

## PENGARUH FADING PADA SISTEM KOMUNIKASI GELOMBANG MIKRO TETAP DAN BERGERAK

Sugeng Purbawanto

### ABSTRAK

Pada sistem komunikasi gelombang mikro, terjadinya *fading* merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas sinyal penerimaan. Dengan perambatan gelombang radio yang harus satu garis pandang dan kondisi atmosfer yang tidak menentu memungkinkan terjadinya refleksi, difraksi dan refraksi, sehingga mengakibatkan terjadinya *multipath fading*. Pengaruhnya terhadap sinyal terima dapat memperkuat ataupun memperlemah, tergantung besar fasa dari resultan sinyal langsung dan sinyal tidak langsung.

Untuk komunikasi gelombang mikro terestrial yang tetap, efek ini dapat diproteksi atau diatasi dengan penerimaan *system diversity* baik dengan *space diversity* ataupun *frequency diversity*. Tetapi pada sistem komunikasi bergerak, selain faktor alam juga ada faktor yang menyangkut struktur dan topografi lingkungan sekeliling, sehingga akan menciptakan efek transmisi yang rumit. Salah satu pengaruhnya adalah terjadinya *Doppler Shift*, yang merupakan perubahan atau pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh gerakan MS (*Mobile Station*). Pergeseran frekuensi ini juga bergantung pada kecepatan dan arah gerak MS yang akan menyebabkan modulasi frekuensi acak pada sinyal radio bergerak yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas suara.

Kata kunci : gelombang mikro, *fading*, *multipath*, *Doppler Shift*

### A. PENDAHULUAN

Pada sistem komunikasi apapun, sinyal yang diterima akan berbeda dengan sinyal yang dipancarkan, karena adanya berbagai hambatan transmisi. Untuk komunikasi nirkabel, hal ini dapat terjadi karena perambatan gelombang radio dipengaruhi oleh temperatur, kepadatan elektron dan juga kelembaban udara dan tanah. Oleh karena itu tinggi rendahnya keandalan sinyal yang diterima ditentukan oleh perubahan-perubahan atmosfer yang dilaluinya.

Dalam sistem gelombang mikro, perambatan gelombangnya adalah dalam ragam satu garis pandang (LOS = *Line Of Sight*). Untuk komunikasi berbasis bumi ini, antara antena pemancar dan penerima harus berada dalam garis pandang tanpa penghalang antara satu dengan yang lain. Dengan transmisi nirkabel LOS, hambatan-hambatan yang paling besar adalah adanya atenuasi, rugi ruang lepas (*free-space loss*), *noise*, penyerapan atmosferik, refraksi dan *multipath*.

Sistem komunikasi dengan gelombang mikro, terbagi dua macam sistem yaitu sistem *terrestrial*

(melalui darat) dan sistem *extraterrestrial* (melalui satelit). Pada sistem *terrestrial* (darat), jarak antara 2 (dua) stasiun yang berurutan berkisar antara 10 - 100 km, atau tergantung pada frekuensi yang digunakan atau kondisi geografisnya. Sedangkan untuk yang melalui satelit, ada sistem komunikasi yang bersifat tetap yaitu yang biasanya dipadukan dengan melalui darat, dan ada komunikasi yang sifatnya bergerak. Pada sistem komunikasi bergerak, perambatan sinyal antara antena pemancar dan antena penerima melalui berbagai lintasan yang berbeda. Lintasan-lintasan yang berbeda inilah yang mengakibatkan kuat sinyal penerimaan menjadi bervariasi.

Dengan kondisi atmosfer yang tidak menentu karena cuaca dan sebagainya serta faktor lingkungan, maka saat sinyal gelombang mikro sedang merambat memungkinkan terjadinya suatu fenomena yang dikenal dengan *fading*. Fenomena ini dapat menyebabkan bertambahnya redaman terhadap sinyal yang diterima pada beberapa macam kondisi cuaca yang dilaluinya, sehingga hambatan yang terjadi lebih terkait

dengan adanya *multipath*, karena adanya tiga mekanisme propagasi yaitu refleksi, difraksi dan refraksi.

## B. PEMBAHASAN

### 1. *Fading* dan penyebabnya

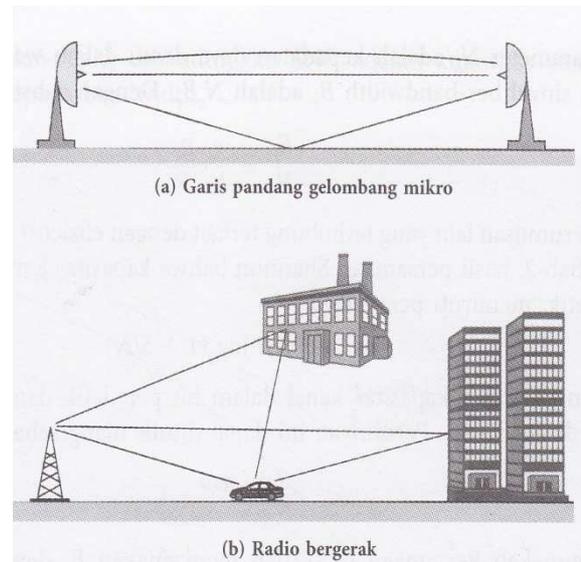
*Fading* merupakan suatu gejala pembenturan dalam jalur gelombang radio yang menyebabkan bertambahnya redaman terhadap sinyal yang diterima pada beberapa macam kondisi cuaca yang dilaluinya. Secara umum fenomena atau gejala ini adalah berkaitan dengan mekanisme propagasi yang melibatkan refraksi, refleksi, difraksi, hamburan dan redaman dari gelombang radio, sehingga akan terjadi perubahan fasa, polarisasi dan atau level dari suatu sinyal terhadap waktu. Oleh karena itu *fading* adalah variasi sinyal terima setiap saat sebagai fungsi dari fasa, polarisasi. atau level sinyal terima.

Pada suatu lingkungan tetap, *fading* dipengaruhi oleh perubahan-perubahan atmosfer, seperti misalnya curah hujan. Tetapi dalam lingkungan bergerak, yaitu satu dari kedua antena bergerak relatif terhadap yang lain, dan lokasinya relatif ada berbagai rintangan yang berubah sepanjang waktu, maka akan menciptakan efek-efek transmisi yang rumit. Akibat dari adanya *fading*, sinyal yang diterima oleh penerima merupakan jumlah superposisi dari keseluruhan sinyal yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*)

Lebih lanjut dapat dijelaskan, pada sistem komunikasi bergerak terdapat 2 (dua) macam *fading*, yaitu *fading* cepat (*short term fading*) dan *fading* lambat (*long term fading*). *Fading* cepat (*short term fading*) yaitu *fading* yang terjadi beberapa menit atau jam saja yang disebabkan oleh pantulan *multipath* suatu gelombang transmisi dari penghambur lokal, seperti rumah-rumah, gedung dan bangunan lain atau karena halangan lain seperti pepohonan yang mengelilingi suatu unit bergerak. Sedangkan pada *fading* lambat (*long term fading*) terjadi dalam waktu beberapa hari atau bulan, yang antara lain disebabkan keadaan cuaca yang selalu berubah-ubah, tekanan uap di atmosfer akibat perubahan musim.

Adanya *multipath* ini memungkinkan sinyal yang dikirim dapat diterima meskipun lintasan terhalang, tetapi disamping itu dengan adanya *multipath* kondisi lingkungan akan selalu berubah-ubah, hal ini sangat mempengaruhi pada penerimaan sinyal pada penerima ditambah dengan posisi penerima yang bergerak. Masalah yang dapat ditimbulkan karena adanya *multipath* antara lain *multipath fading*.

*Multipath fading*, adalah semacam gangguan terhadap perambatan gelombang-gelombang mikro diudara bebas. Sering terjadi pada malam hari dalam proses yang sangat cepat. Munculnya secara tiba-tiba tanpa dapat diketahui atau diramalkan sebelumnya dan sukar ditangkap dengan indera. Hal ini disebabkan oleh tidak sefasanya energi yang dipantulkan atau dibiaskan dengan energi yang langsung sampai pada penerima. Akibatnya akan terjadi dua atau lebih komponen gelombang yang propagasinya terpisah untuk menuju ke antena penerima, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 1, yang menggambarkan secara umum jenis-jenis *interferensi multipath* yang biasa ditemui pada sistem komunikasi gelombang mikro yang tetap (*terrestrial*) maupun yang bergerak.



Gambar 1. Contoh *Interferensi Multipath* pada komunikasi gelombang mikro

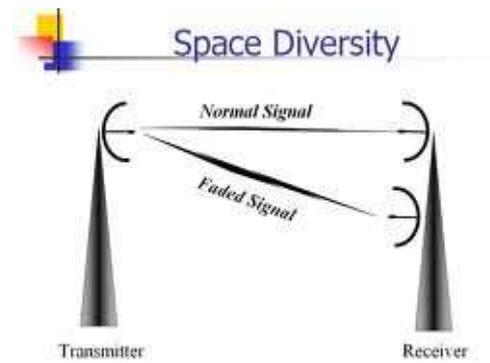
## 2. Pengaruh *fading* pada sistem komunikasi gelombang mikro

Sebagaimana dijelaskan, *fading* terjadi akibat proses propagasi dari gelombang radio meliputi pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan, redaman dan *duct* (celah di udara) yang terbentuk oleh lapisan-lapisan atmosfer bumi, yang mengakibatkan terjadinya perubahan kekuatan sinyal frekuensi radio yang diterima. Pengaruh *fading* terhadap sinyal terima dapat memperkuat ataupun memperlemah, tergantung besar fasa dari resultan sinyal langsung dan sinyal tidak langsung. Atau dengan kata lain, hal ini disebabkan karena tidak sefasanya energi yang dipantulkan atau dibiaskan dengan energi yang langsung sampai pada penerima.

### a. Komunikasi tetap

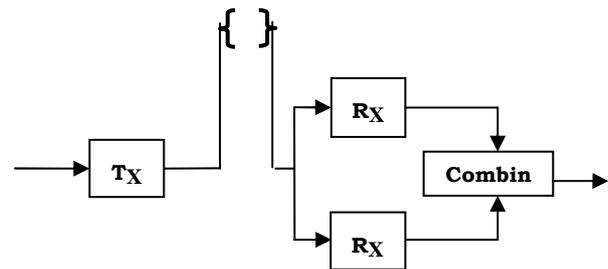
Pada teknik gelombang mikro, khususnya pada hubungan titik ke titik (*point-to-point terrestrial*) yang bersifat tetap, selain sinyal yang merambat langsung dalam satu garis pandang, sinyal dapat mengikuti jalur melengkung melalui atmosfer akibat refraksi dan sinyal dapat memantul dari tanah. Oleh karena itu terjadinya *multipath fading* akan mengakibatkan adanya dua atau lebih komponen gelombang yang propagasinya terpisah untuk menuju ke antenna penerima. Dengan tidak sefasanya energi-nergi gelombang tersebut, maka dapat memperkuat atau memperlemah sinyal yang diterima oleh antenna penerima.

Untuk mengatasi kejelekan kualitas penerimaan, dipergunakan dan diterapkan penerimaan *Sistem Diversity*, yang dikenal ada dua macam sistem yaitu *Space Diversity* dan *Frequency Diversity*. Pada sistem *Space Diversity*, dapat dipergunakan 2 (dua) atau lebih antenna penerima untuk menerima sinyal dari beberapa pemancar. Antena-antena penerima ini biasanya dipasang terpisah secara vertikal pada tower yang sama, untuk menampung lintasan langsung dari pemancar, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem *Space Diversity*

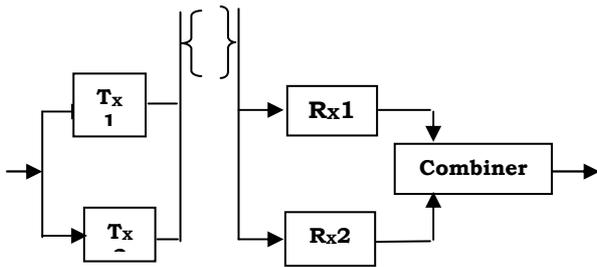
Pada umumnya, sistem *Space Diversity* menggunakan satu pemancar dan dua penerima dengan antena-antena yang terpisah, dan hanya mempergunakan satu frekuensi. Hal ini dimaksudkan guna menghemat alokasi pemakaian frekuensi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok penerimaan Sistem *Space Diversity*

Adapun *Frequency Diversity* merupakan jenis penerima *diversity* yang menggunakan dua atau lebih frekuensi dalam satu sistem. Sistem ini diterapkan dengan pertimbangan bahwa *multipath fading* terjadi pada frekuensi-frekuensi tertentu saja. Pada sistem ini dipakai beberapa frekuensi gelombang mikro yang berbeda, sehingga kemungkinan gangguan *fading* tidak akan terjadi serentak terhadap panjang gelombang yang berlainan itu. Tingkat keandalan propagasi akan lebih baik, bila frekuensi yang dipakai mempunyai spasi 5 % dari frekuensi yang lebih kecil. Hanya dalam praktek, karena terbatasnya band frekuensi diambil perbedaan antara 2 – 3 %.

Penerima *diversity* jenis ini memerlukan dua atau lebih pemancar yang masing-masing beroperasi pada frekuensi yang berbeda, dan dua atau lebih penerima. Seperti pada *Space Diversity*, untuk *Frequency Diversity* sinyal yang cukup kuat juga akan terdapat pada salah satu penerima saja. Pada umumnya sistem ini menggunakan antena yang sama, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok penerimaan Sistem *Frequency Diversity*

Dalam suatu jenis *Space* atau *Frequency Diversity*, dipergunakan beberapa macam kombinasi pada terminal penerimanya untuk memproses sinyal diversity. Bentuk-bentuk pengkombinasi (*combiner*) yang dipakai antara lain *Variable Gain*, *Equal Gain* dan *Optimal Switching*. Yangmana pengkombinasian dapat dilakukan pada tingkat *baseband* (*Post Detecting combining*) atau pada tingkat *intermediate frequency* (*predetection combining*) Namun yang paling banyak dilakukan/dipergunakan adalah pada tingkat *baseband* (*post detecting combining*).

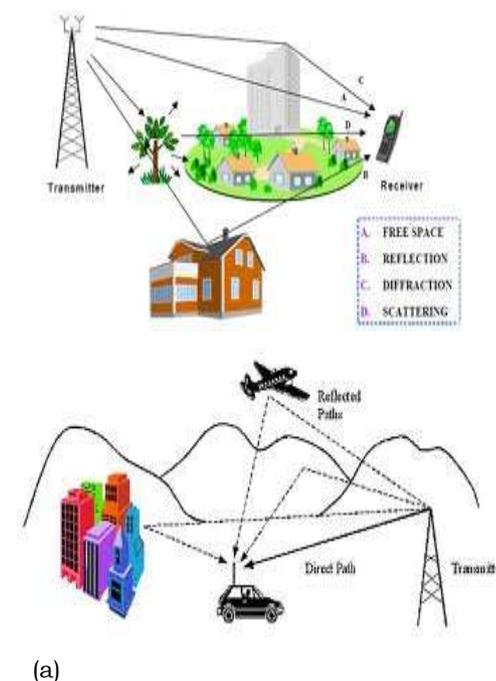
. Dalam praktek, metode yang banyak dipakai dan dapat dipercaya adalah jenis kombinasi *Optimal Switching* dan *Equal Gain*, karena disini bila satu penerima begitu jauh merosot (*drop*) sampai dibawah normal, penerima akan terputus dari sirkuit *Combiner*, sehingga yang dipakai sirkuit *baseband* adalah sinyal penerima lainnya.

**b. Komunikasi bergerak**

Dalam sistem komunikasi bergerak, perambatan sinyal antara pemancar dan penerima melalui berbagai lintasan yang berbeda karena adanya fitur-fitur dan topografi lingkungan sekeliling menjadi permukaan-permukaan pemantul. Lintasan yang berbeda-beda inilah yang mengakibatkan kuat sinyal

penerimaan menjadi bervariasi, sehingga fenomena *fading* merupakan karakteristik utama dalam propagasi radio bergerak.

Pada sistem komunikasi bergerak terdapat dua macam *fading* yaitu *fading* cepat (*fast fading*) dan *fading* lambat (*slow fading*) Jenis *fading* ini disebut juga sebagai *short term fading* dan *long term fading*. *Short term fading* sebagian besar disebabkan oleh pantulan *multipath* suatu gelombang transmisi dari penghambur lokal seperti rumah-rumah, gedung-gedung dan bangunan lain atau oleh halangan lain seperti hutan (pepohonan) yang mengelilingi suatu unit bergerak tetapi tidak oleh gunung atau bukit yang terletak diantara lokasi pemancar dan penerima. *Fading* cepat atau *short term fading* ini tidak hanya mempengaruhi telepon-telepon bergerak dalam mobil, tetapi juga pejalan kaki pengguna telepon bergerak yang menyusuri suatu jalan. Contoh-contoh kemungkinan yang terjadi akibat pengaruh dari fenomena ini dapat diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi kemungkinan efek terjadinya *fading* pada komunikasi bergerak (a)pejalan kaki, dan (b) telepon mobil

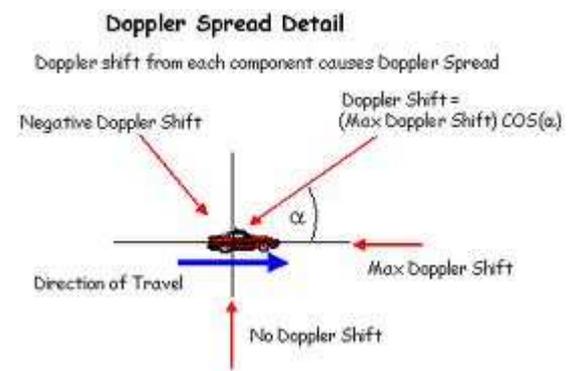
Ada dua kondisi yang memberikan gambaran mengenai fenomena *fading* tersebut, yaitu pada posisi a) Penerima dalam keadaan diam, dan b) Penerima bergerak dengan kecepatan tertentu. Sebagai contoh, misalnya penerima dalam keadaan diam, tetapi dikelilingi oleh beberapa obyek yang bergerak baik kendaraan lain maupun orang yang sedang berjalan, maka dalam keadaan ini sinyal yang diterima akan menunjukkan adanya *fading* yang bergantung pada laju dan jarak dari kendaraan-kendaraan lain atau orang berjalan terhadap unit penerima bergerak tersebut. Lain halnya pada posisi penerima sedang bergerak, maka akan menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh penerima akan bervariasi dengan cepat, dan terjadi fenomena sinyal *fading* cepat (*short term fading*). Karena rendahnya antenna MS (*Mobile Station*) dan adanya struktur bangunan yang mengelilingi MS, menyebabkan fluktuasi yang cepat pada penjumlahan sinyal-sinyal *multipath* menurut distribusi statistik yang disebut distribusi *Rayleigh* yang dikenal dengan *Rayleigh Fading*. *Fading* yang terjadi secara lambat akibat pengaruh efek bayangan dari berbagai halangan disebut *fading* lambat (*shadowing*). *Fading* ini mengakibatkan fluktuasi level daya yang diterima selama MS bergerak.

Demikian juga yang menyangkut panjang lintasan dan perlakuan perlambatan gelombang yang berbeda-beda mengakibatkan sinyal-sinyal *multipath* sampai pada penerima dengan variasi waktu tunda. Sebuah impuls yang dikirimkan oleh pemancar akan diterima oleh penerima bukan lagi sebuah impuls melainkan sebuah pulsa dengan lebar penyebaran yang disebut *delay spread*.

Salah satu pengaruh terjadinya *multipath* pada komunikasi bergerak adalah *Doppler Shift*, yang merupakan perubahan frekuensi atau pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh gerakan MS (*Mobile Station*). Adapun frekuensi yang biasa digunakan pada aplikasi-aplikasi seluler bergerak adalah sekitar 900 MHz, dengan panjang gelombang 0,33 m.

Pergeseran frekuensi ini bergantung pada kecepatan dan arah gerak MS, yang akan

menyebabkan modulasi frekuensi acak pada sinyal radio bergerak. Perubahan frekuensi ini dipengaruhi adanya propagasi lintasan jamak yang dapat memberikan pergeseran positif atau negatif pada saat yang sama untuk lintasan yang berbeda. Pada saat MS bergerak relatif terhadap BS (*Base Station*), MS merasakan bergesernya frekuensi terima dari frekuensi pemancar, sehingga menyebabkan menurunnya kualitas suara. Gambar 6 memperlihatkan efek *Doppler Spread* yang menyebabkan terjadinya bermacam *Doppler Shift*.



Gambar 6. Pengaruh *Doppler Spread* terhadap *Doppler Shift*

Saat unit penerima bergerak dengan kecepatan  $V$ , dan menganggap tidak ada penghambur diantara pemancar dan penerima sebagaimana terlihat pada Gambar 7, maka sinyal yang datang dengan sudut phase  $\alpha$  pada penerima adalah sebesar

$$S_r = A \exp[j(2\pi f_t t - \beta x \cos \alpha)] \dots\dots\dots (1)$$

dengan :  $A$  = Amplitudo

$f_t$  = Frekuensi transmisi (frekuensi yang dipancarkan)

$x$  (jarak perpindahan) =  $v t$

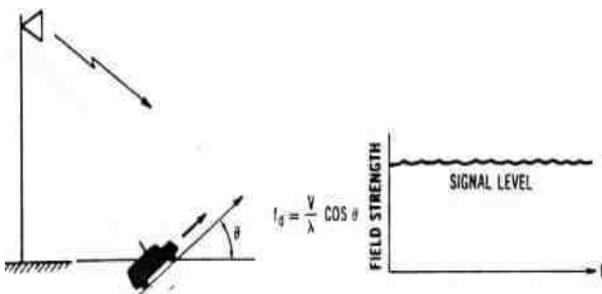
Bila  $\beta$ (koefisien pergeseran fasa) =  $2\pi/\lambda$ , maka persamaan (1) dapat ditulis menjadi :

$$S_r = A \exp[j(2\pi f_t t - 2\pi/\lambda v t \cos \alpha)] \dots\dots\dots (2)$$

Atau ditulis lagi menjadi

$$S_r = A \exp[j2\pi (f_t - v/\lambda \cos \alpha)t] \dots\dots\dots (3)$$

dimana  $V/\lambda \cos \alpha$  adalah frekuensi *Doppler* ( $f_d$ ).  
 Oleh karena itu pada kondisi unit penerima (MS) bergerak dengan kecepatan  $V$ , maka besarnya frekuensi *Doppler*  $f_d = V/\lambda \cos \alpha$   
 Dengan  $V$  = kecepatan MS relatif terhadap BS  
 $\lambda$  = panjang gelombang dari frekuensi pemancar  
 $\alpha$  = besarnya sudut datang  
 Dengan menganggap amplitudo sinyal  $|S_r| = A$  pada *baseband* konstan, maka frekuensi yang diterima  $f_r = f_t - V/\lambda \cos \alpha$

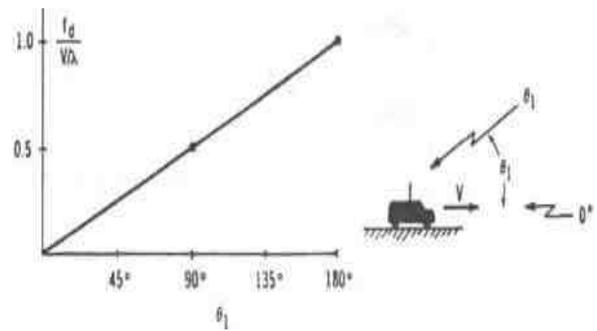


Gambar 7. Penerima dalam keadaan bergerak (tanpa ada penghambur)

Terkait dengan arah gerak unit penerima atau MS, ada tiga kemungkinan yang terjadi, yaitu

- MS bergerak menjauhi sumber,  $\theta = 0$ , frekuensi yang diterima  $f_r = f_t - V/\lambda$
- MS bergerak mengelilingi sumber  $\theta = 90^\circ$ , frekuensi diterima  $f_r = f_t$
- MS bergerak menuju sumber  $\theta = 180^\circ$ , frekuensi yang diterima  $f_r = f_t + V/\lambda$

Dalam kenyataan atau kondisi sebenarnya, unit penerima bergerak dengan kecepatan  $V$ , tetapi diantara pemancar dan penerima ada penghambur. Bila dimisalkan penerima bergerak dengan kecepatan  $V$ , diantara pemancar dan penerima ada satu penghambur (Gambar 8), maka sinyal yang datang pada penerima merupakan jumlah dari sinyal langsung (dengan sudut fase =  $0$ ) dan sinyal yang melewati penghambur (dengan sudut fase  $\theta_1$ ).



Gambar 8. Penerima dalam keadaan bergerak (dengan penghambur)

Dengan menggunakan persamaan (3) untuk tiap sinyal, maka sinyal yang diterima oleh unit penerima adalah :

$$S_r = Ae^{j2\pi f_t t} (e^{-j\beta x} - e^{-j\beta x \cos \theta_1})$$

$$S_r = Ae^{j2\pi f_t t} \cdot 2e^{j\beta x(1 + \cos \theta_1)/2} \cdot \cos(\beta x/2 - \beta x/2 \cos \theta_1)$$

..... (4)

Kondisi ini yang merupakan dasar dan pengaruh *multipath fading* untuk komunikasi bergerak.

**C. PENUTUP**

Pada sistem komunikasi gelombang mikro baik yang bersifat tetap maupun bergerak, gangguan terbesar adalah karena terjadinya *fading* dan *multipath fading* yang menyebabkan atau berpengaruh terhadap sinyal terima karena dapat memperkuat ataupun memperlemah level sinyal yang tergantung besar fasa dari resultan sinyal langsung dan sinyal tidak langsung.

Pada komunikasi yang tetap dapat diatasi dengan penerimaan *sistem diversity*, baik dengan *space diversity* atau *frekuensi diversity*. Sedangkan pada komunikasi bergerak, karena banyak faktor yang berpengaruh yang menyangkut struktur dan topografi lingkungan sekeliling akan menciptakan efek-efek transmisi yang rumit pula. Salah satu pengaruhnya adalah terjadinya *Doppler Shift* yang merupakan perubahan frekuensi atau pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh gerakan MS (*Mobile*

*Station*). Pergeseran frekuensi ini bergantung pada kecepatan dan arah gerak MS, yang akan menyebabkan modulasi frekuensi acak pada sinyal radio bergerak sehingga dapat menyebabkan menurunnya kualitas suara.

#### **DAFTAR PUSTAKA :**

Ampary, Gousda.1976. *Beberapa hal yang mempengaruhi propagasi gelombang mikro*, dalam Gema Telekomunikasi No.103 Desember 1976. Bandung : Humas Kantor Pusat Perum Telekomunikasi.

Ismail Nashrudin. 1998. *Kanal Rayleigh Fading pada Komunikasi CDMA*, dalam Elektro Indonesia, Edisi ke Dua Belas. Maret.

Mithal K Gyanendra.1976. *Element of Electronics and Radio Engineering*.Delhi : Khana Publishers

Roddy, Dennis dan John Coolen. 1984. *Komunikasi Elektronik*, Jilid 2. Jakarta : Erlangga.

Saydam Gouzaly, 1978. *Sistim Proteksi dalam Microwave*, dalam Gema Telekomunikasi No.119 April 1978. Bandung : Humas Kantor Pusat Perum Telekomunikasi.

Stallings William.2007. *Komunikasi & Jaringan Nirkabel*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

#### **BIOGRAFI**

Sugeng Purbawanto, Dosen Teknik Elektro FT-UNNES