada waktu pemakai jasa sedang dalam keadaan diam di suatu tempat, akan tetapi juga waktu dalam keadaan sedang saling bergerak. Sistem komunikasi yang dimaksud adalah Sistem Komunikasi Bergerak.

Sistem Komunikasi Bergerak (SKB) telah berkembang sedemikian rupa sehingga pada saat ini telah terdapat SKB Selular (SKBS), yang memanfaatkan teknologi akses jamak *Code Division Multiple Access* (CDMA). Pengembangan SKBS CDMA ditekankan pada peningkatan kapasitas kanal dan penekanan interferensi dalam sistem. Kapasitas terminal pengguna pada SKBS seperti sistem CDMA dibatasi oleh interferensi (Lee, 1995). Salah satu teknik untuk mengatasi interferensi adalah menjaga daya yang dipancarkan oleh setiap terminal pengguna serendah mungkin dan mengusahakan agar isyarat yang diterima oleh *Base Station* (BS) dari semua terminal pengguna berada pada daya yang relatif konstan dan sama (Rappaport, 1996). Untuk mencapai hal ini digunakan pengaturan daya untuk mengatasi efek jauh-dekat (*near-far effect*). Pengaturan daya umpan balik (*Feedback Power Control*) memperkenalkan BS mengirim suatu perintah pengaturan daya kepada terminal pengguna untuk menurunkan atau menaikkan level daya pancarnya sedemikian rupa sehingga di BS level daya isyarat dapat dijaga relatif konstan dan sama.

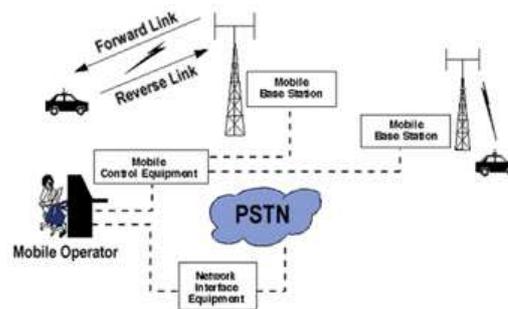
Namun demikian teknik pengaturan daya pada SKBS DS/CDMA (*Direct Sequence-CDMA*) menimbulkan waktu tunda yang dapat merusak kinerja pengaturan tersebut. Untuk mengatasi waktu tunda tersebut direncanakan prediktor daya. Penggunaan prediktor daya ini juga dapat membatasi bidang frekuensi isyarat terima yang disertai derau (*noise*), sehingga derau yang dikandungnya dapat diperkecil dan secara keseluruhan hal ini dapat mengurangi dampak pudaran cepat (*fast fading*) pada isyarat yang diterima (J. Renco, J. Heiskala dan P. Tuominen, 1996). Dalam realisasinya prediktor daya tersebut dapat dibentuk dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang merupakan prediktor syaraf hibrid yang terdiri atas satu *Adaptive Linear Element* (Adaline) dan satu *Multi Layer Perceptron* (MLP).

Penelitian ini akan merancang implementasi JST untuk prediktor daya pancar untuk mengatasi masalah waktu tunda sekaligus derau pada teknik pengaturan daya pada SKBS DS/CDMA.

II. SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK SELULER DS/CDMA

Komunikasi bergerak seluler didefinisikan sebagai komunikasi antara dua terminal dengan salah satu atau keduanya berpindah tempat. Dalam hal ini perpindahan yang dimaksudkan terjadi pada sistem komunikasi radio yang tidak menggunakan kabel sebagai media transmisi (*wireless*).

Sistem komunikasi bergerak juga dituntut untuk dapat menjamin kontinuitas pelayanan seperti halnya sistem telepon tetap, bukan saja pada saat pengguna diam melainkan juga pada saat pengguna bergerak. Prinsip dasar komunikasi bergerak seluler digambarkan pada Gambar 1



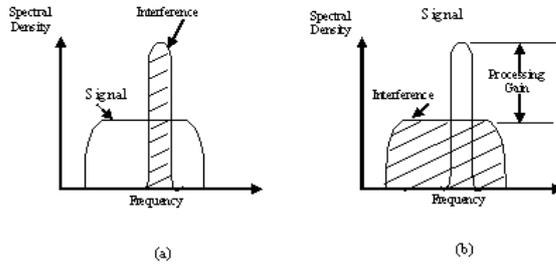
Gambar 1 Prinsip Dasar Komunikasi Bergerak

Konsep *Code Division Multiple Access* (CDMA)

Pada sistem CDMA, lebar bidang isyarat yang dikirimkan lebih besar daripada lebar bidang isyarat informasi karena proses *spreading* (penyebaran) spektrum isyarat. Bagi pemakai jamak, CDMA mengalokasikan kode yang berbeda bagi setiap pemakai. Kode ini nantinya dipakai untuk mengubah isyarat pemakai menjadi isyarat *wide-band* (isyarat *spread spectrum*). Isyarat hasil *spreading* tersebut biasa disebut isyarat spektrum menyebar (*spread spectrum*), sehingga CDMA sering disebut juga sistem *Spread Spectrum Multiple Access* (SSMA). Metode akses jamak yang didasarkan pada sistem spektrum menyebar adalah CDMA.

Berdasarkan metode modulasinya, sistem CDMA dapat menggunakan metode *Direct Sequence (DS)*, *Frequency Hopping (FH)*, *Time Hopping (TH)*, dan metode *Hybrid*. Modulasi modulasi *direct sequence* merupakan konsep dasar pemahaman CDMA yang menjadi pembahasan pada penelitian ini. Jadi penelitian ini hanya merujuk pada metode *Direct Sequence (DS)*. Dengan demikian CDMA yang dimaksud dalam pembahasan selanjutnya adalah DS/CDMA.

Gambar 2 menunjukkan spektrum yang diterima dari sinyal dan interferensi yang diinginkan pada output penerima filter pita lebar. Perkalian oleh bentuk *spreading* menghasilkan spektrum seperti pada Gambar 2 (b) pada input demodulator. *Bandwidth* sinyal turun hingga B , sementara energi interferensi spread melebihi *bandwidth* sebesar W_{ss} . Filtering dari demodulator menghilangkan sebagian dari spektrum interferensi sehingga tidak *overlap* dengan spektrum sinyal. Kemudian sebagian dari energi interferensi asli dihilangkan sehingga tidak mempengaruhi performansi penerima.



Gambar 2 Spektrum sinyal yang diinginkan dengan interferensi
(a) Output filter wideband (b) Output Correlator setelah spreading
 (Sumber: Theodore S. Rappaport, *Wireless Communication*, 1986, hal.278)

Perkiraan kapabilitas dari kekebalan (*rejection*) interferensi diberikan dengan rasio W_{ss}/B , yang merupakan persamaan untuk *Processing Gain* dan diberikan oleh (Theodore S. Rappaport:1996):

$$PG = \frac{T_s}{T_c} = \frac{R_c}{R_s} = \frac{W_{ss}}{2R_s}$$

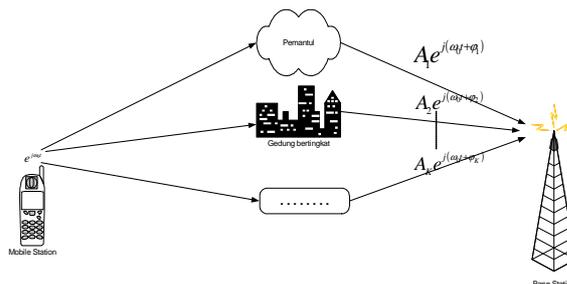
Semakin besar *Processing Gain* dari sistem, maka semakin besar kemampuan untuk menekan terjadinya interferensi.

Kanal Lintasan Jamak

Kanal lintas jamak dapat dimodelkan seperti dalam Gambar 3. Dalam kenyataannya sinyal yang masuk ke dalam kanal lintas jamak acak dan waktu tunda kedatangannya terdistribusi *Poisson*.

Mekanisme dasar propagasi gelombang elektromagnetik kanal lintas jamak meliputi :

Pantulan (*refleksi*), Pembelokan (*difraksi*), Hamburan (*scattering*)



Gambar 3. Model kanal fading lintas jamak
 Sumber : Rappaport,1996

Sesuai dengan Gambar 3, bila diasumsikan bahwa sinyal yang ditransmisikan oleh *Mobile Station* (MS) adalah :

$$s(x) = A_0 \cos \omega t$$

dengan :

$s(x)$: Sinyal yang dipancarkan oleh MS

A_0 : Amplitudo awal sinyal

ω : Sinyal *carrier*

t : Waktu

Dengan memperhatikan pengaruh yang dikarenakan *effek doppler* $\omega = 2\pi(f_c \pm f_d)$ dan faktor redaman (α), maka apabila sinyal yang dipancarkan oleh MS masuk kedalam kanal lintas jamak, maka besarnya sinyal akan mengalami perubahan karena adanya faktor-faktor rugi lintasan pada kanal lintas jamak, apabila dijabarkan secara matematis :

$$s(t) = A_1 \alpha_1 \cos[(2\pi(f_c \pm f_{d1})) + \theta_1] + \\ A_2 \alpha_2 \cos[(2\pi(f_c \pm f_{d2})) + \theta_2] + \\ \dots A_n \alpha_n \cos[(2\pi(f_c \pm f_{dn})) + \theta_n]$$

dengan :

$s(t)$: sinyal keluaran kanal lintas jamak

$A_1 \dots A_n$: Amplitudo lintas jamak

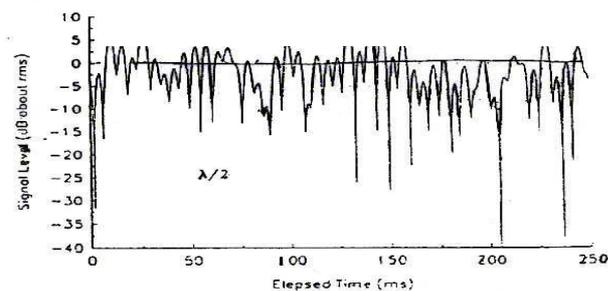
$\alpha_1 \dots \alpha_n$: Redaman bahan yang terjadi pada kanal lintas jamak

$f_{d1} \dots f_{dn}$: Frekuensi Doppler yang terjadi pada kanal lintas jamak

$\theta_1 \dots \theta_n$: Pergeseran fasa yang terjadi pada kanal lintas jamak

Rayleigh Fading

Distribusi Rayleigh banyak digunakan untuk menjelaskan perubahan dari selubung sinyal *fading* yang diterima. Gambar 4 menunjukkan sebuah selubung sinyal yang terdistribusi Rayleigh sebagai fungsi waktu.



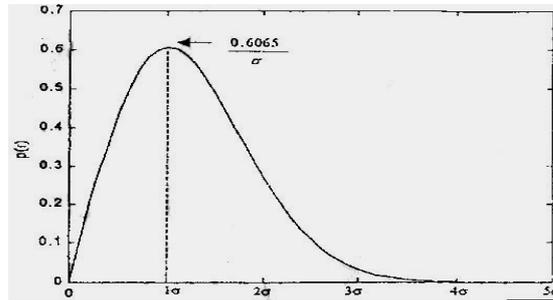
Gambar 4 Selubung Rayleigh fading

(Sumber: Theodore S Rappaport. *Wireless Communication*, 1996.hal.276)

Distribusi Rayleigh mempunyai fungsi kerapatan probabilitas (pdf) diberikan sebagai:

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (0 \leq r < \infty) \quad = 0 \quad \text{untuk yang lain}$$

Dimana σ adalah nilai *root mean square (rms)* dari level sinyal yang diterima sebelum detektor dan σ^2 adalah daya waktu rata-rata yang diterima sebelum detektor.



Gambar 5 Fungsi kerapatan probabilitas rayleigh

(Sumber: Theodore S Rappaport, *Wireless Communication*, 1986)

III. Jaringan Syaraf Tiruan

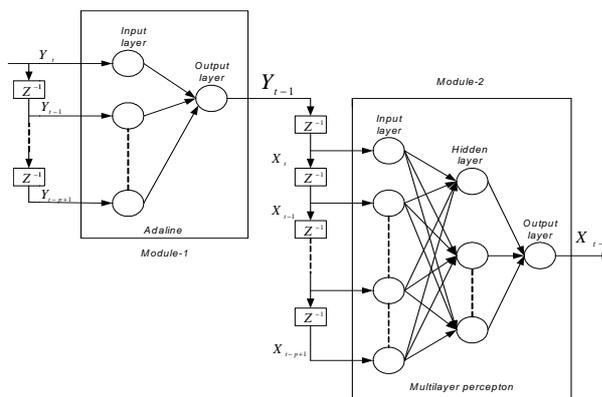
Jaringan Syaraf Tiruan adalah sebuah grup pemrosesan yang mempunyai beberapa sub group, dimana tiap sub grup melakukan komputasi yang berdiri sendiri. Secara umum karakteristik kinerja jaringan syaraf tiruan mirip dengan jaringan syaraf biologi. Unsur-unsur yang penting pada jaringan syaraf tiruan adalah model syaraf, proses pembelajaran, dan arsitektur jaringan.

JST Sebagai Prediktor Daya

Prediktor jaringan syaraf tiruan tersusun atas dua modul yaitu:

- a. Modul-1 adalah *Adaline*
- b. Modul-2 adalah *Multilayer Percepton (MLP)*.

Fungsi linier digunakan pada modul-1 sebagai fungsi aktivasinya sedangkan fungsi *sigmoid* digunakan untuk fungsi aktivasi pada node-node dalam lapisan tersembunyi dan fungsi aktivasi node keluaran juga linier. *Single node* pada lapisan keluaran merepresentasikan satu langkah prediksi ke depan. Jenis saluran masukan *tapped delay* diaplikasikan sebagai filter masukan *additive noise*.

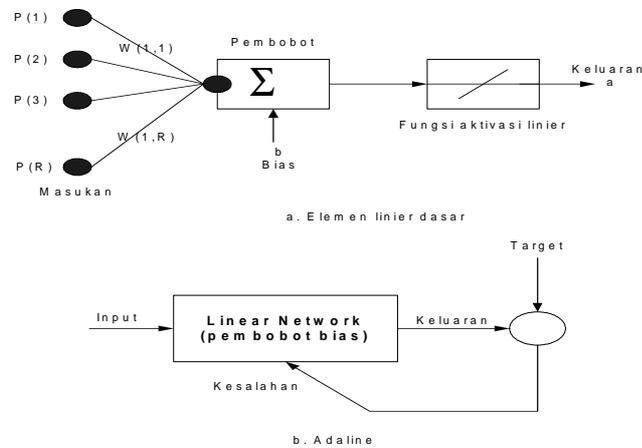


Gambar 6 Struktur hybrid JST yang digunakan sebagai predictor
 Sumber : Neural Network Toolbox, 1993

Adaline

Adaline merupakan elemen linier (menggunakan fungsi aktivasi linier) yang dalam pembelajarannya menggunakan pembelajaran *Widrow-Hoff*, untuk mengatur pembobot dan sesuai dengan magnitudo kesalahan. Struktur elemen linier dasar dan *Adaline* dapat dilihat pada Gambar 7

Pembelajaran *Widrow-Hoff* menghitung perubahan-perubahan pembobot dan bias dari sebuah lapisan linier untuk menurunkan SSE (*sum of square errors*) dari lapisan tersebut. Kecepatan pembelajaran (*learning rate/ lr*) berfungsi sebagai sebuah penguatan pada perubahan pembobot dan bias. Jika *lr* besar maka pembelajaran akan menjadi tidak stabil dan kesalahan mungkin bisa bertambah.



Gambar 7 Elemen linier dasar dan Adaline
Sumber : Neural Network Toolbox, 1993

Adapun algoritma *Adaline* adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi Bobot
Set semua bobot input dan batas ambang menjadi bilangan acak.
2. Perhitungan aktivasinya
 - a. Level aktivasi pada unit input adalah ditentukan oleh penunjukan jarak ke jaringan.
 - b. Level aktivasi O_j pada unit output ditentukan oleh :

$$O_j = Fh\left(\sum W_{ji} X_i - \theta_j\right)$$

dengan :

- O_j : Level aktivasi
- Fh : fungsi *hard-limiting*
- W_{ji} : Bobot dari unit *i* sampai *j*
- X_i : masukan *Adaline*
- θ_j = *node threshold*

3. Training Bobot

- a. Atur bobot dengan menggunakan :

$$W_{ji}(t+1) = W_{ji}(t) + \Delta W_{ji}$$

dengan :

$W_{ji}(t+1)$: bobot unit i sampai j pada saat $t+1$

$W_{ji}(t)$: bobot unit i sampai j pada saat t

ΔW_{ji} : bobot unit i sampai j yang diatur

- b. Ubah bobot dengan menggunakan aturan *Widrow-Hoff*

$$\Delta W_{ji} = \eta \delta_j X_i$$

dengan :

ΔW_{ji} : bobot unit i sampai j yang diatur

η : rata-rata pembelajaran ($0 < \eta < 1$)

δ_j : error pada unit j

X_i : masukan *Adaline*

Untuk error pada unit j dapat dicari dengan menggunakan :

$$\delta_j = T_j - \sum W_{ji} X_i$$

dengan :

δ_j : error pada unit j

T_j : target output

W_{ji} : Bobot dari unit i sampai j

X_i : masukan *Adaline*

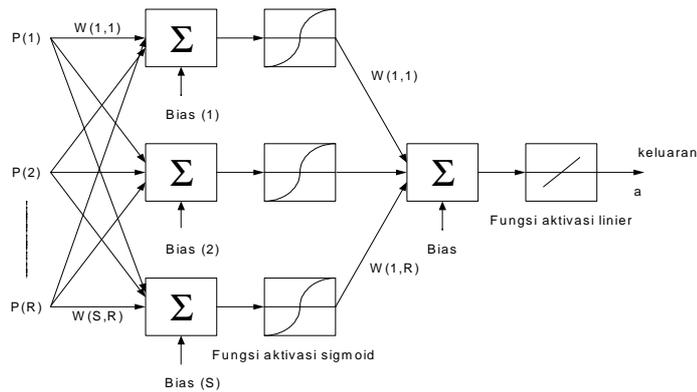
- c. Ulangi iterasi sampai didapatkan error terkecil.

Multilayer Perceptron (MLP)

Multilayer Perceptron (MLP) merupakan suatu jaringan yang terdiri dari lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran dan jumlah node-node dalam setiap lapisan ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Lapisan pertama pada MLP menerapkan masukan tertunda. Lapisan kedua berisikan node-node dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* dan pengaturan pembobot dan biasanya menggunakan pembelajaran *backpropagation*. Lapisan ketiga menerapkan satu node masukan dengan menggunakan fungsi aktivasi linier.

Aturan pembelajaran *backpropagation* digunakan untuk mengatur pembobot dan bias dengan tujuan memperkecil SSE (*sum of square errors*) dari jaringan. Ini dilakukan dengan terus menerus dengan mengubah nilai-nilai dari pembobot dan bias dalam jaringan dengan arah langkah-langkah turun (*steepest descent*) dengan memperhatikan kesalahan.

Turunan dari kesalahan (*vector delta*) dihitung untuk lapisan dari jaringan tersebut dan kemudian di propagasi balikkan melalui jaringan sampai *vector delta* didapatkan untuk setiap lapisan tersembunyinya. *Vector delta* untuk lapisan keluaran dihitung dari vektor kesalahan jaringan. *Vector delta* untuk lapisan tersembunyi dihitung dari *vector delta* dan pembobot pada lapisan tersebut. Struktur MLP dapat dilihat dalam Gambar 8



Gambar 8 Struktur dasar MLP yang terdiri dari 3 lapisan.
 Sumber : Neural Network Toolbox, 1993

Untuk algoritma MLP yang menggunakan pembelajaran backpropagation adalah :

- (a) Inisialisasi bobot

Set semua bobot *input layer*, bobot *hidden layer*, dan *node threshold* yang ada pada jaringan syaraf tiruan (dari *input layer* sampai *ouput layer*).

- (b) Perhitungan aktivasi

Level aktivasi (O_j) untuk hidden layer dan output layer ditentukan oleh :

$$O_j = F (\sum W_{ji} O_i - \theta_j)$$

dengan:

- W_{ji} : bobot dari unit j sampai i
- O_i : Masukan MLP
- θ_j : *node threshold*
- F : fungsi *sigmoid*

Untuk fungsi *sigmoid*nya dapat dicari dengan rumus :

$$F(a) = \frac{1}{1 + e^{-a}}$$

dengan “ a ” merupakan parameter kemiringan fungsi *sigmoid*. Dengan mengubah-ubah nilai parameter “ a ” akan diperoleh fungsi *sigmoid* dengan kemiringan yang berbeda-beda.

- (c) *Training* bobot

- a. Mulai pada *unit output* ke *hidden layer*, atur bobot dengan menggunakan :

$$W_{ij}(t + 1) = W_{ij}(t) + \Delta W_{ji}$$

dengan

- $W_{ji}(t + 1)$: bobot unit i sampai j pada saat $t+1$
- $W_{ij}(t)$: bobot dari unit i ke j pada saat t

ΔW_{ji} : bobot yang diatur

b. Ubah bobot dengan rumus :

$$\Delta W_{ji} = \eta \delta_j O_i$$

dengan :

ΔW_{ji} : bobot yang diatur

η : rata-rata pembelajaran ($0 < \eta < 1$)

δ_j : gradien error pada unit j

O_i : Masukan MLP

c. Error gradien diberikan oleh :

❖ Untuk unit output :

$$\delta_j = O_j (1 - O_j) (T_j - O_j)$$

dengan :

δ_j : gradien error pada unit j

T_j : Level daya pancar MS

O_j : Nilai aktivasi output pada unit output j

❖ Untuk unit hidden :

$$\delta_j = O_j (1 - O_j) \sum_k \delta_k W_{kj}$$

dengan :

δ_j : gradien error pada unit j

O_j : Nilai aktivasi output pada unit output j

δ_k : gradien error pada unit k ke sebuah hubungan poin dari unit hidden j.

W_{ji} : bobot dari unit j sampai i

d. Ulangi iterasi sampai ditemukan error yang paling terkecil.

Validasi model hasil identifikasi

Validasi model digunakan untuk membedakan model yang benar terhadap model yang kurang benar. Validasi model jaringan syaraf tiruan dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya validasi silang (*cross validation*). Dalam validasi silang sekelompok data dibagi menjadi beberapa bagian. Sebagian digunakan untuk pelatihan dan sebagian lainnya untuk pengujian. Tujuan dari validasi silang adalah untuk memastikan bahwa performansi jaringan tetap

berada pada batasan yang diterima dengan berbedanya data pelatihan dan pengujian yang berasal dari suatu data tunggal yang terbagi-bagi. Dengan ditandai dengan nilai MSE (*Mean Square Error*) yang terkecil, dimana harga MSE dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$MSE = E\left\{\left[S(t) - \hat{S}(t)\right]^2\right\}$$

dengan :

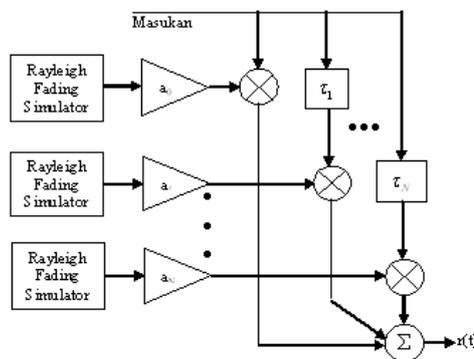
MSE : Rata-rata terjadinya kesalahan JST

S(T) : Target JST

$\hat{S}(t)$: Keluaran JST

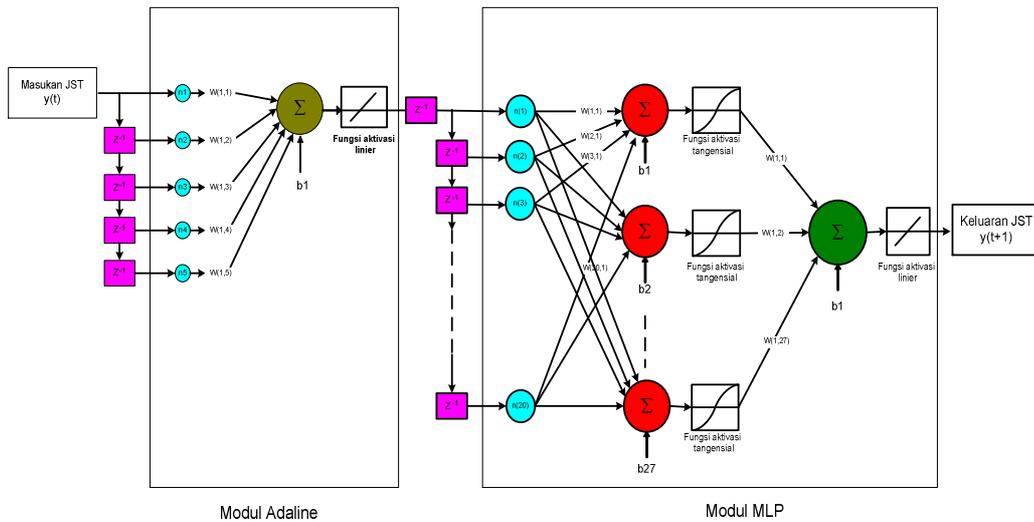
IV. PERANCANGAN STRUKTUR JST UNTUK PREDIKTOR DAYA PANCAR PADA SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK

Perancangan dimulai dari pemodelan Rayleigh Fading pada Kanal Lintasan Jamak yang akan digunakan sebagai data masukan JST. Pemodelan ini dapat dilihat dalam Gambar 9 berikut:



Gambar 9 Model Simulator Kanal Lintasan Jamak

Untuk struktur JST untuk prediktor daya pancar digambarkan sebagai berikut:



Gambar 10 Struktur JST untuk Prediktor Daya Pancar

V. Hasil dan Pembahasan

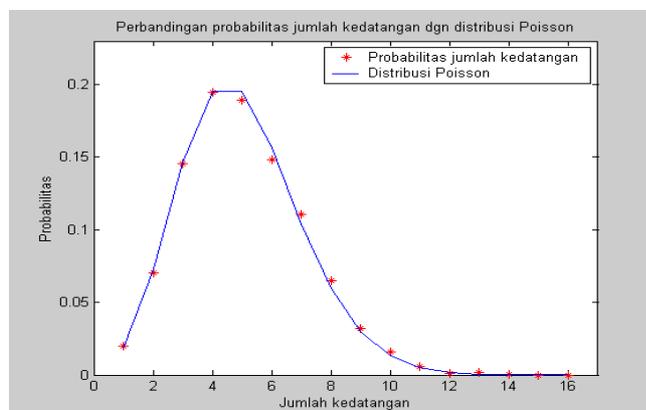
Hasil Model Kanal Lintas Jamak

Pembangkitan kanal lintas jamak dilakukan dengan menggunakan simulator pembangkit waktu tunda kedatangan dan simulator pembentukan kanal lintasan jamak. Tingkat kesalahan probabilitas jumlah kedatangan (Gambar 11) dan probabilitas waktu *delay* kedatangan (Gambar 12) terhadap distribusi *Poisson* dengan $\lambda = 4$ adalah

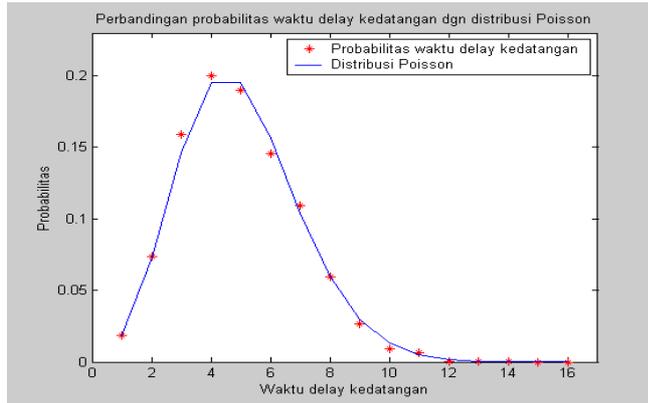
Rerata Kesalahan probabilitas waktu delay kedatangan = 0,2447 %

Rerata Kesalahan probabilitas jumlah lintasan yang datang = 0,3121 %

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa model lintas jamak yang dirancang telah memenuhi teori distribusi *Poisson*



Gambar 11 Perbandingan probabilitas jumlah kedatangan dengan distribusi Poisson

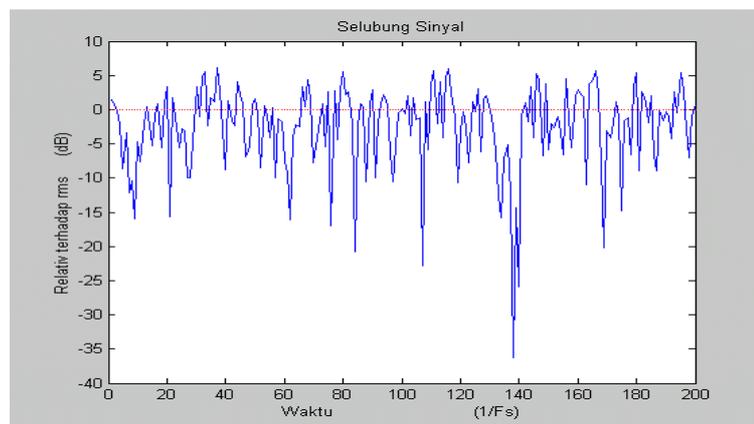


Gambar 12 Perbandingan probabilitas waktu delay kedatangan dengan distribusi Poisson

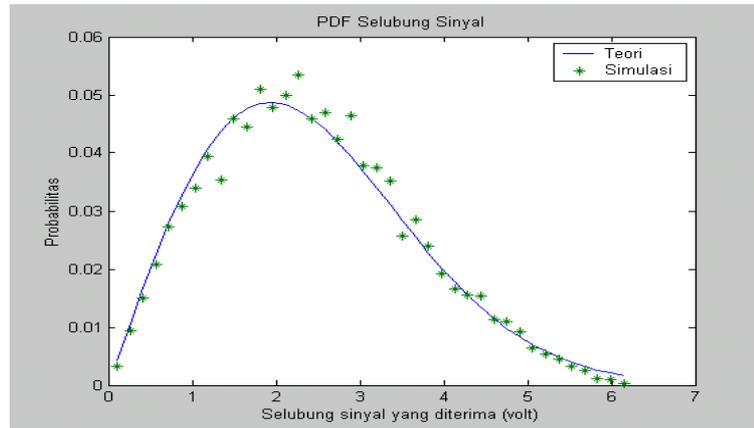
Pembangkitan Terminal Pengguna sebagai Data Masukan JST

Pembangkitan terminal pengguna merepresentasikan besarnya daya akibat jarak antara terminal pengguna dan BS, juga merepresentasikan besarnya daya yang mendekati level daya yang diinginkan oleh pengatur level daya. Pembangkitan terminal pengguna juga merepresentasikan jumlah terkecil dari sinyal yang mungkin berpengaruh dalam efek near-far.

Pembangkitan terminal pengguna dilakukan dengan memperhatikan batasan-batasan sebagai berikut; frekuensi Doppler maksimum 25 Hz, data tersebut disampling sebanyak 200 kali setiap data. Selubung dari salah satu sinyal terminal pengguna yang diterima di BS dapat dilihat dalam Gambar 13. Selubung sinyal dalam Gambar 13 menunjukkan level sinyal normalisasi dalam dB terhadap nilai rms dari sinyal tersebut. Gambar tersebut telah sesuai dengan gambar selubung fading Rayleigh teoritis yang menunjukkan bahwa kanal yang terbentuk telah memenuhi syarat sebagai kanal multipath.



Gambar 13. Selubung sinyal terminal pengguna di BS

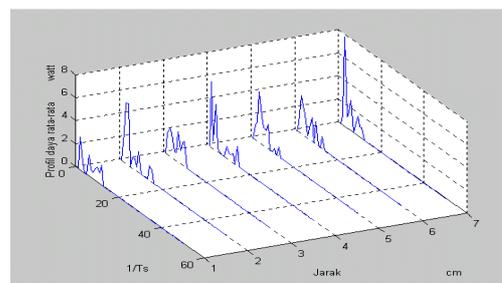


Gambar 14. Distribusi probabilitas selubung sinyal terminal pengguna di BS

Sedangkan dalam Gambar 14 memperlihatkan distribusi selubung sinyal yang mendekati distribusi Rayleigh dengan mean = 1,5879 dan variance = 1,9546 dan kesalahan 0,1915 persen. Sehingga dari kesalahan ini (<7%) selubung sinyal yang merepresentasikan perubahan daya terima sinyal setelah melewati kanal lintasan jamak akibat perubahan posisi terminal pengguna bisa dijadikan sebagai data input pada pelatihan JST selanjutnya.

Karena prediktor JST akan digunakan sebagai pengatur daya pancar pada terminal pengguna, agar sinyal yang diterima di BS memiliki level yang relatif sama dan konstan, maka prediktor JST harus dilatih untuk mengenali perubahan profil daya yang diterima di BS yang diakibatkan oleh perubahan karakteristik kanal lintasan jamak. Agar prediktor JST mampu memprediksi sinyal satu langkah ke depan dari terminal pengguna yang bergerak, maka sinyal yang digunakan sebagai masukan harus merupakan sinyal yang berasal dari terminal pengguna bergerak. Diasumsikan pergerakan terminal pengguna yang mengakibatkan perubahan karakteristik kanal lintasan jamak (baik perubahan dalam jumlah lintasan maupun perubahan dalam level tegangan dari tegangan dari tiap-tiap lintasan). Dari asumsi ini maka masukan JST bukan lagi tegangan sinyal dari terminal pengguna tetapi harga rata-rata daya dari rms excess delay spread kanal yang berubah-ubah seiring dengan perubahan karakteristik kanal lintasan jamak.

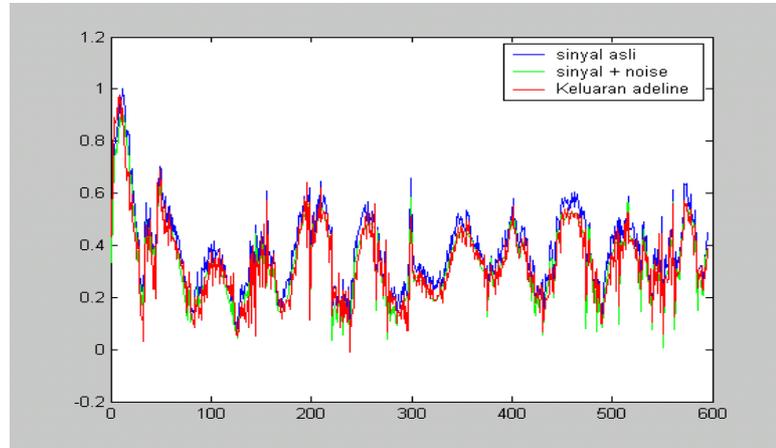
Sedangkan perubahan harga rata-rata daya dari *rms excess delay spread* yang diterima akibat perubahan posisi terminal pengguna dapat dilihat dalam Gambar 15.



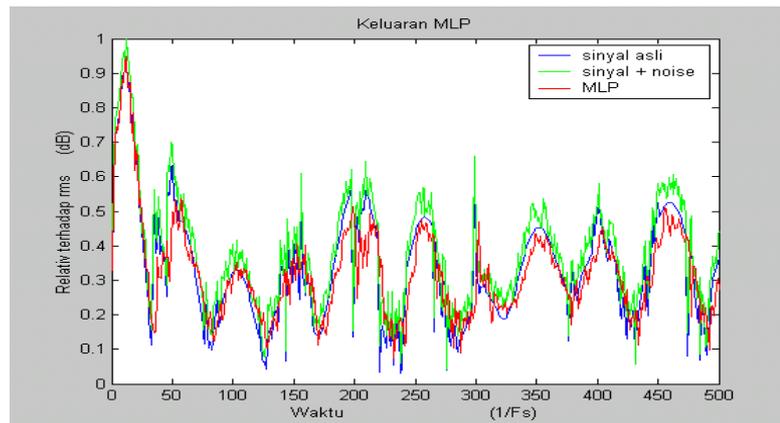
Gambar 15 Perubahan harga rata-rata daya dari rms delay spread dari profile delay yang berubah setiap cm

Hasil Pelatihan dan Pengujian JST sebagai Prediktor Daya Pancar

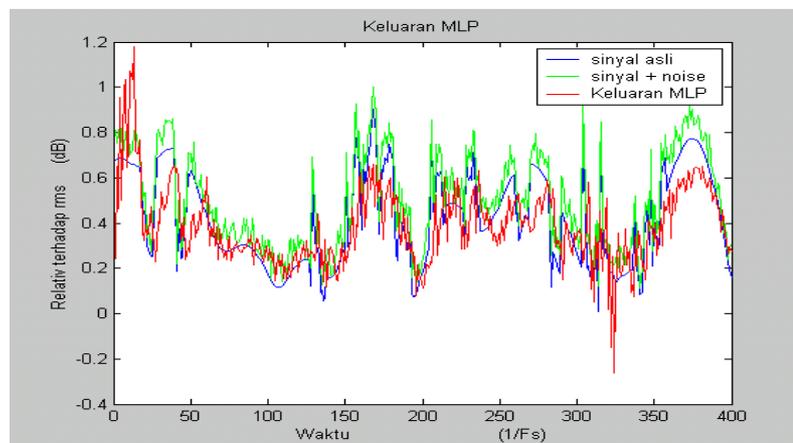
Secara ringkas hasil pelatihan dan pengujian JST sebagai Prediktor Daya Pancar divisualisasikan dengan gambar berikut:



Gambar 16 Hasil Keluaran Pelatihan Adaline



Gambar 17 Hasil Keluaran Pelatihan MLP



Gambar 17 Hasil Keluaran Pengujian MLP

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil pemodelan kanal lintasan jamak untuk pembangkitan waktu kedatangan dan jumlah kedatangan (lintasan) memenuhi distribusi Poisson dengan kesalahan probabilitas waktu delay kedatangan = 0,2447%, kesalahan probabilitas jumlah lintasan yang datang = 0,3121%
2. Isyarat keluaran kanal lintasan jamak memenuhi isyarat selubung teoritis yang terdistribusi Rayleigh, yaitu distribusi Rayleigh dengan mean = 1,5879 dan variance = 1,9546 dengan kesalahan = 0,1915%
3. Pelatihan JST menggunakan *Personal Computer: Processor Intel Celeron 1,7 Ghz.*, yang mana telah mencapai 10000 epoch dengan 1600 masukan. Struktur JST Adaline yang terbentuk mempunyai kesalahan prediksi rata-rata terhadap masukan adalah *error noise* = 1,195% dan kesalahan Adaline = 1,163%. Hasil pelatihan MLP menghasilkan *error noise* = 1,52% dan kesalahan MLP = 1,47%. Sedangkan hasil pengujian (*mapping*) struktur Adaline-MLP adalah *error noise* = 1,72% dan kesalahan MLP = 1,98%
4. Dari hasil visualisasi grafik simulasi, struktur JST yang terbentuk sudah dapat diaplikasikan sebagai prediktor daya SKBS DS/CDMA, yang mempunyai kemampuan untuk memprediksi satu langkah ke depan, sekaligus mengurangi *delay* pengaturan.

B. Saran

Kekurangan-kekurangan yang ada dalam penelitian ini dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk menghasilkan kesalahan prediksi terkecil maka perlu diadakan perubahan struktur (penambahan ataupun pengurangan jumlah node) terutama pada *hidden layer*, serta penambahan epoch pada pelatihan JST.
2. Penambahan ataupun pengurangan jumlah node dan lapisan JST perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui optimalisasi struktur JST.
3. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh banyaknya jumlah MS (Mobile Station) terhadap kinerja kanal lintasan jamak.
4. Beberapa struktur JST sebagai Prediktor yang lain dapat dilakukan kajian penelitian lebih lanjut.
5. Penggunaan data *online* sebagai masukan JST akan menunjukkan kinerja sesungguhnya dari JST sebagai Prediktor

REFERENSI

- [1] Andi, H. 2005. *Modul Teknik Telekomunikasi*. Teknik Eektro UNISMA, Bekasi.
- [2] Carlson, B.A. 2002. *Communication Systems*. McGraw Hill, New York.
- [3] Demuth, H. and Mark Beale. 1994. *Neural Network Toolbox for use with Matlab*. The Math Work Inc., USA
- [4] Dixon, R.C. 1994. *Spread Spectrum Systems with Comercial Applications*. John Wiley & Sons, New York.
- [5] Eberspächer, J. and Vögel, Hans-Jörg. 1999. *GSM Switching, Services and Protocols*. Jhon Wiley & Sons Ltd. , New York
- [6] Gao, X.M., Xio Zhi Gao, Jarno MA Tanskanen, and Seppo J. Ovaska. 1997. *Power Prediction in Mobile Communication Systems Using an Optimal Neural Network Structure*. IEEE Trans. On Neural Network, Vol.8.
- [7] Gao, X.M., JMA Tanskanen, and S.J. Ovaska. 1996. *Comparition of Linier and Neural Network-based Power Predictin Schemes for Mobile DS/CDMA*. IEEE, Trans. On Neural Network, Vol.5.
- [8] Lee, W.C.1995. *Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital System*. McGraw-Hill, Inc., Singapore
- [9] Lee, W.C. 1986. *Mobile Design Fundamentals*. Howard W/ Somas & Co., Singapore
- [10] Limin Fu. 1986. *Neural Network in Computer Intelligence*. Mc Graw-Hill, Inc., Singapore
- [11] Macario, R.C.V. 1997. *Cellular Radio Principles and Design*. MACMILLAN PRESS LTD. Second Edition, London.
- [12] Proakis, J.G. 1995. *Digital Communications, third edition*. McGraw-Hill, New York
- [13] Peterson, R.L., Rodger E. Ziemer, and David E. Borth. 1995. *Introduction to spread-spectrum communications*. Prentice Hall International, USA
- [14] Prasad, R. 1996. *CDMA for Wireless Personal Communication*. Artech House Publisher, Boston.
- [15] Tonguz, O.K. and M.M. Wang. 1994. *Celluler CDMA network impired by Rayleigh fading: System performance with power control*. IEEE Trans. Veh. Technol, vol.43, pp.515-527.
- [16] Rapaport, T.S. 1986. *Wireless Communication*. Principle Practice, Upper Sadle Rive.
- [17] Rumelhart. 1986. *Parallel Distributed Processing: Exploration in the Microstructure of Cognition*. IEEE,
- [18] Rao, V.B. 1999. *Neural Networks and Fuzzy Logic*. Henry Holt and Company, Inc.
- [19] Shanmugan, K.S., Arthur M. Breipohl. 1998. *Random Signal Detection Estimation and Data Analysis*. John Wiley & Sons., New York.
- [20] Tanskanen, J.M.A. 1995. *Prediction of Received Signal Power for Mobile Celluler Systems*. in Proc. The IRC Workshop, Finland.
- [21] Viterbi, A.J. 1995. *CDMA of Spread Spectrum Communication*. McGraw Hill, New York.