

**MODUL PRAKTIKUM
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
S1 REGULER
2011**



**LABORATORIUM TELEKOMUNIKASI
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS INDONESIA**



MODUL 1

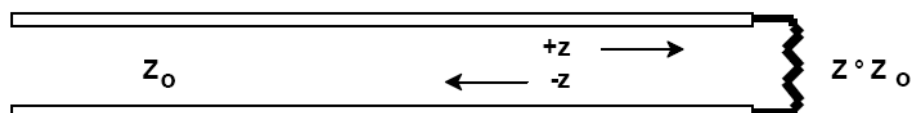
SALURAN TRANSMISI

1. TUJUAN

1. Memahami konsep *Voltage Standing Wave Ratio* pada saluran transmisi;
2. Memahami konsep impedansi dan admitansi pada saluran transmisi;
3. Memahami penggunaan *Smith Chart* pada penentuan nilai impedansi dan admitansi pada saluran transmisi.

2. DASAR TEORI

Energi berpindah di sepanjang saluran transmisi dalam bentuk gelombang elektromagnet. Gelombang yang ditimbulkan oleh sumber sinyal dan mengalir pada saluran transmisi menuju suatu disebut sebagai gelombang datang (*incident wave*). Jika nilai impedansi beban, Z_L , sama dengan nilai impedansi karakteristik saluran transmisi, Z_0 , maka seluruh energi yang berasal dari sumber akan diserap oleh beban. Dengan kata lain, jika saluran transmisi dengan panjang terbatas diterminasi dengan beban yang bernilai $Z_L = Z_0$, maka bagi *incident wave* saluran akan tampak sebagai saluran dengan panjang tak hingga karena pada semua titik, termasuk pada terminal beban, perbandingan antara tegangan dan arus akan sama dengan Z_0 . Jika impedansi beban tidak sama dengan impedansi karakteristik saluran, maka akan terdapat energi yang dipantulkan kembali menuju sumber dalam bentuk gelombang pantul (*reflected wave*). Pada Gambar 1 ditunjukkan gambar suatu saluran transmisi yang diterminasi oleh beban yang memiliki impedansi berbeda dari impedansi saluran.

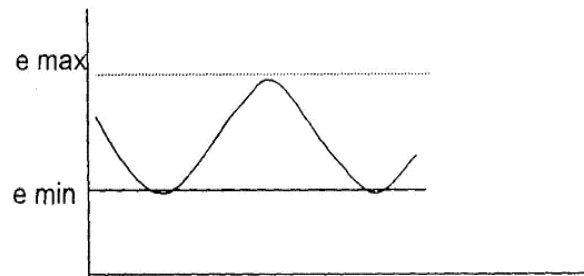


Gambar 1 Saluran transmisi yang diterminasi oleh beban

Gelombang pantul akan bersuperposisi dengan gelombang datang dan membentuk suatu pola saling menguatkan pada suatu titik dan saling melemahkan pada titik lainnya di



saluran transmisi. Superposisi tersebut disebut gelombang berdiri (*standing wave*). Contoh pola gelombang berdiri pada saluran transmisi terdapat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Contoh pola gelombang berdiri [1]

Perbandingan antara amplitudo tegangan maksimum dan minimum pada gelombang berdiri disebut *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR). VSWR dinyatakan dengan [1]:

$$VSWR = \frac{e_{max}}{e_{min}} \quad (1)$$

dengan e_{max} dan e_{min} masing-masing adalah nilai tegangan maksimum dan minimum gelombang berdiri yang terdapat pada saluran transmisi.

Pada pengukuran VSWR yang menggunakan *slotted line detector*, terdapat karakteristik hukum kuadrat yang dimiliki *detector* [1]:

$$i = ke^2 \quad (2)$$

$$\frac{i_{max}}{i_{min}} = \frac{ke_{max}^2}{ke_{min}^2} = VSWR^2 \quad (3)$$

$$VSWR = \sqrt{\frac{i_{max}}{i_{min}}} \quad (4)$$

dengan i adalah arus keluaran DC, k adalah konstanta, dan e adalah tegangan frekuensi radio.

Terdapat dua cara pada penentuan nilai VSWR, yaitu:

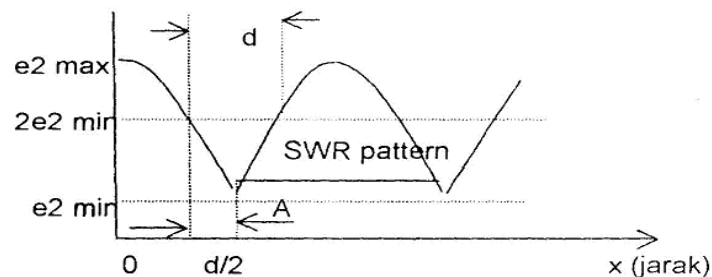
1. Metode Langsung

Metode langsung dilakukan dengan mengukur nilai arus di sepanjang saluran transmisi. Hasil pengukuran tersebut akan didapatkan nilai arus pada setiap titik di saluran transmisi. Grafik VSWR didapatkan dengan memplot setiap nilai arus pada setiap titik di saluran transmisi.



2. Metode Tidak Langsung (*Double minimum method*)

Metode tidak langsung digunakan untuk memperbaiki metoda langsung jika nilai $VSWR > 10$. Pada Gambar 3 diilustrasikan metode tidak langsung.



Gambar 3 Ilustrasi penentuan VSWR dengan metode tidak langsung

Prinsip kerja metode tidak langsung adalah sebagai berikut. *Detector* mendeteksi sinyal minimum. Kemudian *detector* digerakkan pada dua tempat dimana sinyal memiliki amplitudo dua kali amplitudo sinyal minimum. Jarak kedua tempat tersebut, d , dapat digunakan untuk menentukan VSWR dengan:

$$VSWR = \sqrt{1 + \frac{1}{\sin^2\left(\frac{\pi d}{\lambda g}\right)}} \quad (5)$$

Terjadinya gelombang pantul menunjukkan bahwa impedansi beban tidak sesuai dengan impedansi saluran. Hal tersebut menyebabkan perhitungan besaran transmisi menjadi rumit. Untuk mempermudah perhitungan digunakan *Smith Chart*. *Smith Chart* adalah diagram yang biasa digunakan untuk memahami karakteristik saluran transmisi dan elemen rangkaian *microwave*. Diagram ini terdiri dari bilangan *real* dan imajiner, dimana komponen *real* ditunjukkan oleh bentuk lingkaran penuh, sedangkan komponen imajiner ditunjukkan oleh bentuk lengkung. Beberapa karakteristik saluran transmisi yang dapat dihitung dengan *Smith Chart* antara lain adalah VSWR, impedansi beban, admitansi beban, dan koefisien refleksi. Dari *Smith Chart* dapat diketahui kondisi saluran transmisi apakah *matching* atau tidak.

Impedansi adalah rasio tegangan terhadap arus pada suatu titik di saluran transmisi, sedangkan admitansi adalah rasio arus terhadap tegangan pada suatu titik di saluran transmisi.



3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Praktikum modul ini menggunakan peralatan Microwave Trainer (MWT530) yang diproduksi Feedback Instruments Ltd. Peralatan yang digunakan terdapat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Peralatan yang digunakan pada Modul Saluran Transmisi

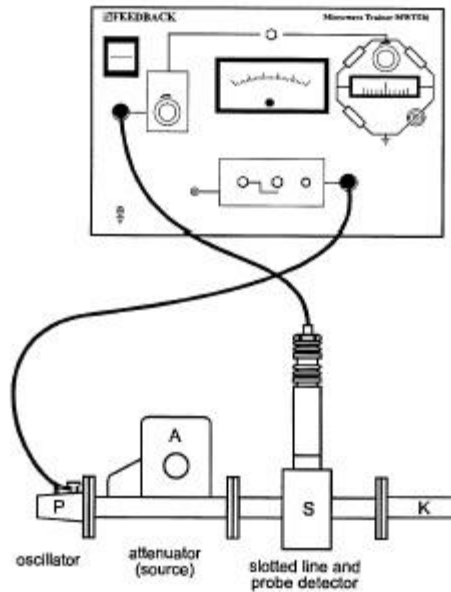
No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Microwave Trainer Board</i>	1
2	<i>Variabel Attenuator</i>	2
3	<i>X-band CW Gunn Oscillator Source</i>	1
4	<i>Slotted line</i>	1
5	<i>Probe detector</i>	1
6	Terminal hubung singkat	1
7	Terminal resistif	1
8	Antena horn	1
9	<i>E-plane tee</i>	1

4 PROSEDUR PERCOBAAN

4.1 Pengukuran VSWR

Pengukuran VSWR pada praktikum ini menggunakan metode langsung. Berikut ini adalah prosedur percobaan pengukuran VSWR

1. Susun peralatan seperti Gambar 4. Set tombol pada posisi "*internal keying*";



Gambar 4 Rangkaian percobaan pengukuran VSWR

2. Atur redaman beban dan sensitifitas penguat pada minimum. Atur sumber redaman pada posisi 20;
3. Bila detektor digerakkan sepanjang saluran maka penunjukkan *ampere meter* akan berubah-ubah. Atur *attenuator* sumber untuk mendapatkan pembacaan yang maksimum. Bila posisi meter diluar 20° - 60° atur kembali kedalaman *probe* detektor;
4. Tentukan posisi detektor untuk pembacaan *ampere meter* maksimum dan minimum.

4.2 Pengukuran Nilai Impedansi Beban

Berikut ini adalah prosedur percobaan pengukuran VSWR.

1. Susun peralatan seperti Gambar 4. Set tombol pada posisi Internal keying;
2. Pasang beban berupa beban hubung singkat;
3. Atur kedalaman *probe tuner* sekitar 5 mm. Mengeset *attenuator* diatur pada atenuasi maksimum dan nyalakan osilator;
4. Gerakkan penala untuk mencari sinyal maksimum. Untuk memperoleh pembacaan skala maksimum atur sensitifitas dan *attenuator* bila diperlukan;



5. Gerakkan penala untuk mencari posisi sinyal minimum. Mencatat besarnya sinyal dan posisi tersebut sebagai x_1 ;
6. Cari posisi x_2 (dekat dengan *short circuit*) dan x_3 dimana memberikan pembacaan sinyal minimum;
7. Ulangi langkah 1 s/d 6 untuk beban resistif, antenna, dan gabungan (resistif dan antenna).

Berikut ini adalah cara menentukan impedansi beban dengan menggunakan *Smith Chart*:

- Tentukan besarnya VSWR dengan metoda langsung;
- Gambar lingkaran VSWR tersebut pada *Smith Chart*;
- Hitung panjang gelombang *waveguide* dengan rumus

$$\lambda_g = 2(x_3 - x_2)$$

- Jarak beban terhadap sumber ditentukan dengan

$$(x_1 - x_2) / \lambda_g$$

Titik potong antara lingkaran VSWR dengan garis hubung antara $z = 0$ dengan jarak beban terhadap sumber merupakan nilai impedansi.



MODUL 2

MODULASI ANALOG

1. TUJUAN

Mengenal jenis dan proses dari modulasi analog AM dan FM.

2. DASAR TEORI

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal pembawa (*carrier*). Suatu sinyal sinusoidal dapat direpresentasikan dengan

$$v(t) = V_{max} \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

dengan $v(t)$ adalah sinyal sinusoidal, V_{max} adalah amplitudo $v(t)$, ω adalah frekuensi sudut dan φ adalah fasa. Terdapat dua macam modulasi analog, yaitu modulasi amplitudo dan modulasi frekuensi.

Amplitudo modulation (AM) menggunakan variasi amplitudo untuk membawa sinyal informasi. Gelombang yang amplitudonya dibuat bervariasi disebut gelombang *carrier* (pembawa). Sinyal yang membuat variasi itu disebut *modulating signal* (sinyal informasi). Misalkan sinyal *carrier* mempunyai indeks c dan sinyal informasi mempunyai indeks m yang ditunjukkan dengan persamaan:

$$v_c(t) = V_c \sin(\omega_c t) \quad (2)$$

$$v_m(t) = V_m \sin(\omega_m t) \quad (3)$$

Karena yang diinginkan adalah sinyal informasi memvariasikan amplitudo *carrier*, maka:

$$v(t) = (V_c + V_m \sin(\omega_m t)) \sin(\omega_c t) \quad (4)$$

Pada persamaan (4) di atas, $(V_c + V_m \sin(\omega_m t))$ melambangkan variasi amplitudo sinyal hasil modulasi. Persamaan (4) dapat diubah menjadi

$$v(t) = V_c (\sin(\omega_c t) + m \sin(\omega_m t) \sin(\omega_c t)) \quad (5)$$

dengan $m = V_m/V_c$ adalah indeks modulasi. Karena

$$\sin(\omega_m t) \sin(\omega_c t) = (1/2)[\cos((\omega_c - \omega_m)t) - \cos((\omega_c + \omega_m)t)],$$

maka pada persamaan (5) terlihat terdapat tiga komponen frekuensi yang berbeda, yaitu:



- Gelombang pembawa (*carrier*) yang asli, dengan frekuensi ω_c , yang tidak terdapat variasi apa pun dan tidak membawa informasi.
- Komponen dengan frekuensi $(\omega_c - \omega_m)$, yang amplitudonya proporsional dengan indeks modulasi. Komponen ini disebut *lower side frequency*.
- Komponen dengan frekuensi $(\omega_c + \omega_m)$, yang amplitudonya proporsional dengan indeks modulasi. Komponen ini disebut *upper side frequency*.

Informasi terdapat pada *lower side band* dan *upper side band*.

Teknik *frequency modulation* juga melibatkan gelombang pembawa dan sinyal informasi dengan persamaan gelombangnya masing-masing sama dengan persamaan (1) dan (2). FM menggunakan perubahan frekuensi untuk mengirim informasi. Variasi frekuensi ditunjukkan dengan banyaknya perubahan fasa sinyal hasil modulasi. Pada frekuensi konstan (angular) ω radians/second, fasa berubah setiap ω radians/second, yaitu $\omega/2\pi$ cycles/second. Fasa sinyal pembawa yang belum dimodulasi $v_c = V_c \sin \omega_c t$ adalah $s = \omega_c t$. Pada FM, sinyal informasi memvariasikan frekuensi sinyal pembawa sehingga, frekuensi sinyal hasil modulasi menjadi

$$\omega = \omega_c + D \cos \omega_m t \quad (6)$$

dengan D adalah nilai puncak deviasi.

$$D = k V_M \quad (7)$$

dengan k adalah *frequency slope* dari frekuensi modulator.

Total perubahan fasa dalam waktu, t , adalah

$$s = \int (\omega_c + D \cos \omega_m t) dt = \omega_c t \left(\frac{D}{\omega_m} \right) \sin \omega_m t \quad (8)$$

Jadi sinyal hasil modulasi dapat dinyatakan sebagai:

$$v = V_c \sin \left[\omega_c t \left(\frac{D}{\omega_m} \right) \sin \omega_m t \right] \quad (9)$$

Dari persamaan (9), indeks modulasi (β) adalah D/ω_m . Sehingga persamaan (9) dapat ditulis sebagai

$$v_c = V_c \sin (\omega_c t + \beta \sin \omega_m t) = V_c F \quad (10)$$



$$F = \sin \omega_c t \cos(\beta \sin \omega_m t) + \cos \omega_c t \sin(\beta \sin \omega_m t) \quad (11)$$

Dengan menggunakan fungsi Bessel,

$$\begin{aligned} F = & J_0(\beta) \sin \omega_c t + J_1(\beta) [\sin(\omega_c + \omega_m)t - \sin(\omega_c - \omega_m)t] \\ & + J_2(\beta) [\sin(\omega_c + 2\omega_m)t - \sin(\omega_c - 2\omega_m)t] \\ & + J_3(\beta) [\sin(\omega_c + 3\omega_m)t - \sin(\omega_c - 3\omega_m)t] \\ & + \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Pada persamaan (12) ditunjukkan bahwa persamaan tersebut terdiri dari bagian-bagian yang tidak terbatas jumlahnya, sehingga berarti pada FM terdapat *sideband* yang juga tidak terbatas jumlahnya. Namun pada prakteknya semakin tinggi ordenya nilai fungsi Bessel semakin kecil, sehingga *bandwidth* -nya dapat dibatasi.

3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada praktikum modul ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak produksi Feedback Teknikit. Peralatan yang digunakan pada modul ini terdapat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Peralatan yang digunakan pada Modul Modulasi Digital

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>53-100 RAT Measuring system</i>	1
2	<i>Amplitude Modulation Workboard 53-130</i>	1
4	<i>Frequency modulation Workboard 53-140</i>	1
5	Perangkat komputer	1



4. PROSEDUR PERCOBAAN

4.1 Prosedur Umum Percobaan

Prosedur kerja umum dilakukan pada saat mulai menggunakan *software* Feedback.

1. Dari menu utama untuk mengetahui tugas yang akan dilakukan, klik *icon* perangkat lunak pada *desktop*;
2. Pilih *System*;
3. Pilih *Index*;
4. Klik *assignment* sesuai dengan praktikum Anda;
5. Klik *toolbar Practical* sesuai dengan *practical* yang sedang anda lakukan.

Jika akan melanjutkan ke *Practical* selanjutnya:

1. Klik *toolbar System*, lalu klik *End practical*;
2. Kemudian memulai kembali dengan mengklik *toolbar Practical* selanjutnya;
3. Untuk berhenti, klik *toolbar System*, lalu klik *Quit*.

4.2 Amplitude Modulation dengan Carrier dan Amplitude Modulation tanpa Carrier

Tujuan:

1. Memahami dasar-dasar *amplitudo modulation*;
2. Memahami perbedaan *amplitude modulation* dengan *carrier* dan *amplitude modulation* tanpa *carrier*.

4.2.1 Amplitude Modulation dengan Full Carrier

Cara kerja:

1. Set *Camer level* maksimum, dan *Modulation level* minimum;
2. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* dan catat hasil pengamatan;
3. Perbesar *Modulation level* sedikit demi sedikit hingga *amplitudo carrier* mendekati nol;
4. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* dan catat.

4.3 Pembangkitan Frequency Modulation (FM)

Tujuan:

1. Memahami dasar-dasar modulasi frekuensi.
2. Meneliti kehadiran suatu sinyal dalam domain waktu dan frekuensi.



4.3.1 Konsep Modulasi Frekuensi

Cara kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah meng-click *toolbar Practical*, lalu klik *Generation of Frequency Modulation*;
2. Set *Modulator output level* ke skala posisi tengah;
3. Dengan menggunakan *oscilloscope* amati perubahan yang terjadi ketika *Manual frequency* diubah, maka frekuensi akan berubah pula. Perhatikan titik <16> untuk melihat tegangan di oscillator dan di titik <4> untuk melihat *output*-nya; Perhatikan titik <4> untuk mengukur total jangkauan frekuensi. Gunakan *spectrum analyzer* untuk mengkonfirmasi jangkauan frekuensi yang telah diukur menggunakan *oscilloscope*.

4.3.2. Modulator Frekuensi

Cara kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah mengklik *toolbar Practical*, lalu klik *Generation of Frequency Modulation*;
2. Set *Modulator output level* ke skala posisi tengah;
3. Lihat penggambaran sinyal pada titik <4> dengan menggunakan *oscilloscope*;
4. Putar *Modulation level* naik dan turun dan perhatikan efek yang ditimbulkannya;
5. Catat ketika *output* pada titik <4> mempunyai frekuensi tertinggi;
6. Pindahkan pengamatan ke titik <3> dan amati bagaimana frekuensi sesaat bergantung pada nilai sesaat dari *modulating signal*;
7. Gunakan *spectrum analyzer* untuk mengetahui sideband sinyal;
8. Tambahkan level *Modulation level* dan amati *sideband* yang terjadi.

5. TUGAS

1. Jelaskan perbedaan AM dan FM!
2. Jelaskan tentang *over modulation* pada AM!
3. Bagaimana cara mendeteksi *over-modulation* pada AM dengan spektrum analyzer?
4. Apakah *over-modulation* ada artinya pada sistem DSB(Double Side band) MA?



5. Dapatkah anda melihat variasi amplitudo pada suatu range frekuensi? Jelaskan hal ini seharusnya terjadi atau tidak?
6. Dengan menggunakan spektrometer sinyal hasil modulasi, dapatkah Anda mengamati frekuensi dari sinyal informasi? Jelaskan bagaimana caranya!



MODUL 3

SISTEM TELEPONI , PCM , DAN TDM

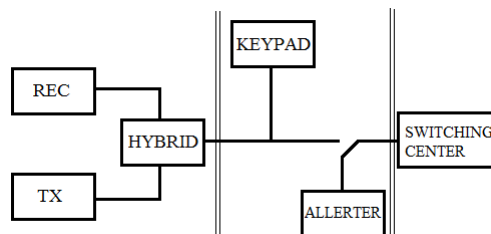
1. TUJUAN

1. Mengetahui sistem kerja telepon analog.
2. Mempelajari kapasitas Traffic pada jaringan telekomunikasi.
3. Mampu mengevaluasi cara mendapatkan nilai trafik dan kegunaannya.
4. Mengenal prinsip pengkodean digital dan transmisi pada sistem digital audio.
5. Mengenal prinsip-prinsip pengubahan sinyal analog menjadi digital dalam PCM.
6. Mengenal teknik *multiplexing* TDM.

2. DASAR TEORI

2.1 Sistem Teleponi dan *Traffic*

Sistem teleponi secara umum dibagi menjadi tiga elemen, yaitu telepon, *handset* dan saluran yang terhubung ke *switching centre*. Pada Gambar 1 ditampilkan sistem teleponi secara umum.



Gambar 1 Sistem teleponi secara umum

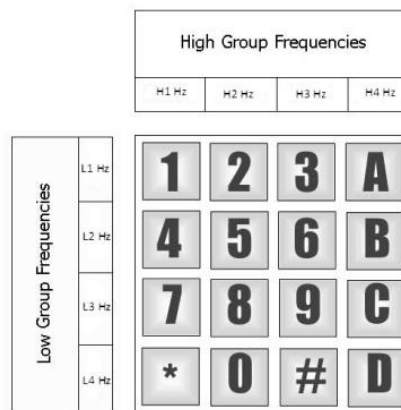
Pada telepon terdapat bagian yang mengatur fungsi *signalling*, yaitu *switch hook*, *keypad* dan *allerter*. Proses *signalling* pada *switch hook* dimulai saat pertama kali gagang telepon diangkat. Fungsi rangkaian *switch hook*, yaitu:

- Melakukan pensinyalan antara sentral dengan pesawat telepon yang digunakan;
- Memutuskan *alerter* dan menyambungkan ke rangkaian telepon lainnya.



Pensinyalan pada *keypad* terjadi saat nomor yang akan dituju ditekan. Sistem operasi pensinyalan yang digunakan pada *keypad* adalah sistem *DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) signalling*. *Allerter* berfungsi sebagai tanda terjadinya hubungan antar pesawat telepon. Pada telepon terdapat pula rangkaian untuk dilakukannya proses pembicaraan (*speech circuit*), yaitu *receiver*, *transmitter*, *microphone*, dan rangkaian *hybrid*.

DTMF signalling disebut juga dengan *tone signalling*. Terdapat tujuh macam frekuensi yang berbeda pada rangkaian *keypad*. Dua diantara frekuensi tersebut dikombinasikan sehingga dihasilkan kombinasi frekuensi yang berbeda untuk masing-masing tombol. *DTMF signalling* menggantikan *pulse dialing* yang sebelumnya digunakan pada sistem telepon otomatis. Jika pada *pulse dialing* metode persinyalan yang digunakan adalah dengan mengoperasikan 10 pulsa per detik yang diubah ke dalam bentuk arus listrik dan kemudian dikirim untuk dibaca oleh sentral, pada *DTMF signalling* metode pengoperasiannya adalah dengan menggunakan dua buah frekuensi yang dikombinasikan pada masing-masing tombol *keypad*. Frekuensi pertama berasal dari frekuensi rendah dan frekuensi kedua berasal dari fekuensi tinggi. Pada Gambar 2 ditunjukkan pembagian grup frekuensi tinggi dan grup frekuensi rendah pada *keypad*.



Gambar 2 Pembagian frekuensi pada *keypad* dengan *DTMF signalling*

Traffic diartikan sebagai perpindahan informasi dari satu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Pada sistem teleponi, konsep *traffic* digunakan sebagai metode pengukuran untuk mengetahui berapa banyak penggunaan sistem telepon atau bagian dari sistem tersebut. Tujuan dari analisa trafik adalah untuk menentukan berapa banyak peralatan yang dibutuhkan untuk menyediakan pelayanan bagi semua pelanggan, tanpa



membuang sumber daya diatas ketentuan. Karakteristik *traffic* telepon bersifat acak. Terdapat dua variabel yang mempengaruhi proses acak *traffic* telepon, yaitu rata-rata panggilan masuk per detik (*arrival rate*) dan waktu pendudukan (*holding time*). *Traffic* tidak memiliki dimensi, tetapi biasanya digunakan satuan Erlang. Satu Erlang adalah jumlah saluran yang terpakai selama satu jam. Satuan lain yang biasanya digunakan adalah CCS (*century call second*).

Total *traffic* pada suatu periode waktu merupakan penjumlahan *holding time* pada seluruh periode pembicaraan. Besaran yang umumnya diukur dari *traffic* adalah instensitas *traffic*. Instensitas *traffic* merupakan ukuran penggunaan rata-rata selama periode waktu tertentu, umunya pada periode jam sibuk (*busy hour*), atau dapat juga didefinisikan sebagai perbandingan antara waktu selama penggunaan (terus menerus atau total keseluruhan) dengan waktu saat layanan siap untuk digunakan. Persamaan intensitas *traffic* dinyatakan dengan

$$A = R \cdot h \quad (1)$$

dengan A adalah intensitas *traffic*, R adalah rata-rata jumlah panggilan pada suatu periode waktu, dan h adalah waktu pendudukan saluran (*holding time*).

Berdasarkan nilai intensitas *traffic*, besarnya *Grade of Service* (GoS) dapat diketahui. GoS adalah kemungkinan suatu panggilan telepon akan dibatalkan (*Loss System*) atau ditunda (*Delayed Call System*) pada suatu interval waktu tertentu, yang biasa pada durasi jam sibuk (*busy hour*).

2.2 PCM dan TDM

Sinyal yang ditransmisikan akan mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas ini disebabkan oleh adanya hal-hal, antara lain redaman, derau (*noise*), dan interferensi. Dampak penurunan kualitas sinyal dapat dikurangi dengan merubah sinyal analog ke bentuk digital karena lebih tahan terhadap *noise* dan redaman. Pengubahan bentuk sinyal analog menjadi digital dilakukan melalui tiga tahapan proses yaitu pencuplikan (*sampling*), kuantisasi, dan pengkodean (*coding*).

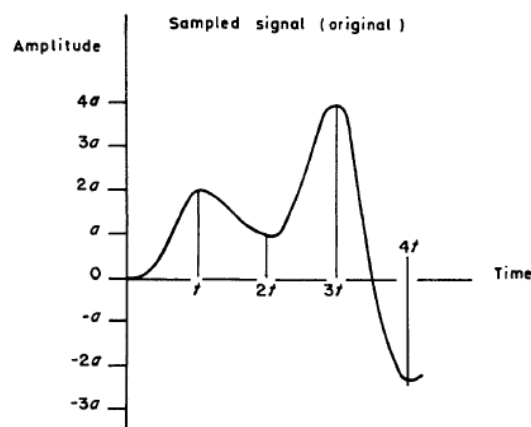
Sampling adalah metode untuk mencacah/mencuplik gelombang analog dengan menggunakan pulsa diskrit sebagai pencupliknya. *Sampling* merupakan metode yang digunakan dalam mentransmisi sinyal analog dalam bentuk sinyal digital. Gelombang analog dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut.

$$V = \frac{V}{2} + A \cos \omega_0 t - \frac{A}{3} A \cos \omega_0 t + \frac{A}{5} \cos \omega_0 t + \dots \quad (2)$$

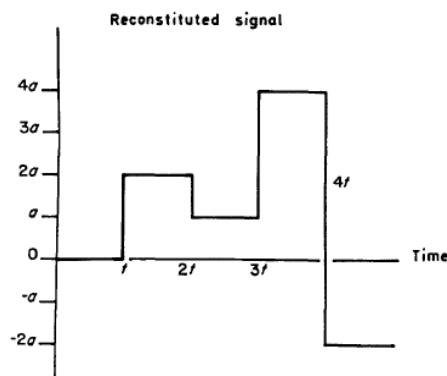


Frekuensi *sampling* yang biasanya digunakan pada proses digitalisasi sinyal suara adalah 8 KHz untuk teleponi digital. Secara matematis *sampling* dapat dianalogikan sebagai suatu hasil perkalian sinyal yang dicuplik dengan sinyal yang mencuplik. *Pulse Amplitude Modulation* mengkonversi sinyal analog menjadi sekumpulan pulsa yang memiliki amplitudo yang berbeda. Pada sistem transmisi telepon modern, amplitudo pulsa tersebut dikonversi menjadi kode biner. Proses perubahan tersebut dinamakan *Pulse Code Modulation* (PCM).

Setelah dilakukan *sampling*, sinyal kemudian dilakukan kuantisasi dan *coding*. Kuantisasi adalah proses memetakan level amplitudo dari hasil *sampling* yang masih kontinu ke dalam level amplitudo yang diskrit. Setelah melalui proses kuantisasi, maka sinyal keluarannya merupakan sinyal yang memiliki waktu diskrit dan level amplitudo diskrit. *Coding* adalah proses perubahan amplitudo sinyal diskrit hasil kuantisasi ke dalam *bit-bit* biner sehingga sinyal hasil PCM hanya diwakili oleh nilai 1 dan 0. Pada Gambar 3 sampai 6 di bawah ini masing-masing ditampilkan contoh proses pencuplikan sinyal analog, hasil pencuplikan sinyal analog, ukuran *step quantization*, dan hasil pengkodean.

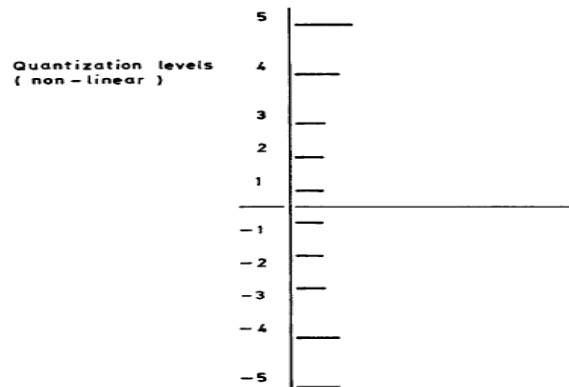


Gambar 3 Contoh proses pencuplikan sinyal analog [1]





Gambar 4 Contoh hasil pencuplikan sinyal analog [1]



Gambar 5 Contoh *step size quantization* [1]

Time	Amplitude	Decimal numeric value	8-bit binary translation
0	0	0	00000000
t	$2a$	2	00000010
$2t$	a	1	00000001
$3t$	$4a$	4	00000100

Gambar 6 Contoh hasil pengkodean pada PCM [1]

Multiplexing adalah metode penggunaan suatu *resource* komunikasi secara bersama. *Multiplexing* bertujuan untuk menghemat *resource* dari kanal komunikasi. Salah satu bentuk *multiplexing* adalah *Time Division Multiplexing* (TDM), yaitu satu *frame* dibagi menjadi beberapa slot waktu (*time slot*). Setiap *time slot* memiliki periode sama dan setiap *frame* memiliki jumlah slot waktu yang sama, sehingga setiap slot waktu pada setiap kanal pembicaraan berulang pada interval yang tetap, sehingga TDM disebut sistem yang *synchronous*. Slot-slot waktu dapat digunakan oleh satu pengguna untuk sebuah kanal pembicaraan. Pada Gambar 7 ditunjukkan contoh proses *multiplexing*.

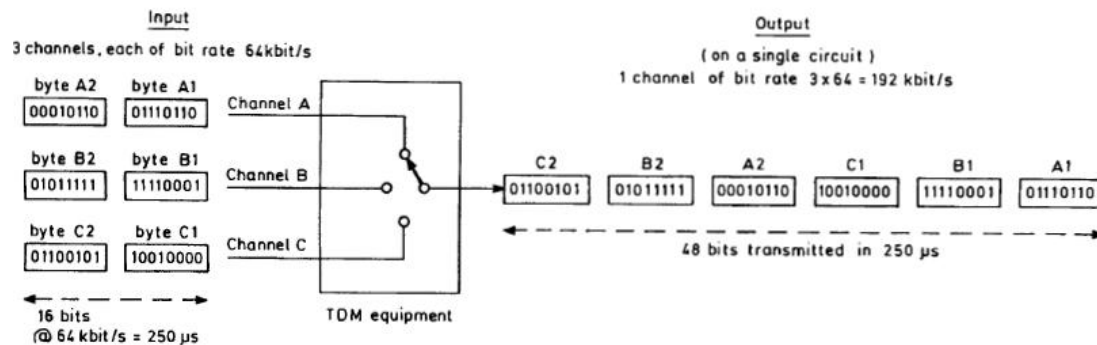


Figure 5.6 The principle of time division multiplexing (TDM)

Gambar 7 Contoh proses *multiplexing* [1]

3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada praktikum modul ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak produksi Feedback Teknikit seperti terdapat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Peralatan yang digunakan pada Modul Sistem Teleponi, PCM, dan TDM

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Telephone & Interface Workboard 58-110</i>	1
2	<i>Digital Switching Centre Workboard 58-122</i>	1
4	<i>Telephone & Interface 58-100</i>	1
5	<i>53-100 RAT Measuring system</i>	2
6	<i>Controller</i>	1
7	Perangkat komputer	1

4. PROSEDUR PERCOBAAN

4.1 Prosedur Umum Percobaan

Prosedur kerja umum dilakukan saat mulai menggunakan *software* Feedback.

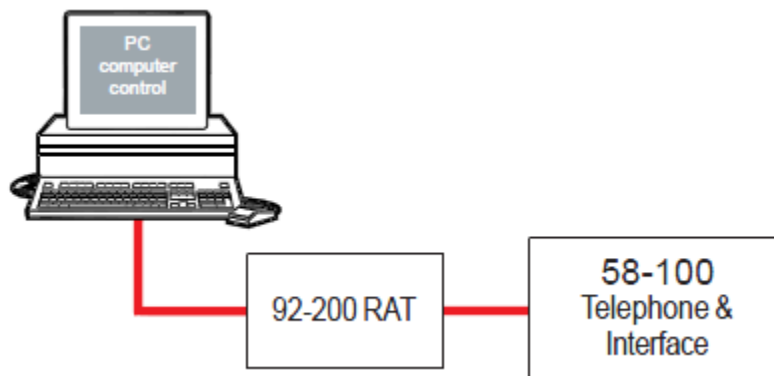
1. Dari menu utama untuk mengetahui tugas yang akan dilakukan, klik *icon* perangkat lunak pada *desktop*;
2. Pilih *System*;
3. Pilih *Index*;
6. Klik *assignment* sesuai dengan praktikum Anda;
7. Klik *toolbar Practical* sesuai dengan *practical* yang sedang anda lakukan.



Jika akan melanjutkan ke *Practical* selanjutnya:

4. Klik *toolbar System*, lalu klik *End practical*;
5. Kemudian memulai kembali dengan mengklik *toolbar Practical* selanjutnya;
6. Untuk berhenti, klik *toolbar System*, lalu klik *Quit*.

4.2 Prosedur Percobaan Teleponi



Gambar 8 Rangkaian percobaan teleponi

4.2.1 *Switch Hook*

1. Tekan tombol pada bagian *handset*
2. Lihat perubahan yang terjadi pada bagian *switch* dan baca nilai yang tertera pada *ammeter*

4.2.2 *Keypad Operation*

1. Set telepon pada posisi 'TONE'
2. Jaga posisi *off hook* pada telepon, pastikan posisi *line current control* berada pada tengah-tengah atau dalam posisi normal
3. Tekan tombol pada *keypad*. Perhatikan sinyal pada saluran yang tertera pada osiloskop.

4.2.3 *Keypad Codes*

1. Tekan tombol *keypad*
2. Amati sinyal pada saluran
3. Amati frekuensi sinyal pada *output* masing-masing filter.

4.3 Prosedur Percobaan *Digital Switching Center*

1. Pilih *Assignment 1, Practical 1*;



2. Lakukan sejumlah panggilan antar telepon:
Telepon 1 melakukan panggilan ke telepon 2 selama 30 detik dan telepon 3 melakukan panggilan ke telepon 4 selama 15 detik
3. Pilih *Assignment 12, Practical 1*;
4. Ambil data yang terdapat pada tabel *traffic*;
5. Kembali ke *Assignment 1, Practical 1*;
6. Lakukan variasi panggilan;
7. Kembali ke *Assignment 12, Practical 1*;
8. Ambil data yang terdapat pada tabel *traffic*.

4.4 Prosedur Percobaan PCM & TDM

4.4.1 *Sampling*

Tujuan:

Memahami fungsi *sampling* sebagai langkah awal pengubahan sinyal analog ke sinyal digital.

Cara kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah mengklik toolbar practical, klik *basic sampling*;
2. Atur frekuensi osiloskop 1 menjadi sekitar 800 Hz dengan *output V_{PP}* adalah 2 Volt. Ukuran tampilan dan osiloskop dapat diubah dengan menggunakan menu *Option*;
3. Amati bentuk gelombang pada osiloskop 1, clock, gelombang sampel, dan keluaran pada *low pass filter*;
4. Ubah waktu sample dengan menggunakan menu option ke $\frac{1}{4}$. Amati bentuk gelombang yang terjadi;
5. Ulangi langkah 3 dengan mengubah waktu sample menjadi $\frac{1}{8}$;
6. Ulangi langkah 1-3 untuk frekuensi 500 dan 2 kHz.

4.4.2 PCM

Tujuan:

1. Memahami prinsip PCM sebagai teknik untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital.
2. Memahami pengertian kuantisasi dan *noise*.



4.4.2.1 Kuantisasi

Cara kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah mengklik *toolbar Practical*, klik *Quantization*;
2. Atur tegangan sehingga menjadi 0 (nol) menggunakan pengendali *DC Test Linear* pada *workboard* dan kalibrasi kembali untuk mendapatkan hasil yang akurat;
3. Atur tegangan masukan menjadi 1 V, amati keluaran digitalnya;
4. Ulangi untuk nilai masukan sebesar 2 V dan tegangan maksimum hingga display digital tidak berubah. Amati keluaran digitalnya;
5. Ulangi untuk -1 V dan -2 V dan untuk minimum. Amati perubahan kode pada tegangan nol.

4.4.2.2 Percobaan 2 : Noise Kuantisasi

Cara Kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah mengklik *toolbar Practical*, lalu klik *Quantisation noise*;
2. Set frekuensi pada 300 Hz dan amplitudo tegangan (*peak*) 0.2 Volt dengan menggunakan pengendali *Fine control*;
3. Set resolusi pada 4 bit , lewat menu *Option*;
4. Amati keluaran digitalnya (tespoint 7) serta hasil filter keluarannya (testpoint 8);
5. Ulangi untuk resolusi bit-bit yang berbeda;
6. Gunakan *spectrum analyzer* untuk melihat *output*.

4.4.3. Pengenalan *Multiplexing*

Tujuan:

1. Memahami pengertian *multiplexing*.
2. Mengerti tujuan penggunaan *multiplexing*.

Cara Kerja:

1. Ikuti petunjuk umum. Setelah mengklik *toolbar Practical*, lalu klik *Introduction to multiplexing*;
2. Amati keluaran pada osilator 4 yang merupakan bentuk hasil *demultiplexing* dan *output filter*;
3. Bandingkan bentuk gelombangnya dengan menggunakan tampilan yang besar;



4. Set Osilator 1 menjadi 0 (zero) dan variasikan amplitudo untuk menentukan slot waktu yang digunakan pada setiap sinyal;
5. Tingkatkan nilai *output* Osilator 1;
6. Bandingkan bentuk gelombang masukan untuk tiap osilator dengan gelombang keluarannya dengan menggunakan menu *Option* untuk memilih *time slot*.

Referensi:

- 1 Clark, Martin P. 1998. *Networks and Telecommunications: Design and Operation*. Cichester: John Wiley & Sons Ltd.



MODUL 4

MODULASI DIGITAL

1. TUJUAN

1. Mengetahui jenis teknik modulasi digital.
2. Mengamati modulasi dan demodulasi ASK.
3. Mengamati modulasi FSK.

2. DASAR TEORI

Pada umumnya sumber informasi berbentuk sinyal analog. Untuk mengefektifkan transmisi maka informasi harus dalam bentuk digital.

Hal yang menjadi masalah besar dalam pentransmisi informasi adalah saat *transmitter* dan *receiver* dipisahkan oleh *free space*. Dimana sinyal yang dikirim *transmitter* akan mengalami distorsi dan *noise*. Sehingga menyebabkan *error* pada informasi yang akan diterima. Sistem komunikasi digital digunakan untuk meminimalisasi efek yang terjadi di *channel*, memaksimalkan *transfer rate* dan keakuratan transmisi informasi.

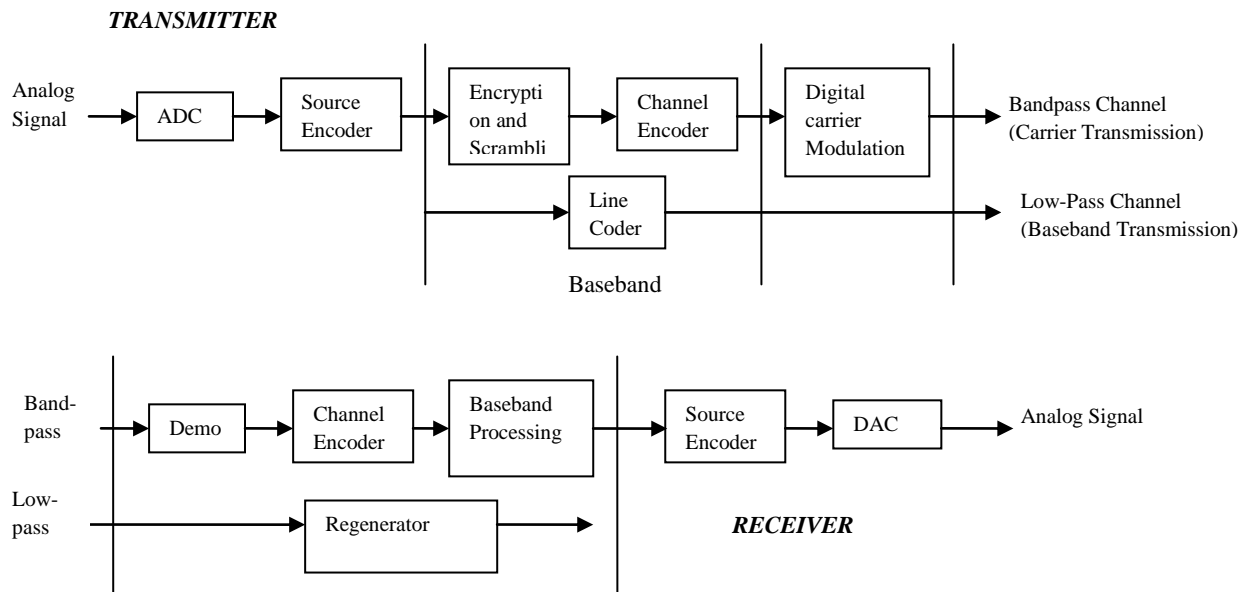
Keuntungan sistem komunikasi digital yaitu:

- Terjadinya interferensi yang sangat kecil;
- Tahan terhadap *noise*;
- Dapat mengoreksi terjadinya *error*;
- Mudah untuk memanipulasi;
- Mudah untuk diproses dan multipleksing.

Kerugian sistem komunikasi digital yaitu:

- Membutuhkan permintaan sistem yang lebih tinggi;
- Membutuhkan biaya tambahan untuk mengkonversi sistem analog ke digital.

Pada Gambar 1 ditampilkan blok-blok pada sistem komunikasi digital. Berikut ini adalah penjelasan blok-blok yang terdapat pada sistem komunikasi digital



Gambar 1 Blok diagram sistem komunikasi digital

a. *Information source*

Sumber informasi dapat berbentuk diskrit atau kontinu. Informasi yang dihasilkannya juga dapat berupa analog ataupun digital. Pada sistem komunikasi digital, sinyal analog yang dihasilkan sumber yang kontinu harus diubah menjadi bentuk digital dengan menggunakan *analog to digital converter* (ADC).

b. *Source Encoder dan Decoder*

Source coding digunakan untuk mengkodekan sumber informasi menjadi bentuk yang lebih sesuai untuk transmisi. Dengan demikian, *source encoder* mencoba mengurangi jumlah bit yang dibutuhkan untuk mengirimkan informasi tertentu, sehingga bandwidth yang didapatkan lebih kecil. Sedangkan *source decoder (receiver)* digunakan untuk memasukkan kembali konten informasi yang hilang melalui suatu proses *filtering*.

c. *Line Coding dan Decoding*

Line coding digunakan untuk pemformatan data digital tanpa adanya modulasi. Informasi dalam sistem transmisi berupa sekuensial data digital ('0' atau '1') yang panjang. Transmisi data digital ('0' atau '1') yang panjang ini dapat menyebabkan



hilangnya sinkronisasi pada sistem. Oleh karena itu, *line coding* dapat mencegah hilangnya sinkronisasi pada sistem.

d. *Encryption dan Scrambling*

Pada sistem komunikasi digital informasi dapat dimanipulasi untuk tujuan *security*. Hal ini dapat dilakukan dengan *encryption* dan *scrambling*. *Encryption* berguna untuk *confidentiality* dan *authentication* yang mencegah orang yang tidak berhak mengambil atau memasukkan informasi dari/ke *channel*. Sedangkan *scrambling* digunakan mengacak-acak informasi agar tidak dapat dimengerti oleh pihak lain.

e. *Channel Coding dan Decoding*

Channel coding berguna untuk memproses aliran data untuk menjamin kompatibilitasnya dengan *channel* yang digunakan. *Channel coding* dapat mengontrol jumlah eror pada aliran data dengan menambah bit ekstra pada data yang sudah di-*source code* secara sistematis

f. *Digital Carrier Modulator dan Demodulator*

Modulasi digital adalah proses dimana simbol-simbol digital diubah menjadi gelombang yang kompatibel dengan karakteristik *channel*.

g. *Communication Channel*

Channel merupakan jalur listrik antara sumber dan tujuan. *Channel* dapat berupa kawat, link radio, link telepon dan lain sebagainya. Tidak ada *channel* yang ideal. Semua *channel* mempunyai bandwidth yang terbatas dan sinyal informasi sering mengalami distorsi amplitudo dan fasa saat melewatinya. Selain itu terdapat distorsi, *noise* serta interferensi yang sulit dihindari sehingga menyebabkan error pada sinyal digital yang diterima.

Pada dunia telekomunikasi dikenal dua macam sistem transmisi yaitu *baseband* dan *bandpass*. Sistem transmisi *baseband* adalah sistem transmisi yang melakukan transmisi tanpa melakukan translasi frekuensi (modulasi) sebelumnya. Untuk meningkatkan akurasi sistem, dilakukan *line coding*. *Line code* tersebut harus dipilih secara teliti agar sesuai dengan karakteristik *channel*. Terdapat berbagai bentuk teknik *line coding* diantaranya *Non Return to Zero (NRZ)*, *Return to Zero (RZ)*, *Manchester*, *Alternate Mark Inversion (AMI)*, *HDB3* dll. Media transmisi pada sistem *baseband* dapat berupa *coaxial cable* dan biasa digunakan dalam jaringan lokal berskala kecil.

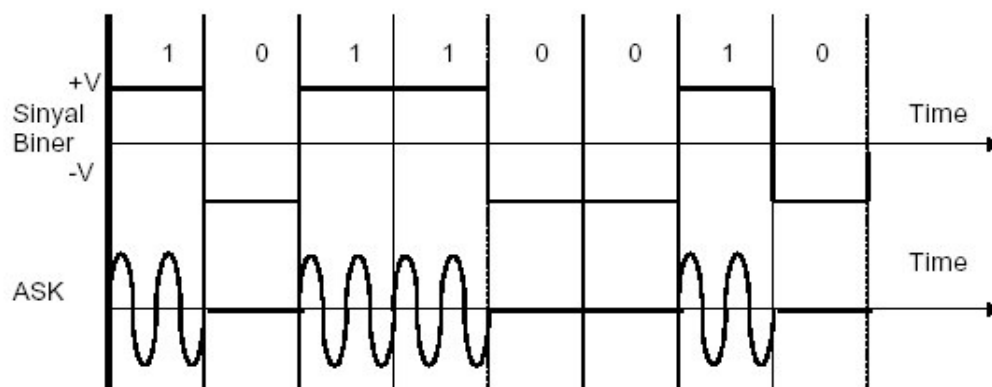


Sistem transmisi *bandpass* merupakan sistem transmisi yang sudah mengalami modulasi, yaitu sinyal informasi (diskrit) memodulasi sinyal pembawa (kontinu). Sebelum dimodulasi menggunakan teknik modulasi digital maka sinyal informasi harus berbentuk data digital. Oleh karena itu, sinyal informasi yang masih berupa analog harus dikonversi dulu dengan menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*). Terdapat berbagai macam teknik modulasi digital diantaranya ASK (*Amplitude Shifted Keying*), FSK (*Frequency Shifted Keying*) dan PSK (*Phase Shifted Keying*). Dikenal juga teknik modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) yang merupakan kombinasi antara ASK dan PSK.

Amplitude Shift Keying (ASK) merupakan modulasi digital yang berdasar pada pergeseran amplitudo. Pada ASK, dua nilai biner diwakili oleh dua amplitudo sinyal pembawa, pada umumnya salah satu amplitudo adalah nol untuk mewakili biner '0', sedangkan biner '1' diwakili oleh adanya sinyal pembawa dengan amplitudo yang konstan.

$$s(t)=\begin{cases} A \cos(2\pi ft) & \text{Biner 1} \\ 0 & \text{Biner 0} \end{cases} \quad (1)$$

Pada Gambar 2 ditampilkan bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi ASK.



Gambar 2 Bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi ASK

Keuntungan metode ASK adalah *bit rate* yang dihasilkan lebih besar. Kekurangannya adalah untuk menentukan level acuan yang dimilikinya, setiap sinyal yang terdapat pada saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh *noise* dan distorsi lainnya. Oleh karena itu, metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk transmisi jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor *noise* atau gangguan juga harus diperhitungkan dengan teliti.

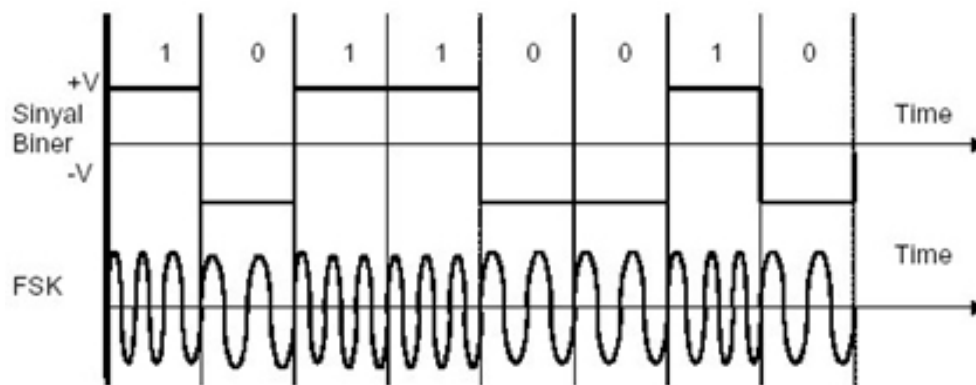
Frequency Shift Keying (FSK) merupakan modulasi sinyal digital dengan menggunakan penggeseran frekuensi sesuai dengan nilai sinyal digital. FSK mewakili dua



nilai biner dengan dua buah frekuensi yang letaknya berdekatan dengan frekuensi tengah, seperti persamaan berikut :

$$s(t)=\begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & \text{Biner 1} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & \text{Biner 0} \end{cases} \quad (2)$$

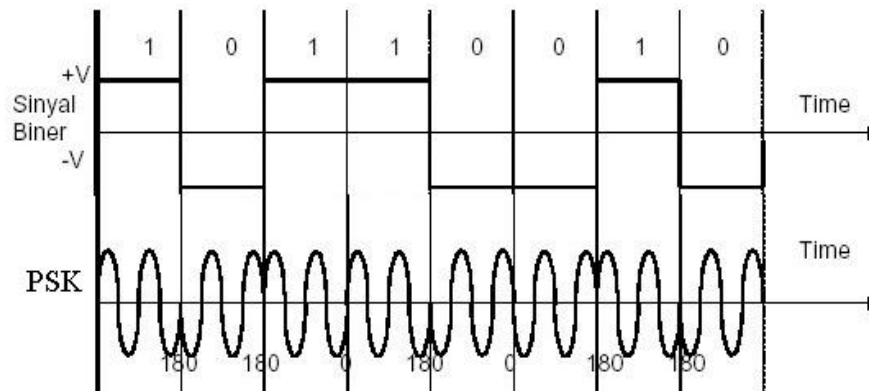
dengan dan diperoleh dari pengurangan dan/atau penjumlahan frekuensi *carrier*, dengan suatu selisih frekuensi tertentu. Pada proses ini frekuensi gelombang *carrier* berubah-ubah sesuai perubahan biner sinyal informasi digital. Pada Gambar 3 ditampilkan bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi FSK.



Gambar 3 Bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi FSK

Keuntungan modulasi FSK adalah hanya ada sedikit kesalahan pada saat transmisi karena informasinya terkandung pada frekuensi diskrit, serta sistem modulasi digital relatif sederhana. Karena tidak terpengaruh oleh besarnya amplitude sinyal. Sedangkan kekurangannya adalah modulasi FSK memiliki *bandwith* yang lebar. Modulasi FSK banyak diaplikasikan untuk frekuensi tinggi.

Phase Shift Keying (PSK) merupakan teknik modulasi sinyal digital melalui pergeseran fasa. Pada PSK fasa gelombang *carrier* akan berubah sesuai dengan perubahan nilai biner sinyal informasi digital. Pada Gambar 4 ditampilkan bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi FSK.



Gambar 4 Bentuk sinyal digital setelah melalui modulasi PSK

3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Praktikum modul ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak produksi Feedback Teknikit . Peralatan yang digunakan terdapat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Peralatan yang digunakan pada Modul Modulasi Digital

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Modulation & Keying Workboard 53-160</i>	1
2	Perangkat komputer	1

4. PROSEDUR PERCOBAAN

4.1 Prosedur Umum Percobaan

Prosedur kerja umum dilakukan pada saat mulai menggunakan *software* Feedback.

1. Dari menu utama untuk mengetahui tugas yang akan dilakukan, klik *icon* perangkat lunak pada *desktop*;
2. Pilih *System*;
3. Pilih *Index*;
8. Klik *assignment* sesuai dengan praktikum Anda;
9. Klik *toolbar Practical* sesuai dengan *practical* yang sedang anda lakukan.

Jika akan melanjutkan ke *Practical* selanjutnya:



7. Klik *toolbar System*, lalu klik *End practical*;
8. Kemudian memulai kembali dengan mengklik *toolbar Practical* selanjutnya; Untuk berhenti, klik *toolbar System*, lalu klik *Quit*.

4.2 Prosedur Percobaan *Amplitude Shift Keying (ASK)*

4.2.1 Proses Pembentukan Sinyal Modulasi ASK

Tujuan :

1. Mempelajari komponen-komponen dalam modulasi digital.
2. Mempelajari konsep perubahan *carrier on/off* dalam ASK.

Cara kerja:

1. Atur semua potensiometer *workboard* pada posisi tengah;
2. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer*. Anda dapat mengubah besar *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* menjadi tampilan yang lebih besar dengan memilih *toolbar Condition Menu* , lalu *Change size*. Catat hasil pengamatan;
3. Atur *MS bit switch <7>* dan *LS bit switch <8>* sesuai dengan *data bit word* yang dibutuhkan.

4.2.2 *Diode Detector*

Tujuan:

Mempelajari konsep demodulasi sinyal ASK dengan *diode detector*.

Cara kerja:

1. Atur semua potensiometer *workboard* pada posisi tengah;
2. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer*. Anda dapat mengubah besar *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* menjadi tampilan yang lebih besar dengan memilih *toolbar Condition Menu* , lalu *Change size*. Catat hasil pengamatan.

4.2.3 *Suppressed Carrier ASK*

Tujuan:

Mempelajari konsep modulasi *suppressed carrier ASK*.

Langkah-langkah:

Atur semua potensiometer *workboard* pada posisi tengah.

1. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer*. Anda



dapat mengubah besar *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* menjadi tampilan yang lebih besar dengan memilih *toolbar Condition Menu*, lalu *Change size*. Catat hasil pengamatan;

2. Atur *MS bit switch* <7> dan *LS bit switch* <8> sesuai dengan *data bit word* yang dibutuhkan;

4.3 Frequency Shift Keying (FSK)

4.3.1 Proses Pembentukan Sinyal Modulasi FSK

Tujuan:

Mengamati karakteristik sinyal FSK dan pembentukan sinyal FSK.

Cara kerja:

1. Set semua potensiometer ke posisi tengah;
2. Set *Switch MS bit* ke 0 dan *Switch LS bit* ke 2;
3. Amati sinyal di setiap titik menggunakan *oscilloscope* dan *spectrum analyzer*. Anda dapat mengubah besar *oscilloscope* dan *spectrum analyzer* menjadi tampilan yang lebih besar dengan memilih *toolbar Condition Menu*, lalu klik *Change size*. Catat hasil pengamatan.



MODUL 5

FIR FILTER DENGAN MENGGUNAKAN DSK

TMS320C6713

1. TUJUAN

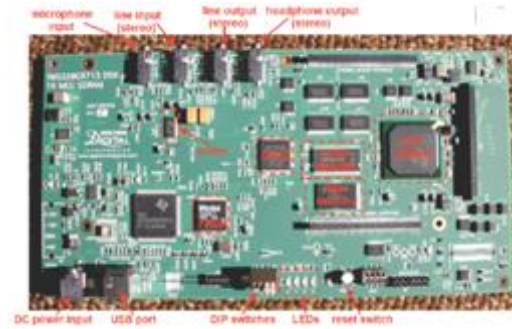
1. Mengerti tentang DSP dan aplikasinya
2. Mengerti konsep FIR Filter dan dapat merancangnya

2. DASAR TEORI

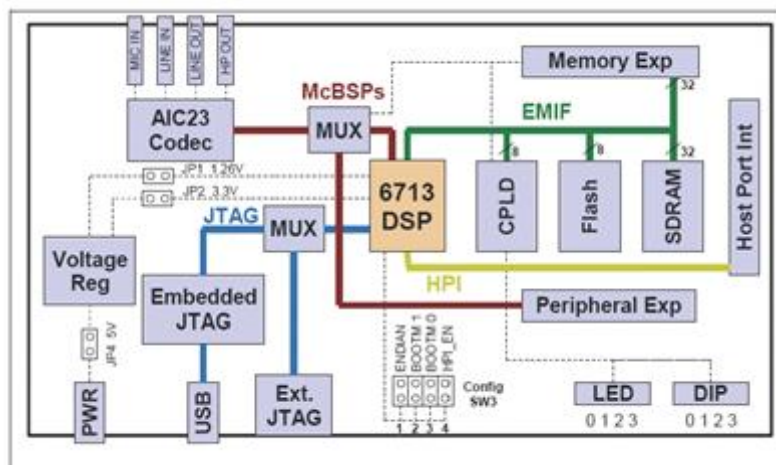
2.1 Sekilas Tentang DSK

DSK TMS320C6713 adalah salah satu tipe C6000 yang dapat bekerja pada *fixed-point* maupun *floating-point*. Tetapi, DSP ini masih berupa *starter kit*, yaitu suatu *platform* yang dapat mensimulasikan DSP C6713 yang sebenarnya. DSK tipe ini lebih ditujukan untuk keperluan edukasi, penelitian, serta evaluasi. Namun, hasil dari aplikasi yang kita buat di DSK tipe ini sangat mungkin untuk diterapkan pada DSP C6713 yang sebenarnya.

Texas Instruments mengeluarkan beberapa seri *DSP board* untuk pengaplikasian prosesor DSP dengan biaya yang murah, salah satunya adalah *DSP board* seri DSK TMS320C6713. Pada dasarnya *board* ini dikembangkan sebagai *low-cost platform* yang memiliki *high performance*, untuk lebih memudahkan pembelajaran pemrosesan sinyal digital bagi semua orang. Pada *DSP board* ini sudah diintegrasikan komponen-komponen yang berhubungan dengan pemrosesan sinyal dengan menggunakan DSP (*Digital Signal Processor*). Komponen yang ada dalam *board* sifatnya statis secara *hardware*, namun dapat diprogram dengan menggunakan *software Code Composer Studio*. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 masing-masing ditampilkan tampilan DSK TMS320C6713 dan blok diagram DSK TMS320C6713.



Gambar 1 Tampilan DSK TMS320C6713



Gambar 2 Blok diagram DSK TMS320C6713

Komponen utama serta pendukung dari DSK TMS320C6713 antara lain:

1. Prosesor TMS320C6713

Merupakan prosesor dengan kecepatan *clock* 225 Hz yang mendukung operasi *fixed-point* dan *floating-point*. Kecepatan operasinya dapat mencapai 1350 juta operasi *floating-point* per detik (MFLOPS) dan 1800 juta instruksi per detik (MIPS). Selain itu, prosesor ini dapat melakukan 450 juta operasi *multiply-accumulate* per detik.

2. CPLD (*Complex Programmable Logic Device*)

- CPLD berisi register-register yang berfungsi untuk mengatur fitur-fitur yang ada pada *board*. Pada DSK C6713, terdapat 4 jenis register CPLD, yaitu:
- USER_REG Register untuk mengatur *switch* dan LED sesuai yang diinginkan *user*.



- DC_REG Register untuk memonitor dan mengontrol *daughter card*.
- VERSION Register untuk indikasi yang berhubungan dengan versi *board* dan CPLD.
- MISC Register untuk mengatur fungsi lainnya pada *board*.

3. *Flash memory*

DSK menggunakan memori *flash* untuk *booting*. Pada *flash* berisi sebuah program kecil yang disebut POST (*Power On Self Test*). Program ini berjalan saat DSK pertama kali dinyalakan. Program POST akan memeriksa fungsi-fungsi dasar *board* seperti koneksi USB, *audio codec*, LED, *switches*, dan sebagainya.

4. SDRAM

Memori utama yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan instruksi maupun data.

5. AIC23 Codec

Berfungsi sebagai ADC maupun DAC bagi sinyal yang masuk ke *board*.

6. *Daughter card interface*

Konektor-konektor tambahan yang berguna untuk mengembangkan aplikasi-aplikasi pada *board*. Terdapat tiga konektor, yaitu *memory expansion*, *peripheral expansion*, dan *Host Port Interface*.

7. LED dan *Switches*

LED dan *switches* ini merupakan fitur yang dapat membantu dalam membangun aplikasi karena dapat deprogram sesuai keinginan *user*.

8. JTAG (*Joint Test Action Group*)

Merupakan konektor yang dapat melakukan transfer data dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini akan berguna dalam aplikasi *real-time*.

DSK dapat digunakan untuk banyak hal, mulai dari simulasi komunikasi, sistem kendali hingga pengolahan gambar dan suara. DSP umumnya digunakan pada aplikasi komunikasi (seluler). *Embedded DSP* dapat ditemukan pada *cellular phones*, *fax/modems*, *disk drives*, radio, *printers*, *hearing aids* (alat bantu pendengaran), *MP3 player*, *high-definition television* (HDTV), kamera digital dan lain-lain. Penggunaan DSP pada alat-alat tersebut dapat menurunkan harga produksi, karena DSP dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan, memiliki *software* yang murah dan dukungan *hardware* yang cukup.

2.2 Filter Digital



Filter digital adalah suatu prosedur matematika atau algoritma yang mengolah sinyal masukan digital dan menghasilkan isyarat keluaran digital yang memiliki sifat tertentu sesuai dengan tujuan filter. Penggunaan filter ini banyak dan luas sekali. Sebagian besar aplikasi pemrosesan sinyal menggunakan filter. Pada PSD, filter yang didesain adalah filter digital. Filter digital dapat dibagi menjadi dua yaitu Filter Digital IIR (*infinite impulse response*) dan FIR (*finite impulse response*). Pembagian ini berdasarkan pada tanggapan impuls filter tersebut. FIR memiliki tanggapan impuls yang panjangnya terbatas, sedangkan IIR tidak terbatas. FIR tidak memiliki pole, maka kestabilan dapat dijamin sedangkan IIR memiliki *pole-pole* sehingga lebih tidak stabil. Pada filter digital orde tinggi, kesalahan akibat pembulatan koefisien filter dapat mengakibatkan ketidakstabilan.

Secara umum:

a. *Finite Impulse Response* (FIR)

Formula FIR dapat dilihat sebagai berikut:
$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n-k) \quad (1)$$

b. *Infinite Impulse Response* (IIR)

Formula IIR dapat dilihat sebagai berikut:
$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k) \quad (2)$$

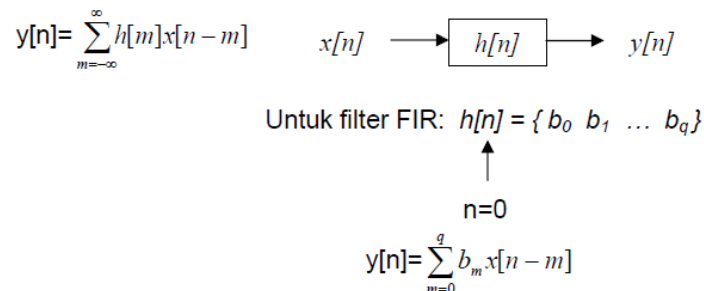
Operasi dasar yang digunakan pada pemrosesan sinyal hanya berupa perkalian dan penjumlahan sederhana saja. Namun, kedua operasi yang dilakukan ini sangat banyak jumlahnya, sehingga untuk menerapkannya dalam aplikasi diperlukan suatu prosesor yang sangat cepat dalam melakukan perhitungan matematis. Untuk itulah didesain suatu mikroprosesor yang bekerja khusus untuk memproses sinyal digital yang disebut *Digital Signal Processor* (DSP).

2.3 FIR Filter

FIR filter berfungsi untuk mengoperasikan *real-time digital filter* pada DSP. Dinamakan "*finite*" atau terbatas dikarenakan tidak ada *feedback* pada jenis filter ini. Tidak ada *feedback* dikarenakan nilai sample suatu sinyal dibatasi sampai nilai $(N - 1)$ sehingga banyaknya *sample* tergantung dari banyaknya nilai koefisien N . Pada DSK TMS320C6713, penggunaan FIR filter meliputi penggunaan dari ADC dan DAC yang terintegrasi dengan *DSP board*. ADC berfungsi untuk menangkap dan merubah sinyal menjadi bentuk diskrit, sedangkan DAC berfungsi merubah kembali sinyal menjadi analog.



Secara umum suatu FIR didefinisikan oleh suatu *impulse responses*, $h(n)$, dengan $h(n)$ adalah koefisien filter seperti terdapat pada Gambar 3. Nilai dan jumlah koefisien filter ditentukan oleh spesifikasi filter yang diinginkan. Secara manual suatu nilai dan jumlah koefisien filter dapat dicari dengan berbagai metode yang memanfaatkan konsep *discrete fourier transform* dan teknik *windowing*.



Gambar 3 FIR Filter

dengan b_i adalah nilai koefisien filter dan q adalah jumlah koefisien filter.

3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada praktikum modul ini digunakan alat-alat seperti terdapat pada Tabel 1 di bawah ini.

1. Tabel 1 Peralatan yang digunakan pada Modul Modulasi Digital

No	Nama Alat	Jumlah
1	DSK TMS320C6713	1
2	<i>Perangkat lunak Matlab</i>	1
4	<i>Perangkat lunak Code Composer Studio</i>	1
5	<i>Microphone</i>	1
6	<i>Audio Speaker</i>	1

4. PROSEDUR PERCOBAAN

Secara umum percobaan ini menggunakan *software* MATLAB Simulink dan CCS Studio yang diintegrasikan sehingga dapat diprogramkan pada DSK TMS320C6713. Proses

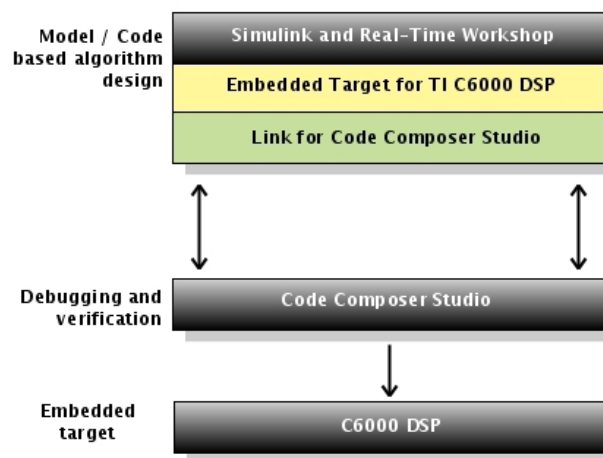


dias dinamakan sebagai proses *targeting*. Untuk perancangan filter digital sendiri dilakukan pada Simulink dengan bantuan FDA Tool.

4.1 Targetting Simulink ke DSK TMS320C6713

Secara sederhana, pada proses *targetting* digunakan SIMULINK[®] dan CCS. Untuk menghubungkan SIMULINK[®] dengan DSK dibutuhkan *Real Time Workshop, Embedded Target for TI C6000 DSP*, dan *Link for CCS*. Ketiga hal tersebut dapat ditemukan di SIMULINK[®] dan harus dilakukan pengaturan konfigurasi. Hubungan ketiga hal tersebut dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

Pada Gambar 2 dibawah ini ditunjukkan proses *debugging* dan *verification* dilakukan oleh *software* CCS. Penggunaan CCS memungkinkan untuk menghasilkan *code-code* yang akan digunakan dalam C6000 DSP sehingga tidak diperlukan lagi pembuatan program dengan manual karena sudah dilakukan oleh CCS.



Gambar 2 Diagram alir *targetting* ke C6000 DSP

4.2 Perancangan Filter

Perancangan Filter dilakukan dengan menggunakan bantuan *Filter Design and Analysis (FDA) Tool* yang terdapat pada *software* MATLAB. Hasil yang dari penggunaan tool ini akan didapatkan koefisien FIR filter dari spesifikasi yang diinginkan. Pada perancangan ini, digunakan Metode Blackman.



Jika ingin dirancang sebuah FIR filter dengan spesifikasi:

Low Pass Filter

- *Sampling Frequency* (f_s) = 16000 Hz
- *Cut off Frequency* (f_c) = 3000 Hz
- *Transition Width* = 1000

Pada perancangan ini digunakan metode Blackman

$$f = \text{transition width/sampling frequency}$$
$$= 1000 \text{ Hz}/16000\text{Hz}$$
$$= 0,0625$$

Banyaknya koefisien (N) = $3,3/f$

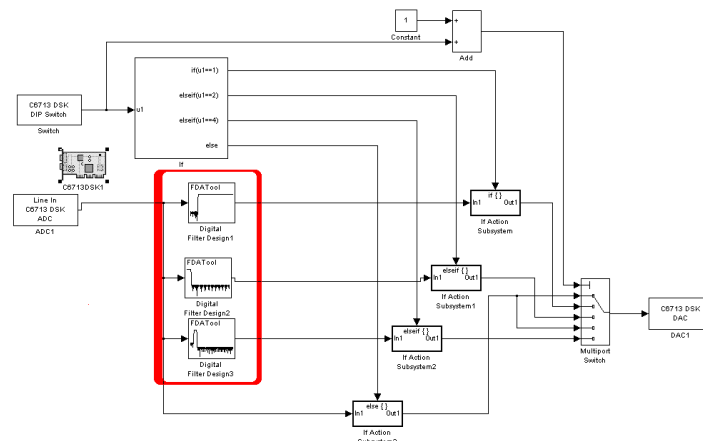
$$= 3,3/0,0625$$
$$= 53$$

Selanjutnya jumlah koefisien tersebut akan dimasukkan ke dalam FDA tool.

4.3 Prosedur Praktikum

Dengan menggunakan spesifikasi filter seperti contoh diatas, maka langkah-langkah untuk membuat filter adalah sebagai berikut: (Asisten WAJIB mendampingi)

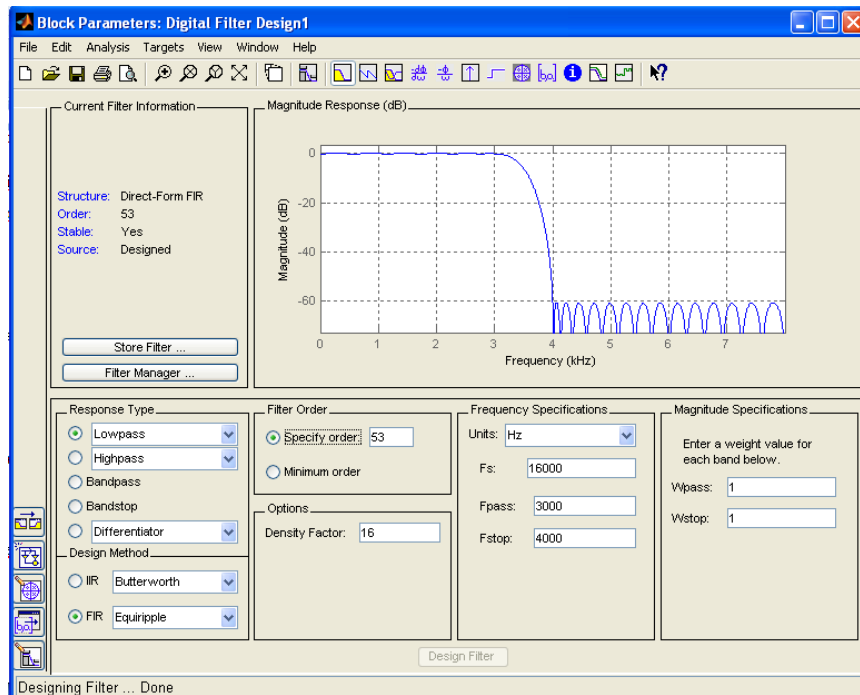
1. Buka *file* Simulink FIR.mdl. Selanjutnya hubungkan DSK dengan komputer, Lakukan diagnostik dan aktifkan program CCS studio apabila tidak ada *alarm*;
2. Selanjutnya buka blok FDA Tool pada FIR.mdl (tersedia 3 blok FDA Tool dimana setiap FDA tool akan dikendalikan oleh satu tombol pada DSK). Pada Gambar 3 di bawah ini ditampilkan tampilan simulasi FIR filter;





Gambar 3 Tampilan simulasi FIR filter

3. Isi spesifikasi filter yang diinginkan pada tampilan simulasi seperti terdapat pada Gambar 4 di bawah ini;



Gambar 4 Tampilan pengisian parameter simulasi

4. Lakukan *targetting* dari Simulink ke DSK TMS320C6713 dengan menekan tombol *incremental build* seperti terdapat pada Gambar 5 di bawah ini. Ingat **JANGAN DI SAVE**;



Gambar 5 Tampilan *icon* untuk melakukan *targetting*



5. Hubungkan *Line in DSK* dengan *output* pada komputer, dan *Line Out DSK* pada *input microphone* komputer. Hubungkan juga *headphone* pada DSK dengan *Loudspeaker*;
6. Buka file 44100.wav yang akan berfungsi sebagai inputan sinyal audio. *File* ini merupakan sinyal yang dihasilkan pada frekuensi 100-7000 Hz;
7. Buka *file* spectrumliat.mdl dan jalankan.;
8. Tekan tombol *DIP Switch* pada DSK untuk melihat hasil filter;
9. Isi borang pengamatan dan lakukan langkah-langkah diatas untuk mendesain filter dengan spesifikasi yang diberikan oleh asisten kemudian. Dalam proses *targetting* praktikan harus didampingi oleh asisten.

Referensi

Modul Pelatihan DSK Universitas Indonesia



MODUL 6

PENGUKURAN PARAMETER ANTENNA

1. TUJUAN

Mempelajari cara mengukur parameter antenna dan membuat antenna sederhana.

2. DASAR TEORI

Gelombang elektromagnetik dapat dipancarkan melalui udara. Pada perambatan gelombang di udara ini biasanya digunakan antenna untuk memperoleh pancaran gelombang yang efisien. Beberapa bentuk antenna adalah antenna horn, kawat dan mikrostrip. Antenna memiliki beberapa parameter untuk menilai performanya. Berikut ini adalah beberapa parameter antenna:

- Impedansi Masukan

Impedansi *input*, Z_{in} , adalah impedansi pada terminal antenna atau rasio tegangan

Terhadap arus pada terminal atau perbandingan komponen-komponen bersesuaian dari medan elektrik terhadap medan magnetik pada sebuah titik.

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$$

dengan Z_{in} adalah impedansi antenna, R_{in} adalah resistansi antenna, dan X_{in} adalah reaktansi antenna. Kondisi *matching* terjadi ketika besar impedansi *input* antenna sama dengan besar impedansi karakteristik saluran transmisi.

- VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo tegangan gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum, $|V|_{max}$, dengan amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum, $|V|_{min}$.

- *Return Loss*

Return loss digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan, V_0^- , dibanding dengan gelombang yang dikirim, V_0^+ . *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas antara saluran transmisi dengan impedansi



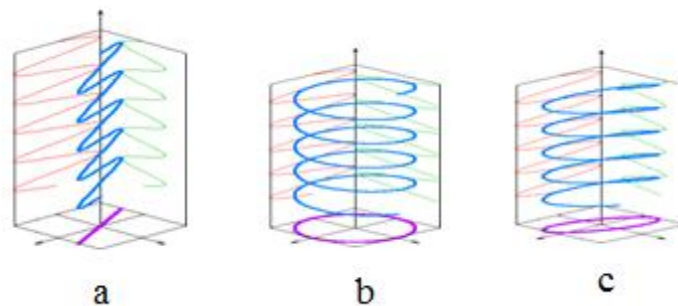
masukannya (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi.

$$\text{Return Loss} = 20 \log |\Gamma| \quad (1)$$

dengan Γ adalah koefisien refleksi. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

- **Polarisasi**

Polarisasi gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Pada Gambar 1 di bawah ini ditampilkan tampilan jenis-jenis polarisasi.



Gambar 1 Jenis-jenis polarisasi: polarisasi linier (a), polarisasi melingkar (b), dan polarisasi elips (c)

- **Bandwidth**

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, *VSWR*, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar.



- *Directivity*

Keterarahan (*directivity*) antenna didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) intensitas radiasi sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. Keterarahan dihitung dengan:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2)$$

dengan D adalah keterarahan, U adalah intensitas radiasi, U_0 adalah intensitas radiasi pada sumber isotropik, dan P_{rad} adalah daya total radiasi.

- *Gain*

Terdapat dua jenis parameter penguatan (*gain*), yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna, P_{in} , dibagi dengan 4π *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (3)$$

Relative gain didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless*, $P_{in}(lossless)$. Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \quad (4)$$

- Pola Radiasi



Pola radiasi antenna dapat berupa isotropik, *directional*, atau *lobe*. Antena isotropik didefinisikan sebagai sebuah antena tanpa rugi-rugi secara hipotesis yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah. Antena dengan pola radiasi *directional* adalah antena yang mempunyai pola radiasi atau pola menerima gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada arah-arah tertentu saja. Pola radiasi *lobe* (cuping) mempunyai tiga bagian, yaitu *main lobe* (utama), *side lobe* (samping), dan *back lobe* (belakang).

Antena kawat dibuat dari kawat konduktor . Antena ini adalah antena yang mudah untuk dibuat dan dengan harga yang tidak terlalu mahal. Contoh antena kawat adalah *dipole*, *monopole*, *loop*, dan *helix*. Pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini, masing-masing ditampilkan parameter-parameter antena *dipole* dan *monopole*.

Tabel 1 Parameter-parameter antena *dipole*

Dipole length $2l$	$\lambda/10$	$\lambda/2$	λ	1.5λ
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	1.5 or 1.76 dBi	1.64 or 2.15 dBi	2.4 or 3.8 dBi	About 2.3
HPBW	90°	78°	47°	NA
Input impedance	R : very small ($\sim 2 \Omega$) jX : capacitive	R : $\sim 73 \Omega$ jX : $\sim 0 \Omega$	R : very large jX : $\sim 0 \Omega$ for thin dipole	R : $\sim 100 \Omega$ jX : $\sim 0 \Omega$ for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	$R+jX$ not sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius



Tabel 2 Parameter-parameter antenna *monopole*

Monopole length l	$\lambda/20$	$\lambda/4$	$\lambda/2$	$3/4$
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	3.0 or 4.76 dBi	3.28 or 5.15 dBi	4.8 or 6.8 dBi	About 4.6
HPBW	45°	39°	23.5°	NA
Input impedance	R : very small ($\sim 1\Omega$) jX : capacitive	R : $\sim 37\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$	R : very large jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole	R : $\sim 50\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	$R+jX$ not sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius

3. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Peralatan yang digunakan pada praktikum modul ini terdapat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Peralatan yang digunakan pada Modul Modulasi Digital

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Network Analyzer</i>	1
2	Kawat N	secukupnya
3	Konektor N <i>Female</i>	1
4	Konektor N <i>Male</i>	1
5	Solder	1
6	Tang Potong	1



4. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Siapkan kawat dengan panjang secukupnya untuk disolder pada konektor;
2. Potong sedikit demi sedikit sampai dengan besar $\frac{1}{2}\lambda$;
3. Minta bantuan asisten untuk mengoperasikan *Network Analyzer*;
4. Catat nilai *return loss*, *VSWR*, *bandwidth* dan *input impedance*;
5. Ulang prosedur nomor 2 sampai didapatkan frekuensi yang diinginkan.

”通り過ぎりの仮面ライダーだ。覚えとけ！”



MODUL 7

JALUR RADIO MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *RADIO MOBILE* DAN JALUR RADIO *MICROWAVE* MENGGUNAKAN PERANGKAT MINI- LINK™ PRODUKSI ERICSSON

1. TUJUAN

1. Mempelajari membuat simulasi satu atau lebih jalur radio dengan parameter yang diubah-ubah dengan perangkat lunak *Radio Mobile*.
2. Memahami jenis dan fungsi komponen-komponen yang ada pada perangkat MINI-LINK™.
3. Memahami cara melakukan *frequency scanning* dan *troubleshooting* pada kejadian gagal koneksi *traffic*, pada perangkat MINI-LINK™.
4. Memahami prinsip rugi daya propagasi menggunakan perangkat MINI-LINK™.

2. DASAR TEORI

2.1 Dasar Teori Umum

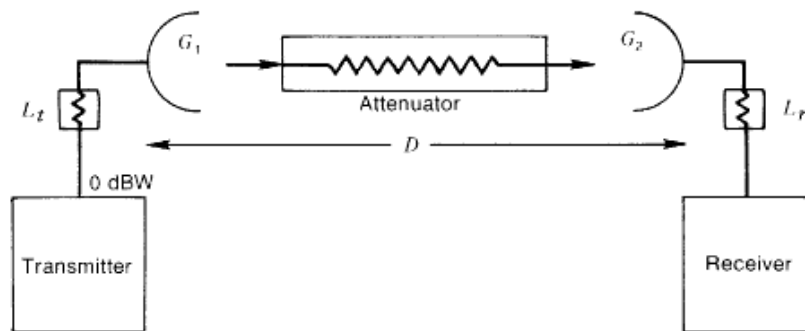
Gelombang radio yang berpropagasi di udara akan mengalami beberapa fenomena fisik yang berbeda, misal propagasi *line-of-sight*, refleksi, transmisi, difraksi, dan *scattering*. Lingkungan propagasi adalah lingkungan geografis dimana gelombang radio merambat dari *transmitter* ke *receiver*. Lingkungan propagasi sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter fisik medium, seperti tekanan, temperatur, kelembapan, indeks refraksi, dan dari *database area* geografis tertentu seperti topografi, persebaran vegetasi, jalan, dan gedung. Propagasi gelombang radio dapat ditentukan dengan pemodelan berbagai mekanisme fisik yang berbeda, seperti redaman ruang hampa, redaman atmosfer, redaman akibat vegetasi, dan lain-lain.

Mode propagasi gelombang radio yang paling sederhana adalah propagasi radio pada jalur *line-of-sight*. Konsep *line-of-sight* (LOS) awalnya muncul pada ilmu geometri optik, pada konteks ini, konsep gelombang radio dianalogikan dengan gelombang cahaya. Secara



umum, propagasi dikatakan *line-of-sight* jika tidak terdapat akibat-akibat difraksi gelombang, hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat *obstacle* daerah *first Fresnel ellipsoid*.

Pada Gambar 1 di bawah ini ditunjukkan model sederhana analisa jalur propagasi radio.



Gambar 1 Model jalur propagasi radio sederhana

Pada Gambar 1, rugi daya propagasi ruang hampa (*free space loss*) diberikan oleh persamaan (1) di bawah ini.

$$FSL_{dB} = 32,45 + 20\log D_{km} + 20\log F_{MHz} \quad (1)$$

Jika rugi saluran transmisi, L_T dan L_R , pada Gambar 1 diabaikan, maka daya yang diterima *receiver* adalah

$$P_T G_T \times \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \times \frac{G_R}{L} \quad (2)$$

Semua satuan pada persamaan (2) dalam Standar Internasional.

2.2 Perangkat Lunak *Radio Mobile*

Langkah pertama untuk membuat sistem nirkabel adalah membuat rancangan dan simulasi kerja sistem. Salah satu alat untuk merancang dan menyimulasi sistem nirkabel adalah perangkat lunak *Radio Mobile*. *Radio Mobile* adalah sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Roger Coudè untuk para pelaku radio amatir. *Radio Mobile* menggunakan model digital daerah ketinggian untuk perhitungan cakupan dan kekuatan sinyal yang diterima di berbagai tempat di sepanjang jalur radio. *Radio Mobile* secara otomatis membangun profil antara dua titik di peta digital yang menunjukkan cakupan wilayah dan zona Fresnel pertama. Pada saat simulasi, perangkat lunak ini akan memeriksa *line-of-sight* dan menghitung *path loss*. Dengan menggunakan *Radio Mobile*, sangat mungkin untuk dibuat jaringan dari beberapa topologi yang berbeda, termasuk jaringan *master/slave*,



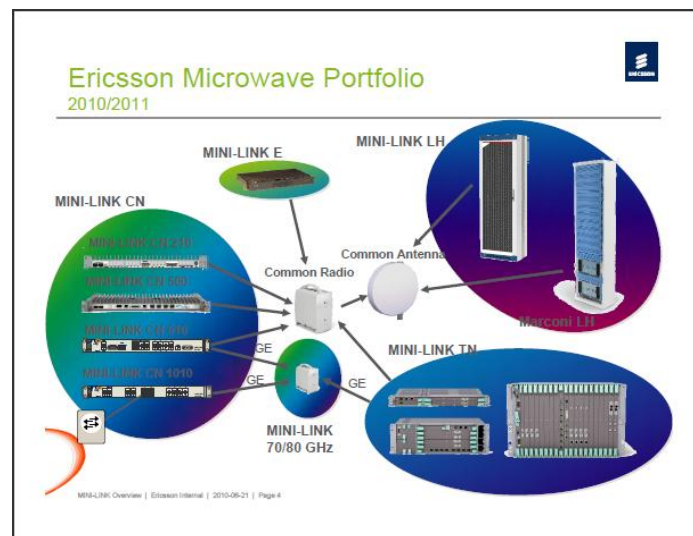
point-to-point, dan *point-to-multipoint*. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menghitung wilayah cakupan dari *base station* pada sebuah sistem *point-to-multipoint*, bekerja untuk sistem yang memiliki frekuensi dari 100 kHz sampai 200 GHz.

2.3 MINI-LINK™ Produksi Ericsson

Ericsson adalah perusahaan yang telah mempunyai pengalaman di bidang teknologi *microwave* selama lebih dari empat puluh tahun dan pengalaman di bidang telekomunikasi selama lebih dari 130 tahun. Prestasi Ericsson pada beberapa waktu terakhir adalah Ericsson merupakan perusahaan pertama yang telah berhasil mendemonstrasikan secara langsung kecepatan 2,5 Gbps melalui udara dan juga yang pertama yang memperkenalkan produk komersial dengan modulasi 512 QAM.

MINI-LINK™ diproduksi oleh Ericsson di pabriknya sendiri yang berada di Swedia. Pabrik Ericsson tersebut merupakan pabrik yang mempunyai fasilitas produksi *microwave* terbesar di dunia. Ericsson telah mempunyai pengalaman yang luas tentang MINI-LINK™ mulai dari perencanaan hingga pembangunan jaringan MINI-LINK™ di seluruh dunia. MINI-LINK™ merupakan perangkat teknologi transmisi *microwave* yang paling banyak digunakan di seluruh dunia.

Pada edisi *microwave* MINI-LINK™ ini, Ericsson mengeluarkan beberapa tipe *microwave*, yaitu Mini Link CN, Mini Link E, Mini Link LH, dan Mini Link TN. Hal tersebut terdapat pada Ericsson *Microwave Portofolio* pada edisi MINI-LINK™ nya seperti terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Ericsson *Microwave Portofolio*

Ericsson mengembangkan *microwave* sebagai teknologi transmisinya karena beberapa alasan, yaitu:

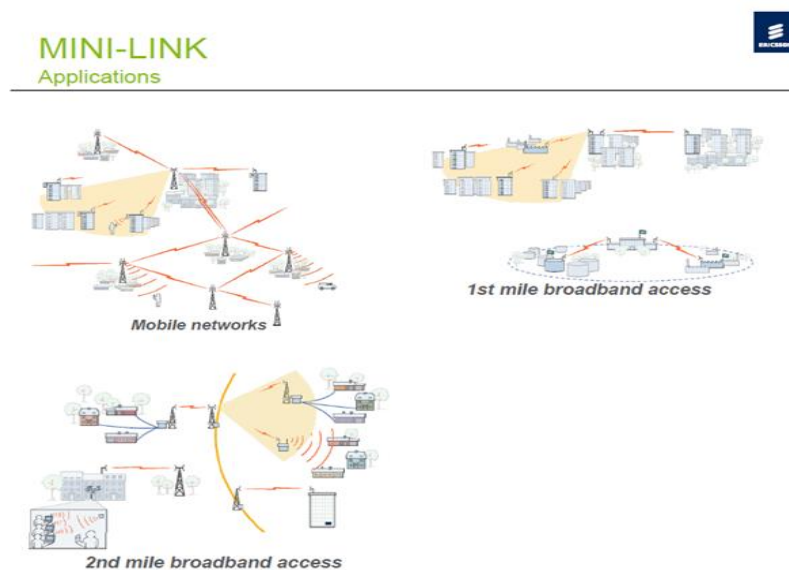
- Kondisi lingkungan yang sulit dijangkau. Terutama di Indonesia, kondisi lingkungannya banyak yang berupa kepulauan, pegunungan, hutan, dll. Kondisi lingkungan seperti ini tepat jika menggunakan teknik transmisi berbasis radio (*microwave*).
- Pengimplementasian yang tidak membutuhkan waktu cukup lama, misalnya:
- Untuk membangun sebuah jalur transmisi berbasis serat optik, terkadang membutuhkan waktu hingga lebih dari enam bulan.
- Mahalnya biaya pemasangan teknologi serat optik tiap meternya.
- Tidak bebasnya pengalihan serat optik.
- Teknologi transmisi mudah untuk ditambah kapasitasnya dan kapabilitasnya.
- Tingkat reliabilitas sistem yang tinggi, fleksibel, dan dapat digunakan sebagai '*scalable connection*' untuk cadangan (*back-up*) jaringan *backbone fiber optic*. Perlu diketahui, pada jaringan transmisi, kawat tembaga dirasa sudah tua dan tidak ter-*upgrade*. '*last mile loops often have less than "four nines" reliability*'.

Selain alasan-alasan di atas, terdapat alasan khusus mengapa teknologi transmisi menggunakan *microwave* masih menjadi pilihan di Indonesia. Seperti yang kita tahu, operator-operator di Indonesia belum banyak yang mempunyai teknologi serat optik sebagai



teknologi transmisinya, sehingga untuk membangun sebuah jaringan tentu akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, untuk mendapatkan proses instalasi jaringan yang cepat, digunakanlah teknologi transmisi *microwave*. Biasanya, proses instalasi *microwave* membutuhkan waktu 2 hingga 3 hari.

Beberapa aplikasi yang memanfaatkan MINI-LINK™ adalah jaringan *mobile*, transmisi dari suatu perusahaan ke operator, jaringan transmisi pada pemerintahan dan militer, dan jaringan *backbone microwave*. Pada Gambar 3 ditampilkan beberapa aplikasi MINI-LINK™.



Gambar 3 Beberapa aplikasi MINI-LINK™

Peralatan-peralatan MINI-LINK™ yang dihibahkan PT Ericsson Indonesia kepada Departemen Teknik Elektro FTUI terdiri dari:

1. *Outdoor Unit* (ODU)

Outdoor Unit merupakan perangkat-perangkat yang berada di luar ruangan. ODU terdiri dari *radio unit* (RAU) dan *compact antenna*. ODU merupakan bagian yang berhubungan dengan alokasi *band* frekuensi dan sama sekali tidak tergantung pada kapasitas *traffic*.

- a. *Radio Unit* (RAU)

Fungsi dasar *radio unit* (RAU) adalah untuk mentransmisikan dan menerima sinyal RF dan mengkonversinya ke/dari format sinyal kabel radio (*radio cable*). Kabel



radio adalah bagian yang berfungsi untuk mengkoneksikan RAU dan MMU (*Modem Unit*). RAU dapat disambungkan dengan sebuah antena yang mempunyai *band width* lebar pada sebuah sistem yang terintegrasi maupun terpisah. RAU terhubung ke antena melalui *interface waveguide*. Pelepasan dan penggantian RAU dapat dilakukan tanpa mempengaruhi pengarahannya. Pada Gambar 4 ditampilkan



Gambar 4 *Radio unit* MINI-LINK™

Spektrum frekuensi radio yang tersedia pada RAU MINI-LINK™ adalah 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 32, 38 GHz untuk Radio Split dan 70/80 GHz untuk All Indoor. Berikut ini adalah tabel performansi RAU.

Tabel 1 Performansi RAU MINI-LINK™

Radio	Data rate (Mbit/s)	Packet link capacity (Mbit/s)	Channel Spacing (MHz)	BER 10 ⁻³ threshold (dBm)		BER 10 ⁻⁶ threshold (dBm)	
				Typ.	Guar.	Typ.	Guar.
RAU1 8	2x2	N/A	3.5	-94	-91	-90	-87
RAU2 13	4x2	8	7	-90	-88	-89	-87
RAU2 15	4x2	N/A	7	-91	-88	-87	-84
RAU2 18 (Duplex < 1 GHz)	8x2	16	14 ¹⁾	-87	-85	-86	-84
RAU2 23	8x2	N/A	14 ¹⁾	-88	-85	-84	-81
RAU2 26	16x2	33	28 ²⁾	-84	-82	-83	-81
	17x2	N/A	28 ²⁾	-85	-82	-81	-78

b. Antena

Antena *microwave* yang terdapat pada MINI-LINK™ memiliki variasi diameter antara 0,2 m sampai dengan 3,7 m, dan terdiri dari polarisasi tunggal dan polarisasi



ganda. Semua antenna adalah *compact*, atau dengan kata lain *low profile*. Pada Gambar 5 ditampilkan antenna *microwave* MINI-LINK™.



Gambar 5 Antena *microwave*

Cara penyusunan antenna dengan RAU dapat berupa sebuah sistem yang terpisah atau terintegrasi, seperti terdapat pada Gambar 6a dan 6b. Pada Tabel 2 ditampilkan spesifikasi antenna yang digunakan pada MINI-LINK™.



Gambar 6 Antena yang dipasa secara terpisah dengan RAU (a) dan antenna yang terpasang secara terintegrasi dengan RAU (b) pada MINI-LINK™

Tabel 2 Spesifikasi antenna yang digunakan pada MINI-LINK™



Size [m]	Frequency [GHz]										
	6	7/8	10/11	13	15	18	23	24/26	28	32	38
0.2							30.8	32.9	33.8	35.2	37.3
							31.8	33.8	34.6	35.4	37.5
							32.8	34.4	34.8	35.6	37.7
0.3					31.7	33.9	35.6	36.4	37.5	38.7	40.3
					32.1	34.4	36.2	37.3	38.0	38.7	40.4
					32.8	35.2	36.6	37.8	38.5	39.5	40.5
0.6		30.8/31.0 ²	34.4	35.8	36.2	38.6	39.6	40.6	41.7	42.5	44.0
		31.8/32.0 ³	35.2	36.0	36.6	39.2	40.0	41.5	42.4	42.8	44.3
		32.5/32.7 ³	35.7	36.2	36.8	39.6	40.8	42.2	42.8	43.2	44.3
0.9	32.0	33.2	37.2	38.2	40.8	40.5	42.5	43.7	46.6	47.5	49.0
	33.0	33.9	38.4	38.4	41.1	41.0	43.0	44.1	47.0	48.0	49.4
	34.0	34.4	39.0	38.6	41.4	41.4	43.4	44.5	47.2	48.2	49.6
1.2	35.0	36.4	39.5	41.5	42.6	44.3	45.5	46.7	47.5	48.1	
	35.8	37.0	40.1	41.8	42.7	44.6	46.0	47.1	47.9	48.3	
	36.5	37.9	40.7	42.5	43.2	44.9	46.5	47.4	48.2	48.5	
1.8	38.5	40.1	43.1	45.1	46.1	48.0	49.1				
	39.3	41.0	43.7	45.3	46.4	48.5	49.5				
	40.0	41.7	44.2	45.6	46.6	48.9	50.0				
2.4	41.2	42.9	45.8	47.6	48.2						
	42.1	43.8	46.2	47.7	48.5						
	42.9	44.1	46.8	47.8	48.9						
3.0	42.7	44.2	47.5	49.2							
	43.5	45.0	47.9	49.4							
	44.2	45.8	48.6	49.5							
3.7	44.5	46.0									
	45.4	46.9									
	46.2	47.6									

Nominal gain (in dBi) at low-, mid- and high-band. Tolerance: ± 1 dB.

2. Indoor Unit (IDU)

Bagian *indoor*, *the access module*, merupakan bagian yang berada di dalam ruangan. IDU disuplai dengan versi kapasitas *traffic* yang berbeda, skema-skema modulasi (CQPSK atau 16 QAM), konfigurasi sistem, dan tidak tergantung dengan *band* frekuensi yang digunakan. Modul-modul yang terdapat pada Mini-Link E tidak semuanya sama dengan modul-modul yang terdapat pada Mini-Link TN.

Berikut ini adalah perangkat-perangkat IDU yang, baik yang terdapat pada Mini-Link E maupun pada Mini-Link TN, yang dihibahkan PT Ericsson Indonesia kepada Departemen Teknik Elektro FTUI:

a. Access Module Magazine (AMM)

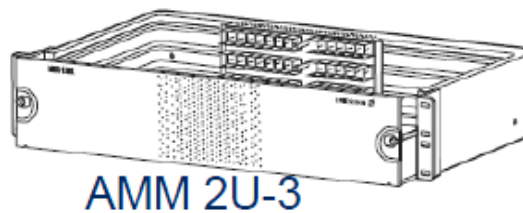
AMM merupakan sebuah tempat untuk meletakkan berbagai perangkat *indoor*. AMM ini terdiri dari berbagai ukuran. Pada Mini-Link E, ukuran AMM antara lain: AMM 2U-3, dan AMM 4U1, sedangkan pada Mini-Link TN, ukuran AMM antara lain AMM 1p, AMM 2p B, AMM 6p C, AMM 6p D, dan AMM 20p B. Perlu diketahui, U merupakan sebuah satuan dimensi panjang yang biasa digunakan pada untuk menunjukkan tinggi AMM, $U = 44$ mm. AMM dapat dipasang secara pas ke dalam rak 19 inci.

AMM yang terpasang pada perangkat MINI-LINK™ yang ada di Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI adalah:



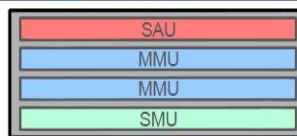
- AMM 2U-3 untuk Mini-Link E

AMM 2U-3 dapat dipasang 1 buah SAU2, satu buah SMU, dan dua buah MMU. Modul-modul yang terpasang pada AMM 2U-3 yang terdapat di Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI adalah satu buah SMU dan satu buah MMU. Pada Gambar 7 ditampilkan tampilan AMM 2U-3.



Gambar 7 AMM 2U-3

Perlu diketahui, susunan modul-modul yang terpasang pada AMM harus sesuai dengan ketentuan seperti terlihat pada Gambar 8. Jika hanya satu MMU yang terpasang, maka MMU tersebut harus diletakkan di slot kedua (kedua dari atas).



AMM 2U-3

Gambar 8 Susunan slot pada AMM 2U-3

- AMM 2p B untuk Mini-Link TN

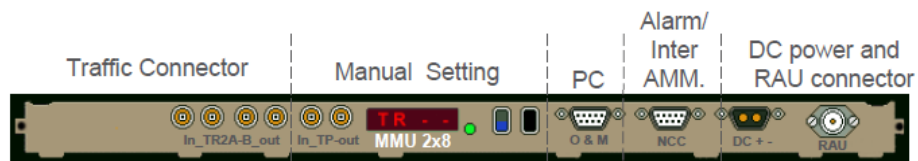
AMM 2p B terdiri dari empat slot, yaitu slot 00, 01, 02, dan 03. Slot 00 diperuntukkan untuk NPU3 atau NPU3B. Catu daya yang dibutuhkan untuk AMM 2p B adalah tegangan DC sebesar -48 V atau +24 V. Pada Gambar 9 ditampilkan tampilan AMM 2p B dan susunan slot pada AMM 2p B.



Gambar 9 Tampilan AMM 2p B (a) dan susunan slot pada AMM 2p B (b)

b. *Modem Unit (MMU)*

MMU merupakan unit modulator dan demodulator. MMU dapat dipasang pada Mini-Link E ataupun Mini-Link TN. MMU Mini-Link E yang diproduksi Ericsson terdiri dari berbagai besaran kapasitas, antara lain 2x2 Mbit/s, 4x2/8 Mbit/s, 2x8 Mbit/s, 2x8 Mbit/s, 34+2 Mbit/s, dan MMU yang dapat langsung mempunyai kapasitas 2x2Mbit/s – 34+2 Mbit/s. MMU yang terpasang pada Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI adalah MMU 2x8 Mbit/s yang digunakan untuk Mini-Link E. Pada Gambar 10 ditampilkan tampilan MMU 2x8 Mbit/s.



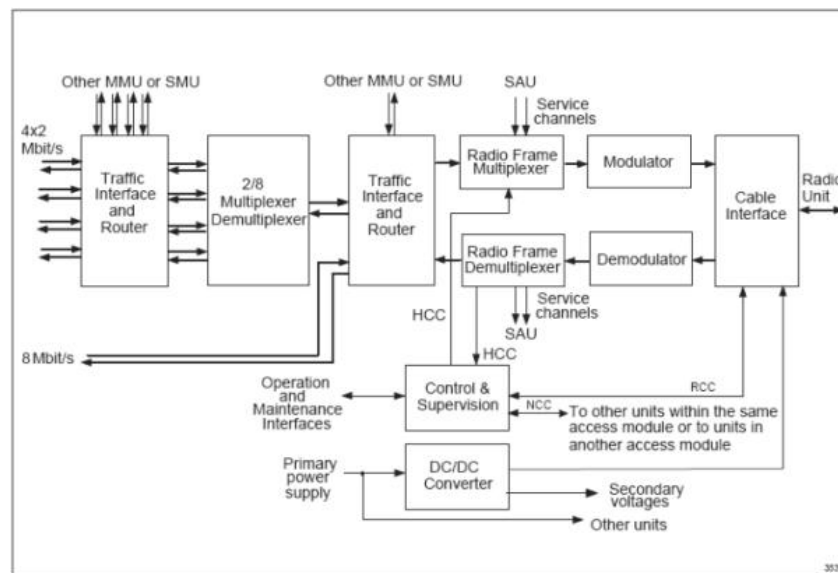
Gambar 10 Tampilan MMU 2x8 Mbit/s

Pada Tabel 3 di bawah ini dijelaskan spesifikasi MMU yang ada di Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI. Pada Gambar 11 ditampilkan blok diagram MMU 2x8 Mbit/s.

Tabel 3 Spesifikasi MMU 2x8 Mbit/s



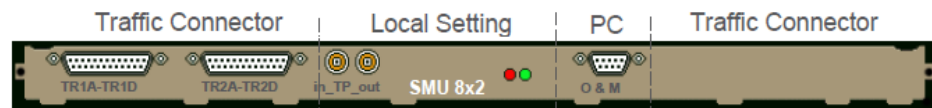
Interface	Cable
	Description
TR1A-TR1D (E1)	Traffic Cable, 120 Ω
TR2 in/out (E2/E3)	Traffic Cable, 75 Ω
TP in/out	Traffic Test Cable
O&M	PC Cable Traffic Cable, 120 Ω
NCC	NCC Cable
DC + - 24-60V	DC Cable (pre-assembled) DC Cable (by meter)
60V RAU	Station Radio Cable



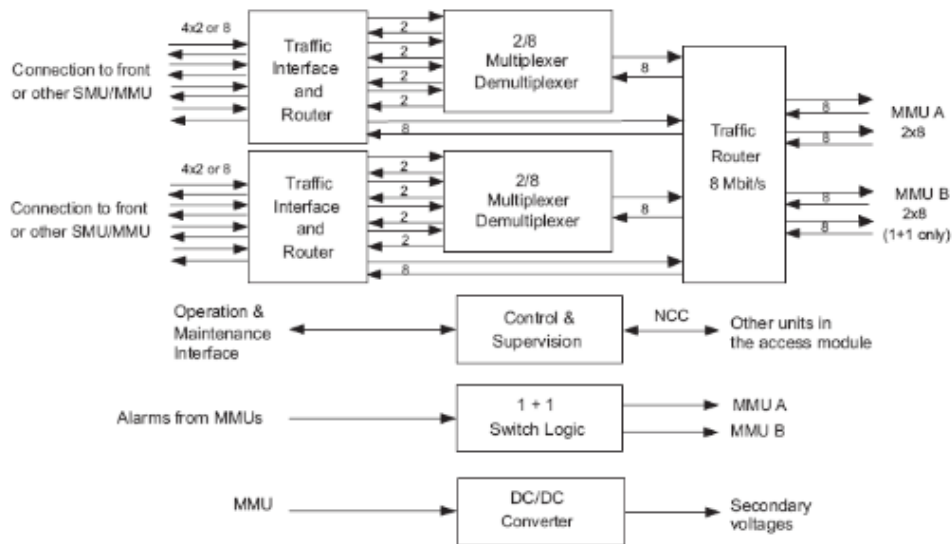
Gambar 11 Blok diagram MMU 2x8 Mbit/s

c. *Switch Multiplexer Unit (SMU)*

SMU merupakan unit yang berfungsi untuk menurunkan *traffic* dari MMU dan/atau menyediakan *switching* untuk kepentingan proteksi koneksi antar jaringan *microwave*. SMU terdiri dari beberapa tipe, antara lain Sw (2 & 4 E1), 8x2 Mbit/s, dan 16x2 Mbit/s. SMU terdapat pada Mini-Link E. SMU yang terdapat pada Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI adalah SMU 8x2 Mbit/s. Pada Gambar 12 dan 13 masing-masing ditampilkan SMU 8x2 Mbit/s dan blok diagramnya.



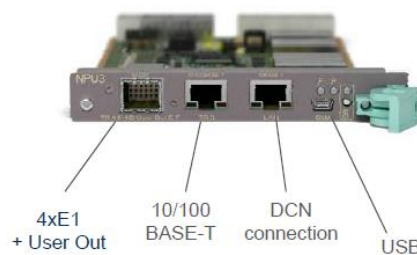
Gambar 12 Tampilan SMU 8x2 Mbit/s



Gambar 14 Blok diagram SMU 8x2 Mbit/s

d. *Node Processor Unit (NPU)*

NPU merupakan otak dari *Node*. NPU memegang konfigurasi yang ada pada keseluruhan *Node*. Koneksi LAN DCM terdapat pada NPU. Selain itu, terdapat juga *port* USB jika kita ingin menggunakan *Local Craft Tool (LCT)*. NPU terdiri dari beberapa tipe, antara lain NPU1 B, NPU1C, NPU3, dan NPU3 B. NPU yang terdapat pada Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI adalah NPU3 seperti terdapat pada Gambar 15.



Gambar 15 Tampilan NPU 3



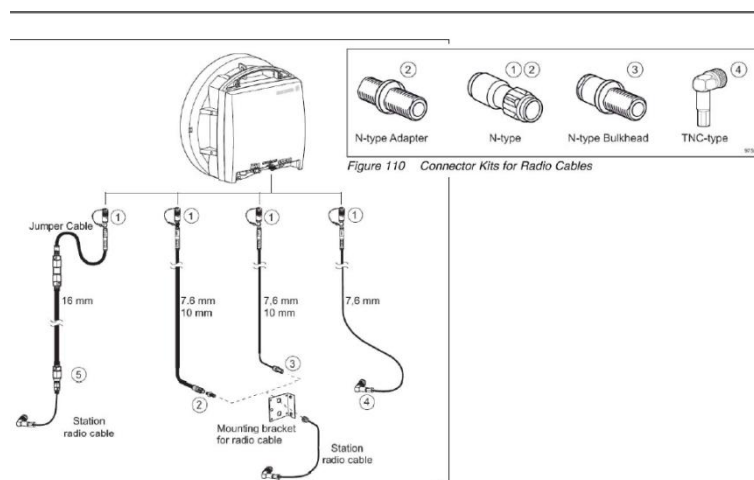
Selain perangkat ODU dan IDU di atas, terdapat juga komponen-komponen lain yang terdapat pada MINI-LINK™ yang ada di Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI.

1. Radio Cable

Radio cable (kabel radio) merupakan kabel yang digunakan sebagai *waveguide*. Dengan kata lain kabel radio diberfungsi untuk pemandu gelombang radio.

2. Coaxial Connector

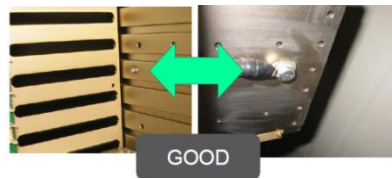
Coaxial connector disebut juga *radio cable connector*. Coaxial connector digunakan baik untuk menghubungkan antar kabel *coaxial* maupun kabel *coaxial* dengan suatu perangkat yang mempunyai *port input/output* gelombang radio. Pada Gambar 16 ditampilkan berbagai jenis *coaxial connector* yang digunakan pada perangkat MINI-LINK™ yang terdapat di Laboratorium Telekomunikasi DTE FTUI.



Gambar 16 Berbagai jenis *coaxial connector* yang digunakan pada perangkat MINI-LINK™

3. Grounding Cable & Grounding Bar

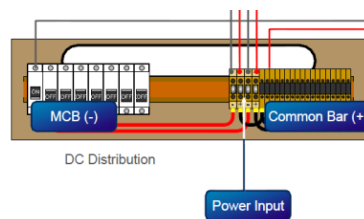
Grounding cable & grounding bar merupakan perangkat *grounding* yang bertujuan untuk proteksi jika terdapat arus berlebih. Pada Gambar 17 ditunjukkan *grounding bar*.



Gambar 17 Tampilan *grounding bar*

4. *Mini Circuit Breaker (MCB)*

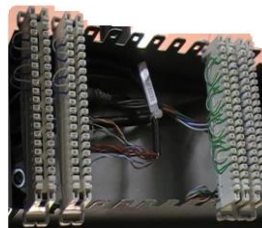
MCB berfungsi sebagai kontak penghubung dan pemutus catu daya. Pada Gambar 18 ditampilkan tampilan MCB.



Gambar 18 Tampilan MCB

5. LSA

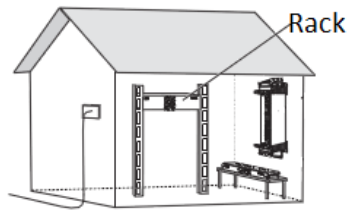
LSA merupakan tempat koneksi kabel *traffic*. Pada Gambar 19 ditampilkan tampilan LSA.



Gambar 19 Tampilan LSA

6. Rak 19 inchi

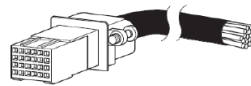
Rak 19 inchi digunakan sebagai tempat untuk meletakkan modul-modul, catu daya, distribusi daya DC, DDF panel, dsb. Pada Gambar 20 ditampilkan rak 19 inchi.



Gambar 19 Tampilan rak 19 inci

7. Kabel E1

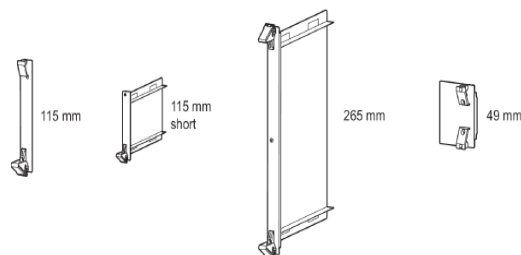
Kabel E1 merupakan tempat *traffic* disalurkan. Pada Gambar 21 ditampilkan kabel E1.



Gambar 21 Tampilan kabel E1

8. Dummy Unit

Dummy unit digunakan jika terdapat *slot* yang kosong pada AMM. *Dummy unit* diperlukan sebagai perangkat yang esensial untuk *me-maintain* pendinginan udara yang ada di dalam AMM. Dummy unit terdiri dari berbagai ukuran seperti terlihat pada Gambar 22.

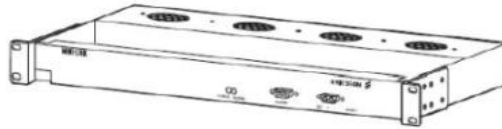


Gambar 22 Tampilan *dummy unit*



9. Cooling Arrangement (Fan Unit)

FAN unit berfungsi untuk menyediakan pendinginan yang baik dan benar bagi Node. Tampilan fan unit terdapat pada Gambar 23.



Gambar 23 Tampilan fan unit

10. Perangkat Lunak

Berikut ini adalah beberapa perangkat lunak yang digunakan untuk mengkonfigurasi dan menganalisa performa MINI-LINK™.

- Mini-Link Service Manager



- Bulletproof FTP Server



- Mini-Link Craft



3. ALAT YANG DIGUNAKAN

Peralatan yang digunakan pada praktikum modul ini terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Peralatan yang digunakan pada Modul Jalur Radio Menggunakan Perangkat Lunak *Radio Mobile* dan Jalur Radio *Microwave* menggunakan Perangkat MINI-LINK™

Produksi Ericsson



No	Nama Alat	Jumlah
1	Perangkat lunak <i>Radio Mobile</i>	1
2	Perangkat MINI-LINK E	1
4	Perangkat MINI-LINK TN	1
5	Perangkat lunak MINI-LINK Service Manager	1
6	<i>Insertion tool</i>	1
7	Perangkat komputer	1

4. PROSEDUR PERCOBAAN

4.1 Jalur Radio Menggunakan Perangkat Lunak *Radio Mobile*

4.1.1 Sistem Radio *Point-to-Point*

1. Buka perangkat lunak *Radio Mobile* (rmweng.exe);
2. Buka *Map properties* (F8), pilih nama kota dengan *Select a city name* atau masukkan posisi (*latitude* dan *longitude*) kota tersebut dan pilih berapa ukuran pengambilan gambar (*Size height*);
3. Buka *Network properties* (ctrl N), lalu buka *System*. Buat sistem yang diinginkan. Atur parameter-parameter dari sistem tersebut;
4. Buka *Unit properties* (ctrl U), tempatkan unit sesuai lokasi yang diinginkan;
5. Buka *Network properties*, lalu buka *Membership*, tentukan sistem yang digunakan untuk masing-masing unit;
6. Untuk menampilkan semua unit pada peta, klik *View*, lalu klik *Show networks*, lalu klik *All*;
7. Hitung *link budget* untuk *link* tersebut dengan cara klik *Tools*, lalu klik *Radio link* (F2). Dapat juga menampilkan detail keluaran dari simulasi. (*Tools* → *Radio link* → *view* → *details*);
8. Ubah parameter-parameternya, misal tinggi antenna, unit yang menjadi TX/RX. Analisa!

4.1.2 *Repeater* pada Sistem Radio *Point-to-Multi Point*

1. Buka perangkat lunak *Radio Mobile* (rmweng.exe);
2. Buka *Map properties* (F8), pilih nama kota dengan *Select a city name* atau masukkan posisi (*latitude* dan *longitude*) kota tersebut dan pilih berapa ukuran pengambilan gambar (*Size height*);



3. Buka *Network properties* (ctrl N), lalu buka *Parameters*. Buat parameter yang diinginkan. Atur parameter-parameter dari parameter tersebut;
4. Pilih *System*. Buat dua sistem (*repeater* dan *hand held*) yang diinginkan. Atur parameter-parameter dari parameter tersebut;
5. Pilih *Membership*.

Untuk *repeater*:

- Pilih *Command* pada tabel *Role of Repeater*;
- *Repeater* pada *System*.

Untuk *hand held*

- Pilih *Subordinate* pada tabel *Role of Repeater*;
- *Hand held* pada *System*.

6. Klik *Tools*, pilih *Coverage*, pilih *Find best site*;
7. Analisa!

4.2 Jalur Radio Microwave Menggunakan Perangkat MINI-LINK™ Produksi Ericsson

4.2.1 Troubleshooting pada Kejadian Gagal Koneksi Traffic pada Perangkat MINI-LINK™

1. Buka perangkat lunak MSM;
2. Cabut dan koneksikan kabel *traffic* Mini-Link E. Amati tampilan *alarm* pada MSM.

4.2.2 Frequency Scanning pada Perangkat MINI-LINK™

1. Buka perangkat lunak MSM;
2. Klik *Setup*, lalu pilih *Hop Setup* pada Iuia;
3. Ubah-ubah frekuensi yang terdapat pada tampilan *Hop Setup*.

4.2.3 Rugi Daya Propagasi Menggunakan Perangkat MINI-LINK™

1. Buka perangkat lunak MSM;
2. Klik *Setup*, lalu pilih *Hop Setup* pada Iuia;
3. Ubah-ubah daya transmit Iuia yang terdapat pada tampilan *Hop Setup*.