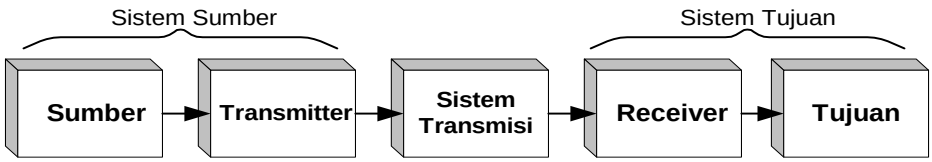
BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Komunikasi Data

Kegunaan dasar dari sistem komunikasi data adalah untuk menjalankan pertukaran data antara dua pihak. Dalam Gambar 2.1 ditampilkan sebuah contoh sistem komunikasi data sederhana.



Gambar 2.1 Blok Diagram Model Komunikasi Sederhana

Adapun elemen-elemen kunci model sistem komunikasi data tersebut :

1. ***Source*** **(Sumber) :** Alat ini membangkitkan data sehingga dapat ditransmisikan, contoh : telepon dan PC.
2. ***Transmitter*** **(Pengirim) :** Biasanya data yang dibangkitkan dari sistem sumber tidak ditransmisikan secara langsung dalam bentuk aslinya. Sebuah *transmitter* cukup memindah dan menandai informasi dengan cara yang sama seperti menghasilkan sinyal-sinyal elektromagnetik yang dapat ditransmisikan melewati beberapa sistem transmisi berurutan. Sebagai contoh, sebuah modem tugasnya menyalurkan suatu *digital bit stream* dari suatu alat yang sebelumnya sudah dipersiapkan misalnya PC, dan mentransformasikan *bit stream* tersebut menjadi suatu sinyal analog yang dapat melintasi jaringan telepon.
3. ***Transmission System*** **(Sistem Transmisi) :** Berupa jalur transmisi tunggal atau jaringan kompleks yang menghubungkan antara sumber dengan tujuan.

4. ***Receiver* (Penerima) :** *Receiver* menerima sinyal dari sistem transmisi dan menggabungkannya ke dalam bentuk tertentu yang dapat ditangkap oleh tujuan. Sebagai contoh sebuah modem akan menerima suatu sinyal analog yang datang dari jaringan atau jalur transmisi dan mengubahnya menjadi suatu *digital bit stream.*
5. ***Destination* (Tujuan) :** Menangkap data yang dihasilkan oleh *receiver.*

Sebuah transmisi data dapat berupa *simplex, half duplex* atau *full duplex*. Pada transmisi *simplex,* sinyal ditransmisikan hanya pada satu arah, satu stasiun sebagai *transmitter* dan lainnya sebagai *receiver*. Pada operasi *half duplex,* kedua stasiun dapat mentransmisikan, namun hanya satu stasiun pada saat yang sama. Sedangkan pada operasi *full duplex,* kedua stasiun bisa mentransmisikan secara bersamaan.

Transmisi data terjadi antara *transmitter* dan *receiver* melalui beberapa media transmisi. Media transmisi dapat digolongkan sebagai transmisi dengan panduan (*guided media)* atau transmisi tanpa panduan (*unguided media*). Pada kedua hal itu komunikasi berada dalam bentuk gelombang elektromagnetik (EM). Dengan *guided media*, gelombang dikendalikan sepanjang jalur fisik. Contoh *guided media* adalah : *twisted pair, coaxial*, serta serat optik. Untuk *unguided media* menyediakan alat untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik (EM) namun tidak mengendalikannya contohnya adalah perambatan (propagasi) gelombang elekromagnetik (EM) di udara dan laut.

2.2 Gangguan Transmisi

Dalam sistem komunikasi, sinyal yang diterima kemungkinan berbeda dengan sinyal yang ditransmisikan karena adanya berbagai gangguan transmisi. Bagi sinyal analog gangguan ini dapat menurunkan kualitas sinyal, sedangkan bagi sinyal digital akan muncul *bit error*. Gangguan yang paling signifikan dalam transmisi data :

1. Atenuasi dan Distorsi atenuasi

   Kekuatan sinyal berkurang bila jaraknya terlalu jauh melalui media transmisi. Pada sinyal analog karena atenuasi berubah-ubah sebagai fungsi frekuensi, sinyal diterima menjadi menyimpang, sehingga mengurangi

tingkat kejelasan. Untuk *unguided media*, atenuasi adalah fungsi yang lebih kompleks dari jarak. Atenuasi membawakan tiga pertimbangan untuk membangun transmisi. Pertama, sinyal yang diterima harus cukup kuat sehingga arus elektronik pada *receiver* bisa mendeteksi sinyal. Kedua, sinyal harus mempertahankan level yang lebih tinggi dibanding derau yang diterima tanpa *error.* Ketiga, atenuasi merupakan fungsi frekuensi yang meningkat.

2. Distorsi Tunda

   Distorsi tunda merupakan sebuah fenomena khas pada *guided media*. Distorsi yang terjadi disebabkan oleh kenyataan bahwa kecepatan penyebaran sebuah sinyal melewati medium *guided* berbeda dengan frekuensi. Sehingga berbagai komponen frekuensi suatu sinyal akan mencapai *receiver* pada waktu yang berlainan dan mengakibatkan *fase*-nya berubah di antara frekuensi yang berbeda-beda atau akibat sinyal yang diterima mengalami distorsi karena berbagai penundaan yang dialami pada pemilih frekuensinya.

3. Derau

   Adalah sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang terselip atau terbangkitkan di suatu tempat diantara transmisi dan penerimaan. Derau merupakan faktor utama yang membatasi kinerja sistem komunikasi. Dalam beberapa sistem, sebaran utama derau adalah derau putih (*noise thermal*) yang disebabkan oleh pergerakan elektron dalam konduktor. Rapat spektral daya derau ini konstan pada semua frekuensi sampai 1012 Hz. Energi derau ini dinyatakan dengan :

$$No = k.Te, \text{ Watt/Hz} \qquad (2.1)$$

dengan : k = Tetapan Boltzman = 1,38 X 10^{-23} J/K = -228,6 dB

Te = Temperatur *derau*, ^{0}K (derajat Kelvin)

Bila sinyal-sinyal pada frekuensi yang berlainan menggunakan media transmisi yang sama, hasilnya dapat berupa derau intermodulasi. Efek derau intermodulasi akan menghasilkan sinyal-sinyal pada suatu frekuensi yang merupakan jumlah atau kelipatan antara dua frekuensi asal atau

kelipatan dari frekuensi-frekuensi tersebut. Derau intermodulasi akan terjadi bila terdapat beberapa sifat tidak linear pada *transmitter, receiver* atau sistem transmisi yang menghalangi.

Semakain banyak derau dan tegangan pengganggunya, kemungkinan adanya kesalahan pada isyarat yang diterima semakin besar. Laju kesalahan bit (LGB) didefinisikan sebagai :

$$LGB = \frac{cacah_bit_yang_diterima_salah}{cacah_bit_total_yang_dikirimkan} \qquad (2.2)$$

2.3 Sistem Komunikasi Radio Untuk Transmisi Digital

Konsep ruang bebas dalam perambatan gelombang elektromagnetik (EM) berawal dari asumsi bahwa suatu *link* frekuensi radio (RF) propagasinya bebas dari segala gangguan, seperti penyerapan, pemantulan pembelokan/pembiasan dan hambatan/penyebaran. Jika ada atmosfir pada kanal tersebut maka atmosfir tersebut harus seragam.

Dalam sistem komunikasi radio, gelombang pembawa dipropagasikan dari pemancar dengan menggunakan antena pengirim. Antena meradiasikan energi elektromagnetik (EM) ke lingkungan sekitarnya dan menerima gelombang elektromagnetik dari lingkungan sekitarnya. Antena didefenisikan sebagai *transducer* yang mengkonversikan sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik (EM) di bagian pemancar atau sebaliknya mengkonversikan gelombang elektromagnetik (EM) menjadi sinyal listrik di bagian penerima.

Untuk memperoleh radiasi elektromagnetik yang efisien, panjang antena yang digunakan harus sama dengan panjang gelombang sinyal yang diradiasikan (λ) atau antena yang lebih pendek (λ/2, λ/4, λ/8) tetapi energi yang diradiasikan lebih kecil. Sebagai gambaran, panjang gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 1kHz adalah 300Km, adalah tidak praktis membuat antena yang begitu panjang. Penggunaan frekuensi tinggi akan memungkinkan dicapainya radiasi elektrik yang lebih efisien.

Sinyal analog yang mengandung informasi asli disebut dengan *baseband signal.* Bila sinyal *baseband* ini memiliki frekuensi yang lebih rendah, maka sinyal ini harus digeser ke frekuensi yang lebih tinggi untuk memperoleh

transmisi yang efisien. Hal ini dilakukan dengan mengubah-ubah amplitudo, frekuensi atau fasa dari suatu sinyal pembawa yang berfrekuensi lebih tinggi yang disebut sinyal pembawa (*carrier*). Proses ini disebut modulasi. Menurut Kamus Standar IEEE untuk istilah-istilah listrik dan elektronik, modulasi didefinisikan sebagai proses yang mana beberapa karakteristik dari pembawa diubah-ubah berdasarkan gelombang pemodulasinya. Modulasi ada dua macam yaitu Modulasi Analog dan Modulasi Digital.

Modulasi Sinyal Analog dapat dilakukan dengan teknik

- *Amplitudo Modulation (AM)* : yaitu jika sinyal frekuensi rendah mengendalikan amplitudo dari sinyal frekuensi tinggi maka kita dapatkan modulasi amplitudo.
- *Frequency Modulation (FM)* : yaitu jika sinyal modulasi mengendalikan frekuensi pembawa maka kita dapatkan modulasi frekuensi.
- *Phase Modulation (PM)* : yaitu jika fasa dari pembawa dikendalikan oleh sinyal modulasi kita dapatkan modulasi fasa.

Jalur komunikasi radio biasanya dirancang untuk transmisi sinyal analog. Bila jalur ini akan digunakan untuk transmisi data digital, maka data digital tersebut harus terlebih dahulu dinyatakan ke dalam sinyal analog sebagai *baseband signal.* Teknik untuk mengkodekan sinyal digital ke dalam sinyal analog disebut dengan Modulasi Digital. Beberapa teknik Modulasi Digital yang umum digunakan untuk data digital biner adalah:

- Amplitudo Shift Keying (ASK)
- Phase Shift Keying (PSK)
- Frequency Shift Keying (FSK)

Pada ASK, modulasi ini menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1Volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0Volt.

$$s(t) = \begin{cases} A\cos(2\pi f_C t) & \textbf{biner 1} \\ 0 & \textbf{biner 0} \end{cases} \qquad (2.3)$$

ASK tidak diterapkan secara luas untuk mengkonversi data biner pada PSTN, karena sinyalnya mudah terpengaruh oleh redaman, derau dan distorsi. Tetapi pada beberapa hal ASK masih digunakan terutama pada pada modulasi *hybrid* (misalnya ASK digabung dengan PSK). ASK umumnya digunakan untuk mentransmisikan sinyal digital pada serat optik, adanya cahaya menandakan adanya 1 elemen sinyal atau biner 1 dan bila tidak ada cahaya berarti biner 0. *Transmitter* laser pada umumnya memiliki arus bias yang tetap yang menyebabkan memancarkan cahaya dengan level yang rendah, oleh karena itu level yang rendah dapat dipakai untuk mewakili elemen sinyal 1 sedangkan untuk level yang tinggi mewakili elemen sinyal 0.

Pada PSK sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu dengan beda fasa tertentu pula (misalnya tegangan 1Volt dengan beda fasa 0^o) dan sinyal digital 0 sebagai nilai tegangan yang sama (misalnya 1Volt dengan beda fasa yang berbeda, misalnya 180^o).

$$s(t) = \begin{Bmatrix} A\cos(2\pi f_C t + 45^0) \\ A\cos(2\pi f_C t + 135^0) \\ A\cos(2\pi f_C t + 225^0) \\ A\cos(2\pi f_C t + 315^0) \end{Bmatrix} \quad \begin{matrix} \textbf{biner 11} \\ \textbf{biner 10} \\ \textbf{biner 00} \\ \textbf{biner 01} \end{matrix} \tag{2.4}$$

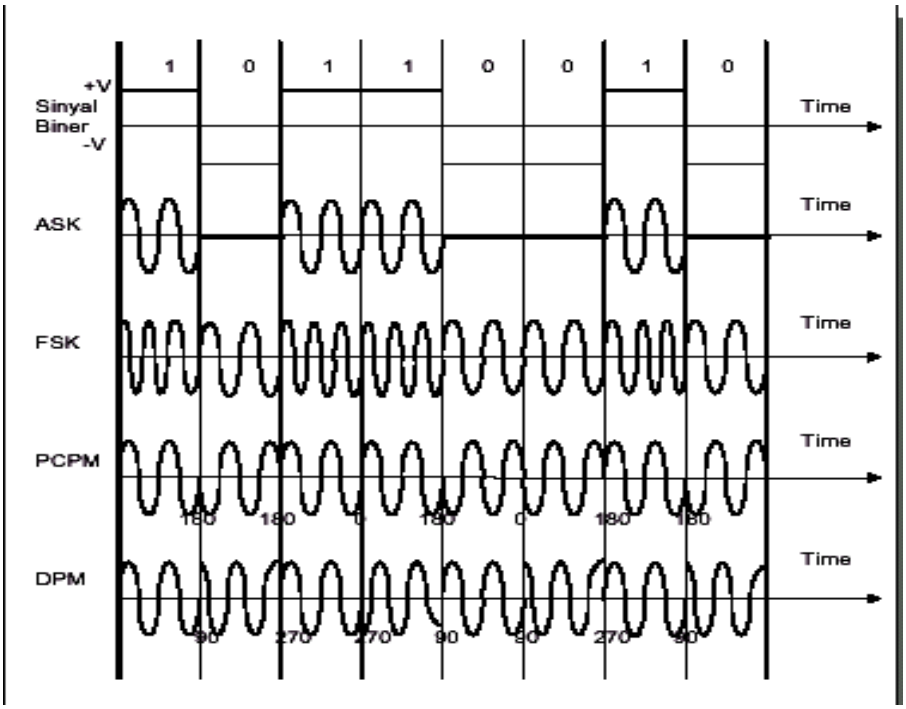
Modulasi *phase* memiliki dua jenis yaitu *Phase-coherent PM* atau yang umum disebut dengan *phase-shift-keying* (PSK), dipergunakan untuk memodulasi data biner 1 dan 0 dengan perbedaan fasa sebesar 180^o pada setiap perubahan data biner. Sedangkan yang lain disebut *differential-PM* yang dipergunakan untuk memodulasi dengan perbedaan fasa sebesar 90^o untuk kode biner 0 dan perbedaan fasa sebesar 270^o untuk biner 1. Secara alamiah pada PSK memiliki kelebihan untuk manambah efisiensi dalam *bandwidth* yang terbatas, maka setiap perubahan fasa dapat digunakan untuk mewakili lebih dari satu elemen sinyal, karena pergeseran fasa yang lebih kecil dari 180^o dapat dilakukan.

Pada FSK sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan dengan frekuensi tertentu (misalnya f1=2200Hz) sementara sinyal digital 0 dinyatakan sebagai

suatu nilai tegangan dengan frekuensi tertentu yang berbeda (misalnya f2=2200Hz).

$$s(t) = \begin{cases} A\cos(2\pi f_1 t) & \textbf{biner 1} \\ A\cos(2\pi f_2 t) & \textbf{biner 0} \end{cases} \qquad (2.5)$$

Pada modulasi frekuensi yang rumit dapat dilakukan pada beberapa frekuensi sekaligus, dengan cara ini pengiriman data menjadi lebih efisien. Untuk melihat perbedaan bentuk sinyal dari ketiga teknik modulasi seperti diuraikan di atas, pada Gambar 2.2 diberikan beberapa contoh sinyal *carrier* yang dimodulasi oleh sinyal biner menggunakan ASK, FSK, *phase-coheren*t-PM dan *differential*-PM.



Gambar 2.2 Jenis Modulasi

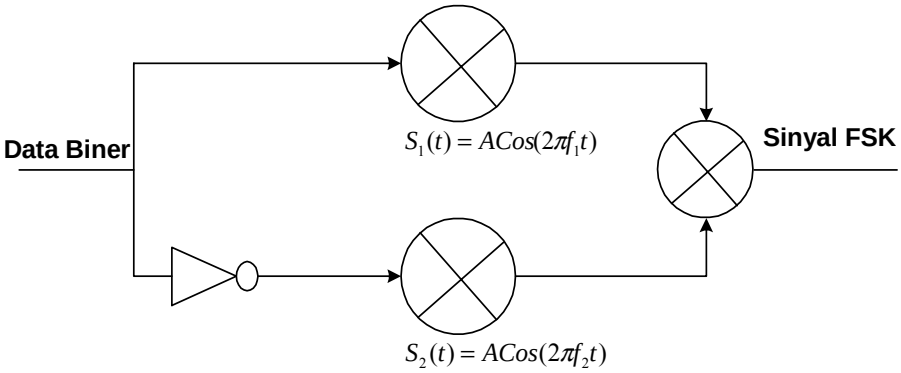
2.4 Modulator – Demodulator FSK

Alat untuk melakukan modulasi dan demodulasi disebut modem (modulator-demodulator). Modem memungkinkan dua buah sistem elektronik digital untuk berkomunikasi menggunakan saluran transmisi. Alat yang menggunakan *port* serial untuk berkomunikasi dibagi menjadi 2 kategori, yaitu

DTE (*Data Terminal Equipment*) dan DCE (*Data Communication Equipment*). Modem adalah perangkat DCE, perangkat yang berhubungan langsung dengan medium transmisi. Melalui medium transmisi, perangkat DCE akan menghubungkan perangkat-perangkat DTE. Perangkat DTE contohnya adalah terminal atau komputer. Untuk keperluan komunikasi tersebut, modem akan mengkonversi sinyal digital menjadi sinyal analog yang merepresentasikan data yang berupa sinyal digital dengan cara menandai data digital di atas frekuensi pembawa (fc). Sinyal yang dihasilkan menempati spektrum frekuensi tertentu pada frekuensi pembawa dan disebarkan sepanjang media yang sesuai dengan frekuensi pembawa tersebut.

Modem FSK umumnya memiliki kecepatan 300 bps sampai 1200 bps dan sering digunakan untuk komunikasi data antar komputer dan pada PSTN yang memiliki rangkaian *switching* yang sederhana dan memiliki *bandwidth* yang rendah.

Untuk keperluan transmisi data dikembangkan teknik yang dinamakan modulasi FSK. Dari sistem FSK dapat diatur sedemikian rupa untuk memberikan transmisi *narrowband* (band sempit) maupun *wideband* (band lebar). Untuk membangkitkan sinyal FSK, kita bisa menggunakan teknik modulasi seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Modulator FSK

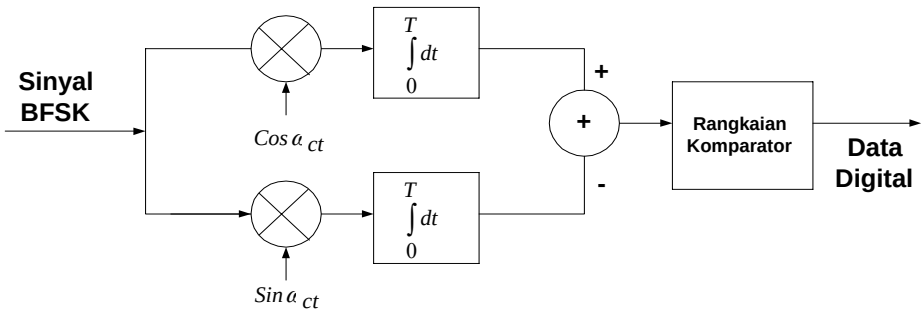
Deretan biner masukan direpresentasikan sebagai bentuk *on-off*. Dengan menggunakan *Inverter* dibagian kanal bawah, seperti terlihat pada gambar di atas akan dihasilkan frekuensi yang bergantian di keluarannya.

Osilator dengan frekuensi f_1 di kanal atas aktif jika masukannya berlogika 1 sedangkan osilator dengan frekuensi f_2 di kanal bawah tidak aktif dengan hasil keluaran pada frekuensi f_1 yang ditransmisikan. Jika masukan modulator berlogika 0, osilator di kanal atas tak aktif dan osilator di kanal bawah aktif sehingga frekuensi f_2 yang ditransmisikan. Dua frekuensi f_1 dan f_2 dipilih pada perkalian bilangan bulat dari laju bit $1/T_b$.

Untuk mendeteksi sinyal FSK dari Modulator FSK dan mengubahnya ke data digital semula, maka diperlukan suatu teknik yang dinamakan demodulasi sinyal FSK. Teknik demodulasi sinyal FSK ini ada dua macam :

1. Deteksi Koheren

   Deteksi koheren yaitu f1 dan f2 pada salah satu masukan rangkaian pengali dipilih sesuai dengan frekuensi sinyal FSK. Rangkaian integrator berfungsi sebagai tapis lolos rendah sehingga hanya sinyal frekuensi rendah yang bisa lolos ke rangkaian penjumlah dan rangkaian komparator. Komparator akan membandingkan hasil keluaran penjumlah Jika keluaran penjumlah positif (+) rangkaian desisi memutuskan keluarannya adalah berlogika 1, selain itu berlogika 0.

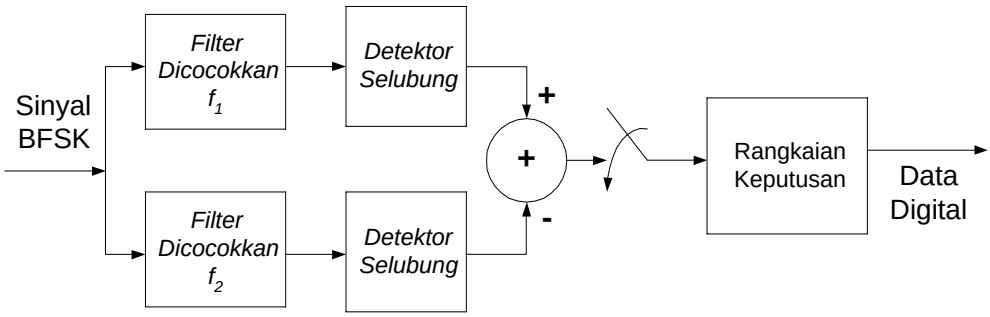


Gambar 2.4 Demodulator FSK dengan Deteksi Koheren

2. Deteksi Tak Koheren

   Sinyal FSK bisa dideteksi dengan menggunakan deteksi tak koheren. Yang dimaksud dengan deteksi tak koheren yaitu dengan *filtering*. Pada deteksi tak koheren memiliki *Care to Noise Ratio* (CNR) yang lebih tinggi dari CNR pada deteksi koheren sehingga deteksi tak koheren memiliki probabilitas kesalahan

yang lebih tinggi dari deteksi koheren. Pada Gambar 2.5 ditunjukkan sebuah metode pendeteksian sinyal FSK dengan metode tak koheren.



Gambar 2.5 Demodulator FSK dengan Deteksi Tak Koheren

Penerima terdiri dari sepasang filter yang dicocokkan yang diikuti oleh detektor selubung. Filter di bagian atas dicocokkan terhadap sinyal FSK untuk frekuensi f_1 dan filter di bagian bawah dicocokkan terhadap sinyal FSK untuk frekuensi f_2. Filter yang dicocokkan ini merupakan *Band Pass Filter* dengan frekuensi pusat di f_1 dan f_2. Keluaran dari detektor selubung dicuplik setiap t = kT_b dimana k merupakan bilangan bulat dan harga-harganya dibandingkan tergantung dari amplitudo keluaran detektor selubung, Komparator memutuskan bit data yang keluar apakah 1 atau 0.

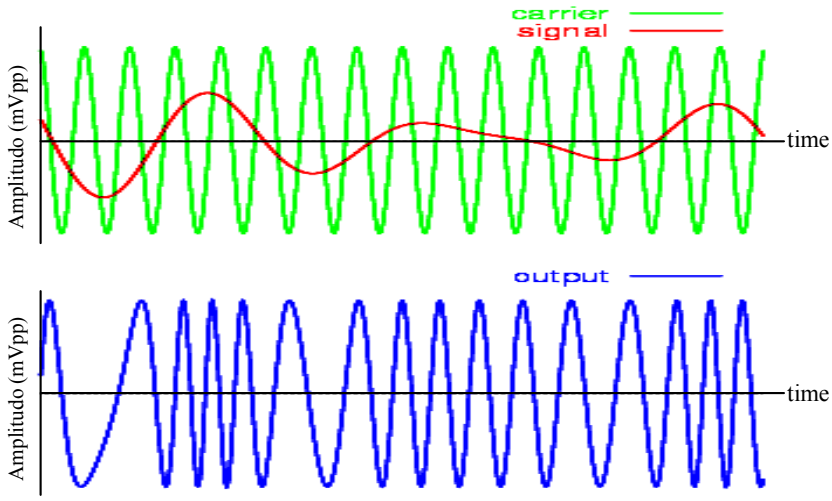
2.5 Sistem Modulasi FM

Modulasi frekuensi adalah suatu bentuk modulasi sudut, dimana frekuensi sesaat dari gelombang sinus pembawa, dipengaruhi untuk menyimpang dari frekuensi pembawa oleh sejumlah nilai sesaat yang sebanding dari gelombang pemodulasi.

Sistem modulasi frekuensi adalah sistem modulasi *bandpass* yaitu sinyal informasi *baseband W(t)* memodulasi sinyal pembawa sinusoidal :

$$S_{BP}(t) = W(t)\sin(\omega_{ct} + \theta) \qquad (2.6)$$

FM terletak pada bagian VHF (*Very High Frequency*) dari spektrum frekuensi di mana tersedia *bandwidth* yang lebih lebar. Bentuk modulasi frekuensi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 Bentuk Modulasi Frekuensi

Keuntungan sistem modulasi FM diantaranya adalah *noise* rendah dan tidak ada perubahan level dari bentuk gelombang yang disebabkan oleh perubahan amplitudo [Suhana,1994].

Baik FM maupun PM merupakan kasus khusus dari modulasi sudut (*angular modulation*). Dalam sistem modulasi sudut frekuensi dan fasa dari gelombang pembawa berubah terhadap waktu menurut fungsi dari sinyal yang dimodulasikan (ditumpangkan). Misal persamaan gelombang pembawa dirumuskan sebagai berikut :

$$U_c = A_c \sin (w_c + q_c) \qquad (2.7)$$

Dalam modulasi amplitudo (AM) maka nilai 'A_c' akan berubah-ubah menurut fungsi dari sinyal yang ditumpangkan. Sedangkan dalam modulasi sudut yang diubah-ubah adalah salah satu dari komponen '$w_c + q_c$'. Jika yang diubah-ubah adalah komponen 'w_c' maka disebut modulasi frekuensi (FM), dan jika komponen 'q_c' yang diubah-ubah maka disebut modulasi fasa (PM). Jadi dalam

sistem FM, sinyal modulasi (yang ditumpangkan) akan menyebabkan frekuensi dari gelombang pembawa berubah-ubah sesuai perubahan frekuensi dari sinyal modulasi. Sedangkan pada PM perubahan dari sinyal modulasi akan merubah fasa dari gelombang pembawa. Hubungan antara perubahan frekuensi dari gelombang pembawa, perubahan fasa dari gelombang pembawa dan frekuensi sinyal modulasi, dinyatakan sebagai indeks modulasi (*Im*) :

$$I_m = \frac{f_{dev}}{f_m} \tag{2.8}$$

dimana :

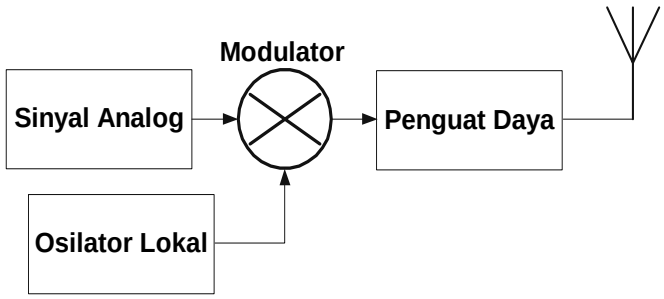
f_{dev} = Perubahan frekuensi (peak to peak Hz)

f_m = Frekuensi modulasi (Hz)

Perubahan frekuensi atau deviasi frekuensi yang paling lebar yang diizinkan oleh FCC adalah 75kHz.

2.5.1 Pemancar FM

Rangkaian pemancar FM pada dasarnya dibangun oleh 3 bagian utama, yaitu : Osilator, Modulator dan Penguat Daya.



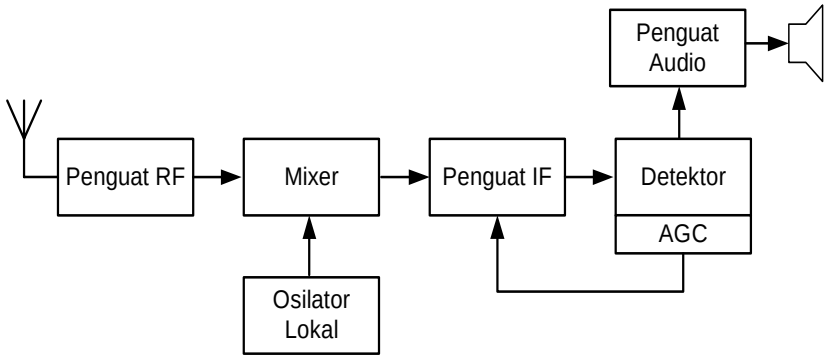
Gambar 2.7 Blok Pemancar Radio FM sederhana

Tujuan dari pemancar FM adalah untuk merubah satu atau lebih sinyal masukan yang berupa frekuensi suara (AF) menjadi gelombang termodulasi dalam sinyal RF (Frekuensi Radio) yang dimaksudkan sebagai daya keluaran yang kemudian diumpankan ke sistem antena untuk dipancarkan. Dalam bentuk sederhana dapat dipisahkan atas modulator FM dan sebuah *power amplifier* RF dalam satu unit. Sebenarnya pemancar FM terdiri atas rangkaian blok subsistem

yang memiliki fungsi tersendiri, yaitu: *FM exciter* merubah sinyal suara menjadi frekuensi RF yang sudah termodulasi. *Intermediate Power Amplifier* (IPA) dibutuhkan pada beberapa pemancar untuk meningkatkan tingkat daya RF agar mampu meng-*handle final stage.* Penguat daya di tingkat akhir menaikkan *power* dari sinyal sesuai yang dibutuhkan oleh sistem antena. *Direct FM* merupakan teknik modulasi dimana frekuensi dari osilator dapat diubah sesuai dengan tegangan yang digunakan.

2.5.2 Penerima FM

Tujuan dari pesawat penerima FM adalah untuk mendemodulasi sinyal FM. Di bawah ini adalah blok diagram pesawat penerima radio FM sederhana.



Gambar 2.8 Blok Diagram penerima FM

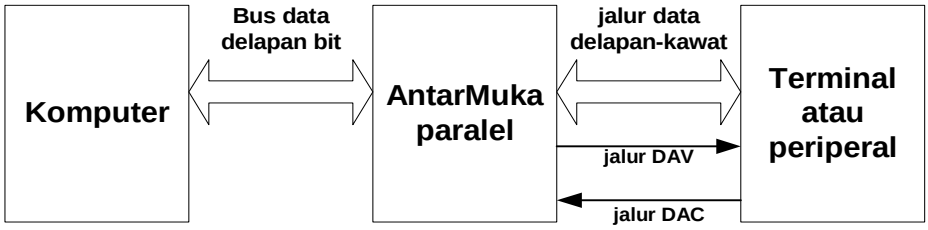
Penguat RF berfungsi untuk menguatkan frekuensi radio yang diterima dari antena sekaligus mengurangi derau. Osilator lokal berfungsi untuk membangkitkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari RF kemudian digabung/dicampur dengan sinyal yang diterima oleh RF. Gelombang radio akan dikonversi dulu ke frekuensi IF sebelum dideteksi (demodulasi) dibagian detektor. Penguat *audio* menyediakan keseluruhan penguatan sinyal informasi yang sudah dipisahkan dari frekuensi pembawa.

2.6 Pengiriman Seri dan Paralel

Di dalam sistem komputer, karakter-karakter disajikan dalam bentuk data yang terdiri dari sederetan angka biner atau bit (*binary digit*). Setiap bit hanya

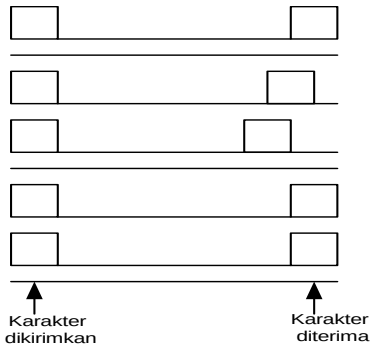
bernilai biner 1 atau biner 0. Setiap 8 bit disebut *byte*. Di luar komputer atau mikroprosesor data dapat dikirimkan ke periperal, terminal atau modem menggunakan cara pengiriman seri atau paralel.

Pada cara pengiriman paralel, bit-bit yang membentuk karakter dikirimkam secara serempak melewati sejumlah penghantar yang terpisah, seperti terlihat pada Gambar 2.9. Pada saat komputer mempunyai data untuk dikirimkan, jalur data tersedia (DAV) diset tinggi. Pada saat terminal siap menerima data, jalur data diterima (DAC) juga akan diset tinggi. Prosedur *handshaking* ini selalu terjadi setiap kali ada karakter yang dikirim komputer. *Handshaking* ini diperlukan untuk mengakomodasi ketepatan waktu pengiriman data antara komputer dan terminal atau periperal. Beberapa bentuk *handshaking* secara umum diperlukan karena komputer dan terminal mungkin beroperasi pada kecepatan yang berbeda. Jalur *handshake* biasanya ditambahkan untuk mengendalikan waktu yang tepat untuk pengiriman data. Cacah penghantar yang diperlukan untuk antarmuka paralel disebut lebar bus (*bus width*), Setiap penghantar mempunyai fungsi khusus, beberapa diantaranya untuk membawa data, sementara yang lain membawa informasi kendali dan sinkronisasi. Karena dalam sistem pengiriman paralel diperlukan sejumlah penghantar untuk mengirimkan data, sistem pengiriman paralel hanya ekonomis untuk jarak pendek.



Gambar 2.9 Pengiriman data secara paralel

Biaya penggunaan kabel banyak penghantar (*multiconductor cable*) relatif tinggi dan masalah yang disebut *skew* seringkali muncul. *Skew* adalah efek yang terjadi pada pengiriman sejumlah bit secara serempak dan tiba pada tempat yang dituju dalam waktu yang tidak bersama-sama. Efek ini diilustrasikan pada Gambar 2.10. Efek ini semakin berpengaruh dengan semakin panjangnya kabel yang digunakan, hal ini akan menimbulkan kesalahan pada data yang diterima.

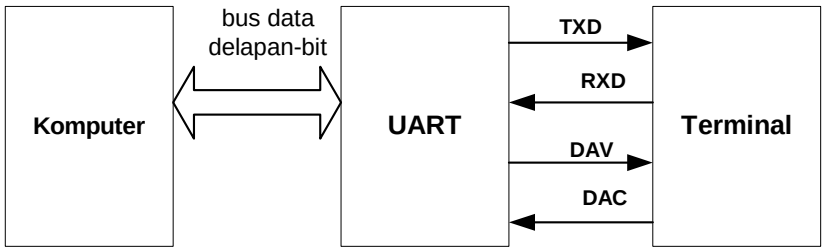


Gambar 2.10 Efek skew pada pengiriman paralel

Pengiriman seri biasanya digunakan untuk sambungan dengan jarak relatif jauh. Gambar 2.11 menunjukkan konsep dasar pengiriman seri. Data paralel internal dimasukkan ke pengubah paralel ke seri. Pengubah paralel ke seri biasanya dengan IC juga melakukan sejumlah fungsi yang lain dan dikenal sebagai UART, ACIA, PIA dan lain-lain.

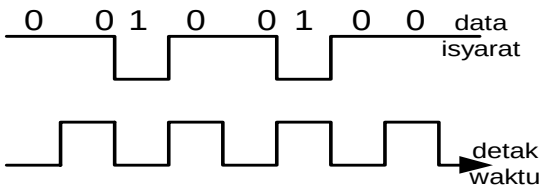
Kanal seri mengirimkan setiap karakter per-elemen sehingga hanya diperlukan dua penghantar, yaitu kirim data (TXD) dan terima data (RXD). Karena bit-bit dikirimkan secara berurutan dan tidak serempak, kecepatan pemindahan data lebih rendah dibandingkan pengiriman secara paralel.

Pengiriman akan dimulai dari LSB (*Least Significant Bit*) dan diakhiri dengan MSB (*Most Significant Bit*). Setiap karakter yang dikirimkan disajikan dengan suatu urutan bit tertentu sesuai dengan sandi yang digunakan. Penerima harus mencacah isyarat data yang sama. Pada waktu yang tepat sebelum membentuk kembali karakter yang diterima.



Gambar 2.11 Pengiriman seri

Pengiriman seri menimbulkan tiga masalah penyesuaian : penyesuaian bit, penyesuaian karakter dan penyesuaian blok. Agar data diterima dengan benar, selang waktu yang digunakan oleh pengirim dan penerima harus sama terhadap yang lain. Untuk itu pengirim dan penerima harus menambahkan detak (*clock*). Istilah detak digunakan untuk menunjukkan sembarang pulsa sumber pewaktuan (*timing pulse*). Detak penerima harus menunjukkan waktu yang tepat kapan isyarat harus dicacah oleh penerima untuk menunjukkan status logika dari setiap bit yang diterima. Pulsa detak penerima harus terjadi di tengah-tengah periode waktu yang diperlukan oleh bit yang diterima. Jadi supaya data dapat diterima dengan benar, detak penerima harus sesuai dengan detak pengirim. Jika penerima telah menerima bit sinkronisasi, maka seharusnya segera menerima karakter sinkronisasi. Sehingga penerima harus mampu menentukan bahwa suatu bit adalah bit awal (LSB) dari suatu karakter.



Gambar 2.12 Pendetakan data seri

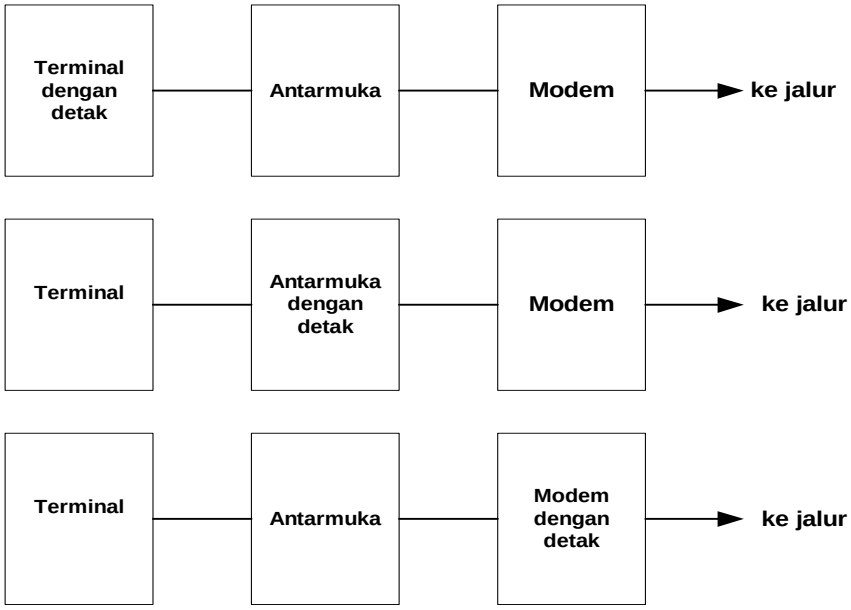
2.6.1 Pengiriman Data Tak Sinkron

Pada pengiriman data tak sinkron, setiap karakter dikirimkan sebagai suatu kesatuan (*entity*) bebas, yang berarti bahwa waktu antara pengiriman bit terakhir dari sebuah karakter dan bit pertama dari karakter berikutnya tidak tetap. Pengiriman data tak sinkron lebih sederhana dibandingkan pengiriman sinkron, karena hanya isyarat data saja yang dikirimkan. Detak penerima dibangkitkan secara lokal di dalam penerima dan tetap dijaga agar sesuai dengan detak pengirim yang menggunakan bit awal (*start bit*) dan bit akhir (*stop bit*) yang dikirimkan dengan setiap karakter. Pengiriman tak sinkron banyak dipakai karena sederhana dan murah. Tetapi hanya cocok untuk rangkaian data berkecepatan rendah karena dua alasan :

1. Efisiensi pengiriman menjadi berkurang dengan bertambahnya panjang kabel.
2. Detak penerima yang bekerja bebas hanya akan memenuhi persyaratan sinkronisasi apabila bekerja pada kecepatan rendah.

2.6.2 Pengiriman Data Sinkron

Pada pengiriman data sinkron sejumlah blok data dikirimkan secara kontinu tanpa bit awal atau bit akhir. Detak pada penerima dioperasikan secara kontinu dan dikunci agar sesuai dengan detak pada pengirim. Pada Gambar 2.13. ditunjukkan bagaimana penempatan detak pada sistem sinkron.

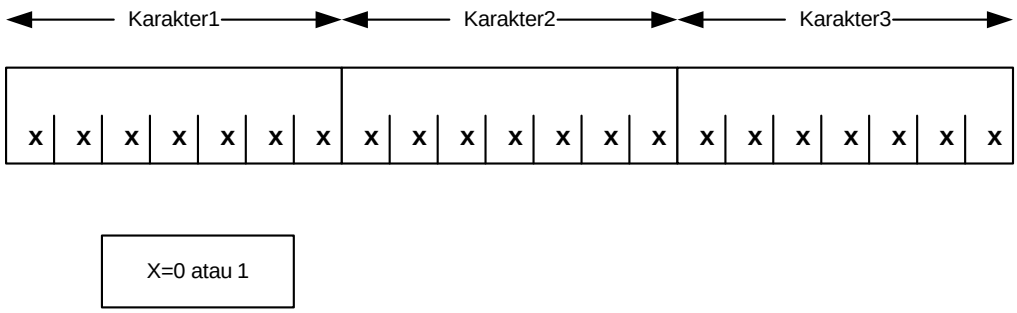


Gambar 2.13 Penempatan detak pada sistem sinkron

Untuk mendapatkan keadaan yang sesuai, informasi pendetakan harus dikirimkan lewat jalur bersama-sama dengan data memanfaatkan metode penyandian tertentu sehingga informasi pendetakan dapat diikutsertakan, atau dengan menggunakan modem yang menyandikan informasi pendetakan selama proses modulasi atau dengan menggunakan detak di dalam untai antarmukanya.

Pada masing-masing kasus di atas, data dikirimkan dengan laju tertentu yang dikendalikan oleh detak pengirim. Sehingga pengirim harus mempunyai

sirkit yang dapat menyandikan informasi detak yang diterima. Karena detak pengirim menentukan kecepatan pengirim dan penerima, sinkronisasi dipertahankan. Kanal yang mempunyai kemampuan untuk mengirimkan informasi pendetakan, selain data yang harus dikirimkan, disebut kanal sinkron atau kanal *isochronous.* Data secara kontinu akan dikirimkan terus menerus tanpa adanya pembatas (*gap*). Interval waktu antara bit terakhir dari suatu karakter dengan bit pertama dari karakter berikutnya adalah nol atau kelipatan bulat dari periode waktu yang diperlukan untuk mengirimkan sebuah karakter. Jika pada data yang dikirimkan terdapat pembatas, pengirim akan menambahkan *byte* tambahan untuk mengganti pembatas tersebut, sehingga tidak diperlukan adanya bit awal dan akhir. Gambar 2.14 menunjukkan aliran bit sinkron.



Gambar 2.14 Aliran data sinkron

Penerima harus memulai pencacahan pada tengah-tengah bit pertama dari karakter pertama, jika tidak akan timbul kesalahan pada isyarat yang diterima. Setelah penyesuaian bit, penerima harus tahu pada kelompok mana bit tersebut akan membentuk karakter (penyesuaian karakter). Penerima harus memantau data yang diterima setiap bit sampai penerima mengenali pola karakter sinkronisasi. Dengan cara ini penerima dapat mengetahui himpunan bit mana yang membentuk karakter yang pertama dikirimkan. Karakter berikut dengan mudah dapat dikenali.

2.6.3 Perbandingan Pengiriman Sinkron dan Tak Sinkron

Umumnya pengiriman tak sinkron tidak mahal. Setiap *byte* yang diterima dibedakan dengan bit awal dan bit akhir, sehingga penyesuaian dapat diperoleh dengan mudah. Karena detak penerima selalu dimulai kembali setelah satu

karakter diterima, atau dengan kata lain detak penerima hanya akan berjalan pada saat ada isyarat data yang akan diterima, dan hanya perlu pada keadaan sinkron untuk selang waktu 8 bit, maka penyesuaian bit juga bukan merupakan persoalan besar. Pengiriman tak sinkron hanya cocok untuk laju yang rendah karena : (a) bit awal dan bit akhir mengurangi efesiensi pengiriman bit menjadi 80 %, dan (b) detak yang beroperasi bebas hanya memenuhi syarat pada laju yang rendah.

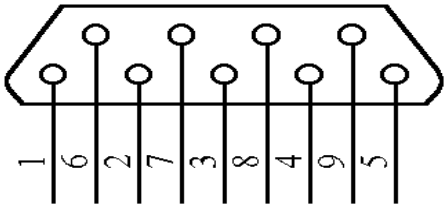
Pengiriman sinkron lebih mahal dibanding pengiriman tak sinkron, tetapi dapat bekerja pada laju yang lebih tinggi. Karena data biasanya dikirimkan tanpa pembatas, diperlukan adanya *buffering* baik pada pengirim maupun penerima. Laju pengiriman dapat diubah dengan mengubah detak pengiriman dan kecepatan data pada waktu yang sama. Kerugian pengiriman biasanya berkisar sampai 5%.

2.7 Port Serial/RS-232

Port serial lebih sulit diantarmukakan dibandingkan dengan *port* paralel. Dalam banyak kasus, semua alat-alat yang dihubungkan ke *port* serial memerlukan transmisi serial yang dikonversikan ke bentuk paralel kembali, sehingga bisa digunakan. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmiter).*

Keuntungan pemakaian transfer data serial dibandingkan dengan transfer data paralel yaitu :

1. *Port* Serial mentransmisikan logika 1 sebagai –3 sampai –15Volt DC dan logika 0 sebagai +3 sampai +15Volt DC sedangkan *port* paralel mentransmisikan logika 0 sebagai 0Volt DC dan logika 1 sebagai +5Volt DC. Dari data tersebut, *port* serial memiliki ayunan maksimum sebagai 30Volt DC sedangkan *port* paralel memiliki ayunan maksimum sebesar 5Volt DC, karena itu rugi-rugi kabel tidak menjadi masalah untuk kabel serial dibandingkan dengan kabel paralel.
2. Transmisi serial memerlukan lebih sedikit kabel dibandingkan dengan transmisi paralel.
3. Sangat cocok untuk komunikasi yang menggunakan *Infra Red*.



Gambar 2.15 Susunan port serial 9 pin

EIA *(Electronic Industry Association)* mengeluarkan spesifikasi listrik untuk standar RS-232C yaitu:

1. *Space* (logika 0) antara +3 sampai +15Volt.
2. *Mark* (logika 1) antara –3 sampai – 15Volt.
3. Daerah antara –3 sampai +3 Volt tidak ditetapkan.
4. Arus pada rangkaian tertutup (*short circuit*) tidak boleh melebihi 500mA.
5. Tegangan pada rangkaian terbuka (*open circuit*) tidak boleh melebihi 25Volt.

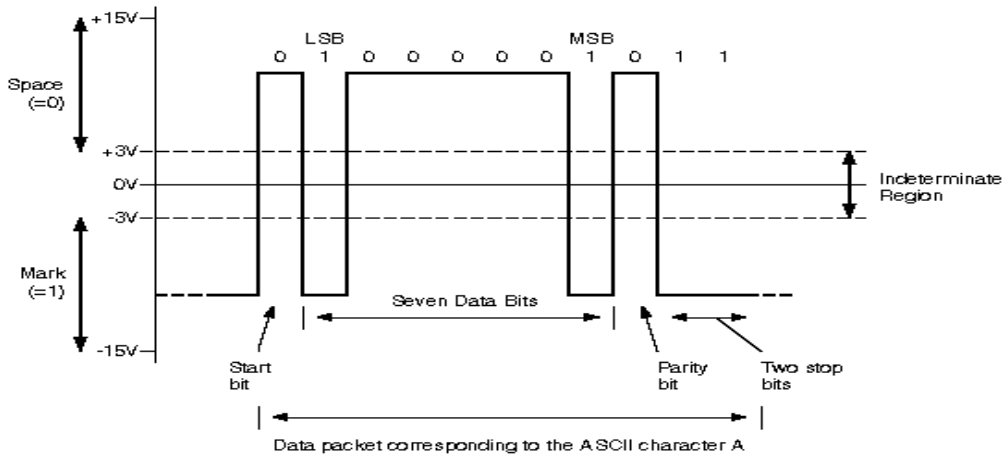
Tabel 2.1 Konektor Port Serial dan Fungsi-fungsinya

Nomor PIN	Nama PIN	Keterangan	Fungsi
1	CD	Carrier Detect	Deteksi Carrier Modem lain
2	RXD	Receive Data	Masukan Data Serial (RXD)
3	TXD	Transmit Data	Keluaran Data Serial
4	DTR	Data Terminal Ready	Memberitahu Modem bahwa UART siap membangun hubungan
5	SG	Signal Ground	Sinyal Pentanahan
6	DSR	Data Set Ready	Memberitahu UART bahwa Modem siap membangun hubungan
7	RTS	Request To Send	Menginformasikan ke Modem bahwa UART siap untuk pertukaran data
8	CTS	Clear To Send	Mengindikasikan bahwa Modem siap untuk pertukaran data
9	RI	Ring Indicator	Aktif saat Modem mendeteksi sinyal dering dari PSTN

2.7.1 Protokol Hubungan Serial

Beberapa hal penting dalam hubungan serial antara TXD dan RXD :

- Laju bitnya harus sama. PC mempunyai kemampuan transmisi serial sampai 115000 bps (periode bit 8,68 *us*), laju yang sering digunakan adalah 300bps, 1200bps, 2400bps, 9600bps, 19200bps, 38400bps dan 57600bps.
- Format *frame*-nya harus sama, TX dan RX mengetahui jumlah bit data, bit paritas, bit mulai dan bit berhenti.
- Bit ditransmisikan secara sinkron, sedangkan *frame* data ditransmisikan secara tak sinkron yang berarti bahwa panjang bit-bit dalam *word* telah terdefenisi, sedangkan waktu antara dua *word* tidak terdefenisi.
- Protokol *frame* menerangkan tentang pola frame karakter yang ditransmisikan, misalnya 8n1, berarti 1 bit mulai, 8 bit data, tanpa bit paritas dan 1 bit berhenti. Pada gambar berikut ditunjukkan bentuk gelombang RS-232 format 7e2 yaitu : 1 bit mulai, 7 bit data, paritas genap dan 2 bit berhenti.



Gambar 2.16 Bentuk Gelombang RS-232 untuk 1 Byte Data Tak Sinkron

Transmisi dimulai dengan sebuah bit *start* yaitu berlogika 0, kemudian bit-bit data dikirimkan satu persatu. Data yang dikirim pertama kali adalah LSB-nya sampai data diterima sepenuhnya, kemudian diakhiri dengan 2 bit *stop* yang

berlogika 1. Dalam sistem transmisi dikenal istilah *"break"*. Istilah ini dipakai bila jalur data berada pada kondisi logika 0 untuk beberapa saat lamanya untuk mengirimkan keseluruhan *word*. Lalu jika jalurnya tidak kembali *"idle"* atau berlogika 1, maka akhir penerimaan akan menginterpretasikan sebagai sinyal *"break"* tersebut. Pengiriman data dengan cara ini disebut dengan istilah *framed*. Yaitu data dibingkaikan (*framed*) antara bit *start* dan bit *stop*. Jika bit *stop* diterima sebagai logika 0 maka *"framing error"*akan muncul. Hal ini bisa terjadi, ketika kedua bagian berkomunikasi dengan kecepatan yang berbeda.

2.7.2 Sistem Hubungan Handshaking

Terdapat tiga sistem *handshaking* metode pertukaran sinyal untuk pengontrolan aliran data (*Flow Control*) pada komunikasi serial antara komputer dan set data (modem) yaitu :

- *Handshaking* secara *software*, yaitu XON / XOFF
- *Handshaking* secara *hardware* yaitu DTR / DSR dan
- RTS / CTS

XON / XOFF : dua buah *byte* yang tidak terpetakan pada karakter normal ASCII adalah XON (CTRL-Q, ASCII 17) dan XOFF (CTRL-S, ASCII 19). Saat salah satu terminal ingin menginterupsi aliran data (misalnya : *Buffer* penuh), ia akan mengirim sinyal XOFF (*transmission off*) untuk memberitahu komputer agar menghentikan pengiriman data, kemudian saat *buffer* telah diambil, ia akan mengirim sinyal XON (*transmission on*) untuk memberitahu bahwa data dapat dikirimkan lagi. Keuntungan dari sistem *handshaking* ini adalah jalur kabel cukup menggunakan TXD / RXD. Namun pada jalur rendah setiap karakter memerlukan 10 bit yang membuat komunikasi menjadi lambat.

DTR / DSR : Komputer mengeset DTR untuk memberitahu bahwa ia siap membangun sutu hubungan (*link*), sedangkan set data mengeset DSR untuk memberitahu bahwa hubungan telah terbentuk. DTR / DSR digunakan untuk membangun suatu hubungan antara komputer dan set data.

RTS / CTS : Digunakan untuk pengontrolan data. Komputer mengirim RTS yang memberitahukan bahwa ia akan mengirimkan data ke set data, sementara set data mengeset CTS saat ia siap untuk menerima data. Jika set data tidak

mempunyai ruang untuk menampung data maka ia tidak akan mengeset CTS. Keuntungan sistem ini tidak membuat jalur transmisi menjadi lambat.

2.7.3 Alamat Dasar dan Vektor Interupsi Port Serial

Adapun alamat dasar dan vektor interupsi *port* serial untuk beberapa *port* serial yang biasa terdapat pada PC tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Alamat Dasar dan Vektor Interupsi Port Serial

Nama Port	Alamat I/O	Vektor Interupsi	IRQ
COM 1	0X3F8	0XC	4
COM 2	0X2F8	0XB	3
COM 3	0X3E8	0XC	4
COM 4	0X2E8	0XB	3

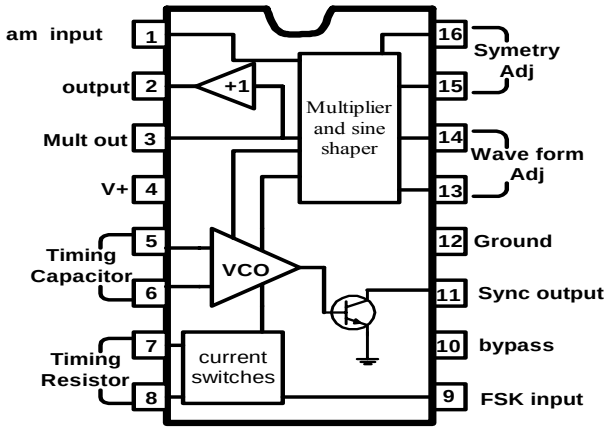
Jika BIOS tidak menemukan suatu *port*, misalkan tidak ada UART pada 0X3E8, maka *port* pada 0X2E8 akan dianggap sebagai COM3 oleh DOS. Sedangkan segmen data BIOS untuk *port serial* adalah segmen 40h dengan deskripsi *offset* sebagai berikut :

- Offset 00h : alamat dasar I/O untuk *port* serial 1
- Offset 02h : alamat dasar I/O untuk *port* serial 2
- Offset 04h : alamat dasar I/O untuk *port* serial 3
- Offset 06h : alamat dasar I/O untuk *port* serial 4

Pengambilan data pada segmen 40h tersebut digunakan untuk proses inisialisasi *port serial* dan alamat I/O yang digunakan.

2.8 IC XR-2206

IC XR-2206 adalah sebuah *chip* pembangkit fungsi (*Function Generator*) yang mampu menghasilkan gelombang sinus bermutu tinggi, segitiga, kotak, *ramp* dan pulsa. IC ini mempunyai 16 buah pin dan terdiri dari 4 buah blok rangkaian internal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.17 yaitu :



Gambar 2.17 IC XR-2206

- *Voltage Controlled Oscillator* (VCO) : adalah pembangkit frekuensi yang ditentukan oleh tegangan masukannya.
- *Analog Multiplier and Sine Shaper* sebagai pembentuk gelombang sinus dan pengali untuk berbagai masukan.
- Rangkaian *Current Switches* berfungsi untuk mentransfer arus ke salah satu dari dua resistor pewaktuan eksternal yang menghasilkan frekuensi terpisah yang dipilih sebagai *logic level* pada masukan FSK melalui pin 9.
- Sementara *Gain Buffer Amplifier* melakukan penguatan sinyal sebelum diumpankan ke rangkaian tujuannya.

  Fungsi dari pin-pin XR-2206 ini ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Deskripsi pin-pin XR-2206

Pin	Simbol	Tipe	Deskripsi
1	AMSI	I	Masukan Sinyal AM
2	STO	O	Keluaran Gelombang Sinus atau Segitiga
3	MO	O	Keluaran Multiplier
4	VCC		Catu Daya Positif
5	TC1	I	Masukan Kapasitor Pewaktuan 1
6	TC2	I	Masukan Kapasitor Pewaktuan 2
7	TR1	O	Keluaran Resistor Pewaktuan 1
8	TR2	O	Keluaran Resistor Pewaktuan 2
9	FSKI	I	Masukan Frequency Shift Keying
10	BIAS	O	Tegangan Referensi Internal
11	SYNCO	O	Keluaran Sync
12	GND		Ground
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust 1

Sambungan dari Tabel 2.3 Deskripsi pin-pin XR-2206

14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust 2
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2

IC XR-2206 ini dapat diaplikasikan untuk :

- Pembangkit Gelombang Sinus, Kotak (*Square*), Segitiga dan *Ramp.*
- Pembangkit FM/AM.
- Pembangkit FSK dan PSK.
- Konverter Tegangan ke Frekuensi (VFC).
- *Tone Generation*.
- *Phase Locked Loops* (PLL) atau VCO.

Beberapa karakteristik dan *features* penting dari IC ini adalah :

- Distorsi gelombang sinusnya rendah, 0,5%.
- Mempunyai kestabilan temperatur yang sempurna, 20 ppm/^{0}C.
- *Sweep Range*-nya yang luas, 2000:1.
- Sensitifitasnya terhadap tegangan yang rendah , 0,001%Volt.
- Modulasi Amplitudo yang linier.
- Kendali FSK yang kompatibel dengan TTL.
- Tegangan Kerjanya dari 10Volt sampai 26Volt.
- Pengaturan *Duty Cycle* dari 1% sampai 99%.

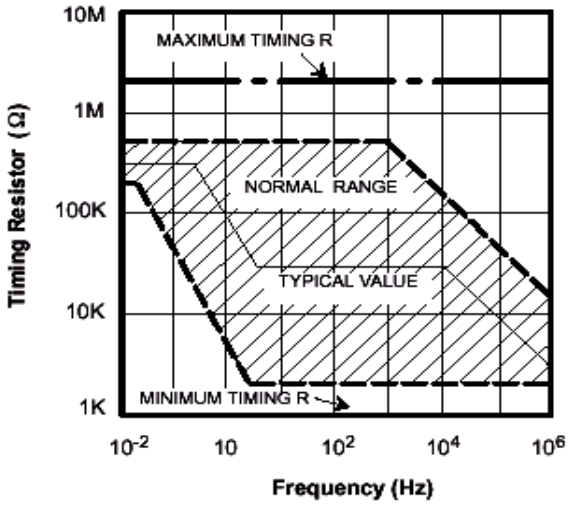
2.8.1 Frekuensi Operasi

Frekuensi osilasi, fo, ditentukan oleh kapasitor pewaktuan eksternal (C), yang dipasang pada pin 5 ke pin 6, dan oleh resistor pewaktuan (R), yang dihubungkan pada pin 7 dan pada pin 8. Sehingga frekuensinya dinyatakan dengan :

$$f_o = \frac{1}{RC} Hz \qquad (2.9)$$

Nilai-nilai yang direkomendasikan untuk R, pada rentang frekuensi osilasi dapat ditentukan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18. Temperaturnya stabil untuk

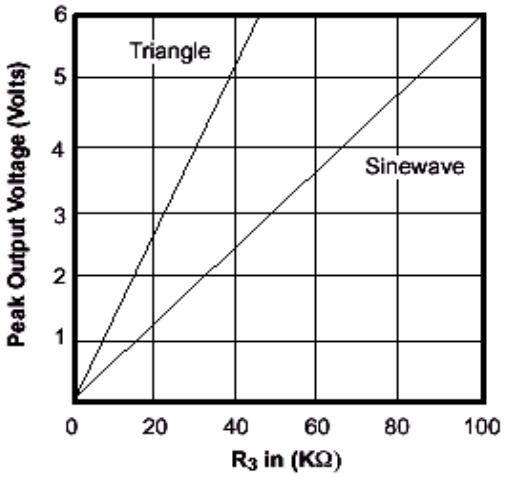
nilai 4KΩ < R< 200KΩ. Nilai yang yang direkomendasikan untuk C adalah dari 1000pF ke 100μF.



Gambar 2.18 Resistor Pewaktuan vs Frekuensi Osilasi

2.8.2 Amplitudo Keluaran

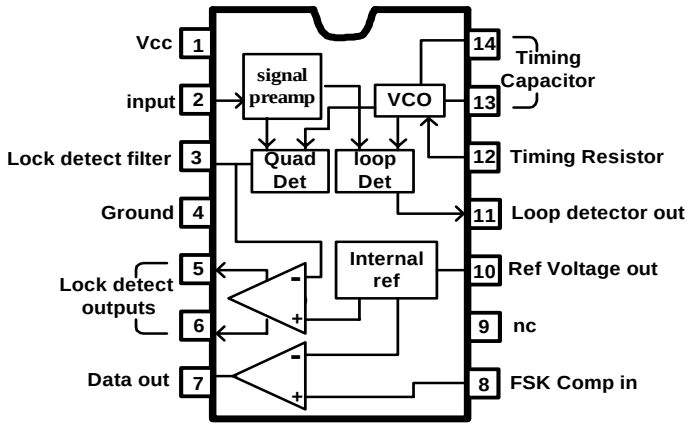
Amplitudo keluaran maksimum secara langsung adalah proporsional dengan resistor eksternal, R3, yang dihubungkan ke pin 3 (lihat Gambar 2.19). Untuk keluaran gelombang sinus amplitudonya adalah kira-kira 60mV peak tiap KΩ dari R3. Untuk gelombang segitiga, amplitudo puncak kira-kira 160mV peak tiap KΩ R3. Sebagai contoh, R3 = 50KΩ akan menghasilkan kira-kira ±3Volt amplitudo keluaran sinusoidal.



Gambar 2.19 Amplitudo keluaran sebagai fungsi dari R pada pin 3

2.9 IC XR-2211

IC XR-2211 adalah sebuah IC monolitik sistem *phase-locked loop* (PLL) yang dirancang khusus untuk aplikasi komunikasi data. Terutama sekali cocok untuk aplikasi modem FSK.



Gambar 2.20 IC XR-2211

Hampir semua sinyal FSK adalah *Phase Locked Loop* (PLL). PLL adalah suatu sistem umpan balik dimana sinyal umpan balik tersebut digunakan untuk mengunci frekuensi dan fasa keluaran terhadap frekuensi dan fasa sinyal masukan. Kemampuan koreksi pada PLL memungkinkan PLL melakukan *tracking* terhadap perubahan frekuensi masukannya.

Daerah jangkauan kemampuan *tracking* frekuensi dari suatu PLL disebut *Lock Range*, sedangkan batas maksimal dimana PLL bisa *lock* dari tidak *lock* disebut *Capture Range.*

IC ini beroperasi dengan rentang tegangan 4,5Volt sampai 20Volt dan rentang frekuensi dari 0,01Hz sampai 300kHz, dapat mengakomodasi sinyal analog antara 10mV sampai 3Volt dan dapat diantarmukakan dengan DTL konvensional, TTL dan keluarga logik ECL.

XR-2211 dibangun dari 7 buah blok rangkaian internal yaitu :

- *Signal Pre-Amp* : digunakan sebagai sebuah pembatas isyarat masukan di atas 10mV rms dan diperkuat ke isyarat tingkat tinggi yang konstan.
- *Voltage Controlled Oscillator* (VCO) : adalah pembangkit frekuensi (fo) yang ditentukan oleh arus masukannya diatur oleh sebuah resistor (R0)

yang di-*ground*-kan dan mengendalikan arus dengan sebuah resistor (R1) dari detektor fasa.

- *Quad Phase Detector* : berfungsi sebagai pendeteksi fasa, *Carrier* dan menghasilkan impedansi keluaran yang tinggi. Keluaran dari detektor fasa akan menghasilkan penjumlahan dan perbedaan dari isyarat masukannya dan dari frekuensi VCO yang dihubungkan secara internal.
- *Loop Phase Detector*: sebagai umpan balik detektor fasa agar menghasilkan impedansi keluaran yang tinggi.
- *Internal Reference* : menghasilkan tegangan referensi.
- *FSK Comparator*: mendemodulasi dan membandingkan sinyal FSK dengan cara menentukan jika VCO akan dikemudikan (*driven*) di atas atau di bawah frekuensi pusat.
- *Lock Detector Comparator* : membandingkan dan menentukan keluaran dari *lock detector* apakah akan aktif tinggi atau aktif rendah yang tergantung dari kondisi PLL.

Komponen eksternal digunakan untuk menetapkan frekuensi pusat, *bandwidth* dan *output delay*. Adapun aplikasi yang dapat diterapkan pada IC ini adalah :

- *Caller Identification Delivery*
- Demodulasi FSK
- Sinkronisasi Data
- *Tone Decoding*
- Pendeteksian FM
- Pendeteksian Carrier

Adapun fungsi pin-pin IC ini disajikan pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Deskripsi pin-pin XR-2211

Pin	Simbol	Tipe	Deskripsi
1	VCC		Catu daya Positif
2	INP	I	Masukan Analog
3	LDF	O	Lock Detect Filter.
4	GND		Pin Ground
5	LDOQN	O	Lock Detect Output Not. Keluarannya akan rendah jika VCO pada keadaan capture range.

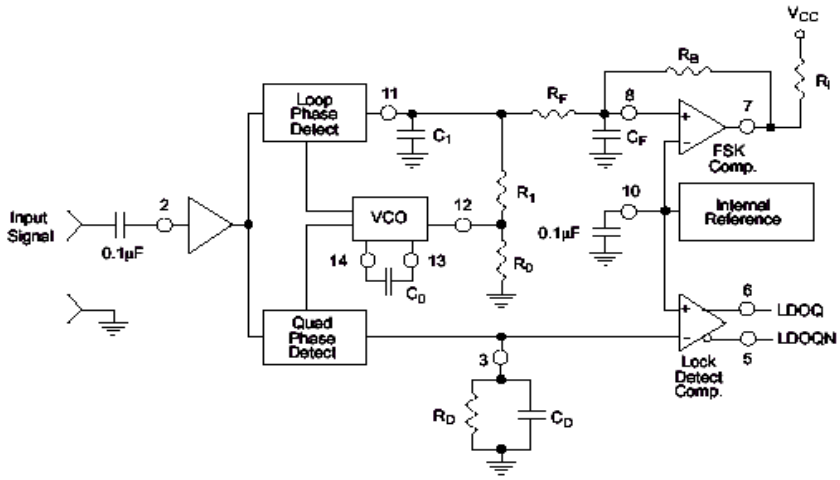
Sambungan dari Tabel 2.4 Deskripsi pin-pin XR-2211

6	LDOQ	O	Lock Detect Output. Keluarannya akan tinggi jika VCO pada keadaan capture range.
7	DO	O	Data Output. Keluaran FSK yang telah dikodekan
8	COMP I	I	FSK Comparator Input.
9	NC		Tidak Dihubungkan
10	VREF	O	Internal Voltage Reference. Nilai dari V_{REF} adalah Vcc/2-650mV.
11	LDO	O	Loop Detect Output. Menyajikan keluaran dari quadrature phase detection.
12	TIM R	I	Masukan Resistor Pewaktuan
13	TIM C2	I	Masukan kapasitor Pewaktuan 2
14	TIM C1	I	Masukan kapasitor Pewaktuan 1

2.9.1 Fungsi Pin-pin XR-2211

Signal Input (pin 2) : Isyarat masukan adalah arus bolak-balik. Impedansi internal pada pin 2 adalah 20KΩ. Isyarat masukan yang direkomendasikan adalah sekitar 10mV rms sampai 3Volt rms.

Quadrature Phase Detector Output (pin 3) : Mempunyai impedansi keluran yang tinggi dan secara internal dihubungkan pada masukan *lock detect voltage comparator*. Pada aplikasi pendeteksian nada (*Tone Detection*), pin 3 dihubungkan ke *ground* melalui kombinasi paralel RD dan CD (lihat Gambar 2.21) untuk menghilangkan *chatter* pada keluaran detektor. Jika pendeteksi nada tidak digunakan, pin 3 dapat dalam keadan terbuka.



Gambar 2.21 Rangkaian untuk FSK dan Tone Detection

Lock Detect Output, Q (Pin 6) : Keluaran pada pin 6 ada pada kondisi "rendah" ketika PLL tidak dikunci dan menuju kondisi "tinggi" ketika PLL dikunci (*locked*).

Lock Detect Complement, (Pin 5) : Keluaran pada pin 5 adalah komplemen logika dari *lock detect output* pada pin 6. Keluaran ini dapat membuat arus yang dimuati (*load current*) karam (*Sink*) sampai 5mA pada kondisi rendah atau *"on"*.

FSK Data Output (Pin 7) : Pada saat men-*decoding* sinyal FSK, data keluaran FSK berada pada kondisi "tinggi" atau *"off"* untuk frekuensi masukan rendah, dan pada "rendah" atau *"on"* untuk menyatakan frekuensi masukan tinggi. Jika tidak ada isyarat masukan, kondisi logika pada pin 7 tak tentu.

FSK Comparator Input (Pin 8) : Ini adalah masukan dengan impedansi tinggi ke bagian *FSK voltage comparator*. Normalnya, sebuah *FSK post-detection* atau filter data dihubungkan antara terminal ini dan PLL *phase detector output* (pin 11). Filter data ini dibentuk oleh RF dan CF (lihat Gambar 2.21). Tegangan *threshold* pembanding diatur oleh tegangan acuan internal, V_{REF} pada pin 10.

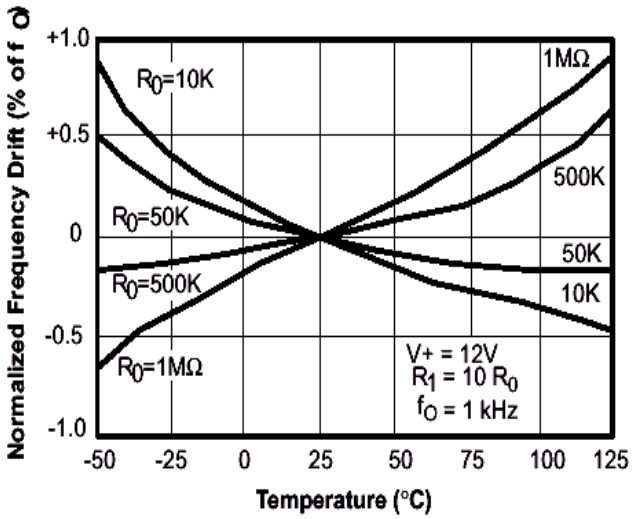
Reference Voltage, V_{REF} (Pin 10) : Pin ini secara internal dibiaskan pada tingkatan tegangan acuan, V_{REF} : V_{REF} = Vcc/2 - 650mV. Tegangan DC pada pin ini membentuk sebuah acuan internal untuk level tegangan pada pin 5, 8, 11 dan 12. Pin 10 harus di-*bypass* ke *ground* dengan sebuah kapasitor 0,1μF untuk operasi rangkaian yang sesuai.

Loop Phase Detector Output (Pin 11) : Terminal ini menyediakan sebuah keluaran impedansi tinggi untuk loop detektor fasa. Filter loop PLL dibentuk oleh R1 dan C1 yang dihubungkan pada pin 11 (lihat gambar 2.21). Dengan tidak ada isyarat masukan, atau dengan tidak ada kesalahan fasa di dalam PLL, Level DC pada pin 11 hampir sepadan dengan V_{REF}. Tegangan *peak-to-peak* ada di keluaran detektor fasa yang sama dengan 2 kali V_{REF}.

VCO Control Input (Pin 12) : Frekuensi VCO ditentukan oleh resistor pewaktuan eksternal, R0, yang dihubungkan dari terminal ini ke *ground*. Frekuensi VCO adalah:

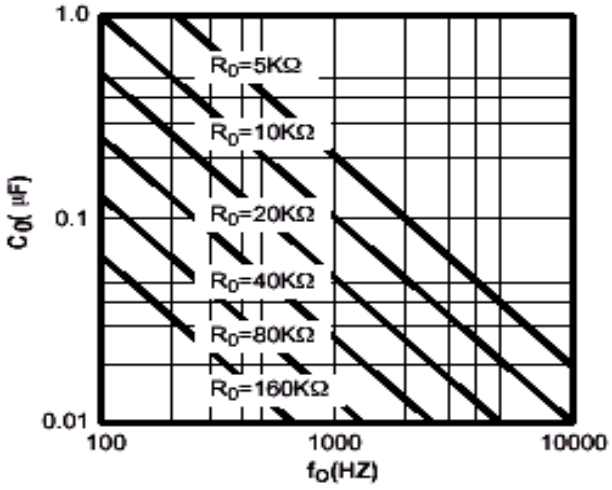
$$f_0 = \frac{1}{R_0 C_0} Hz \qquad (2.10)$$

dimana C0 adalah kapasitor pewaktuan yang melintasi pin 13 dan 14. Untuk kestabilan temperatur yang optimal, R0 harus berada pada rentang nilai 10KΩ sampai 100KΩ (lihat Gambar 2.22).



Gambar 2.22 Drift khas Frekuensi Tengah vs Temperatur

VCO Timing Capacitor (Pin 13 dan 14) : Frekuensi VCO berbanding terbalik secara proporsional dengan kapasitor pewaktuan eksternal, C0, dihubungkan melalui kedua terminal ini (lihat Gambar 2.23) C0 harus *non polar*, dan di sekitar 200pF sampai 10μF.



Gambar 2.23 Frekuensi VCO vs Resistor Pewaktuan

VCO Frequency Adjustment : VCO dapat ditala (*fine-tuned*) dengan menghubungkan sebuah potensiometer, RX, secara seri dengan R0 pada pin 12.

Potensiometer (RX) ini harus ditala dengan hati-hati agar sinyal FSK yang diterima dapat didemodulasikan menjadi rangkaian data biner yang benar.

VCO Free-Running Frequency, fo : adalah frekuensi VCO tanpa sinyal masukan XR-2211 tidak memiliki keluaran terminal VCO yang terpisah. Sebagai gantinya, keluaran VCO secara internal dihubungkan kepada detektor fasa. Untuk keperluan pengaturan atau penyetingan frekuensi *Free Running* VCO, dapat ditala dengan rangkaian yang menggunakan sebuah potensiometer.

2.10 Bahasa Pemrograman Borland Delphi

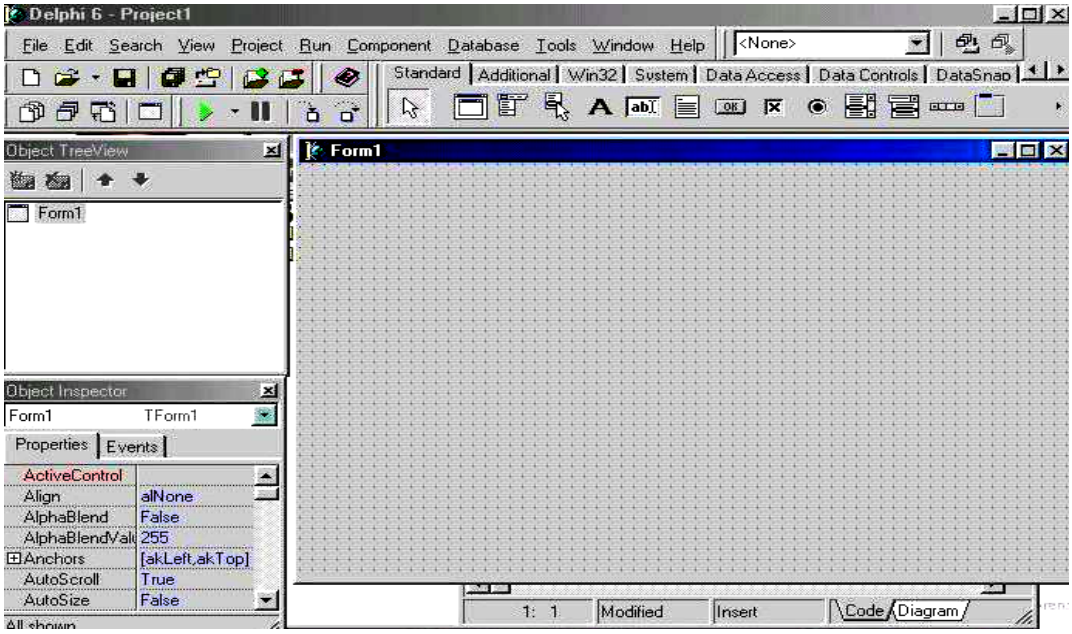
Bahasa pemrograman Borland Delphi bekerja dalam sistem operasi Windows. Delphi mempunyai kemampuan yang luas dan canggih. Berbagai aplikasi dapat dilakukan seperti mengolah teks, grafik, angka, *database* dan aplikasi *web*. Keunggulan Delphi terletak pada produktivitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompilasi dan pola desain yang menarik. Selain itu Delphi juga dapat menangani data dalam berbagai format *database*, misalnya format MS-Acces, Sybase, Oracle, FoxPro dan lain-lain. Untuk memudahkan pemrograman, Delphi menyediakan fasilitas pemrograman dalam dua kelompok yaitu, objek dan bahasa pemrograman. Objek adalah suatu komponen yang mempunyai bentuk fisik dan biasanya dapat dilihat. Objek biasanya dipakai untuk melakukan tugas tertentu dan mempunyai batasan-batasan tertentu. Sedangkan bahasa pemrograman adalah kumpulan teks yang mempunyai arti tertentu dan disusun dengan aturan tertentu untuk menjalankan tugas tertentu.

Delphi menggunakan struktur bahasa pemrograman Pascal yang sudah sangat dikenal dikalangan pemrogram. Gabungan dari objek dan bahasa pemrograman berorientasi objek disebut dengan *Object Oriented Programming* (OOP).

2.10.1 IDE Delphi

Integrated Development Environment atau IDE Delphi terdiri dari : *Main Window, Toolbar, Component Pallet, Form, Code Editor* dan *Object Inspector*. Untuk memulai Delphi dari sistem Operasi Windows pilih Program, kemudian

pilih Borland Delphi lalu klik Delphi maka akan terlihat tampilan utamanya seperti gambar 2.24.



Gambar 2.24 Tampilan dasar Delphi

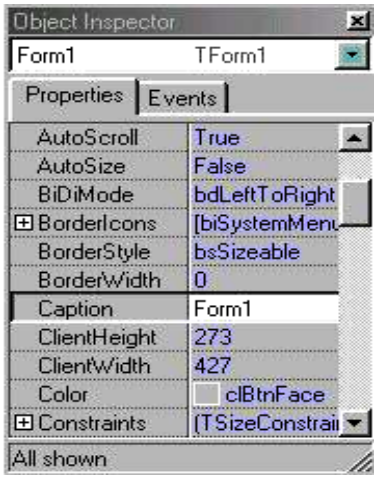
Tampilan Program Delphi pada gambar di atas terdiri dari beberapa bagian yang tampilannya dapat diubah-ubah yaitu :

- Windows Utama

  Merupakan pusat pengaturan di dalam Delphi yang terletak di bagian atas. Jendela ini berisi menu, *toolbar* dan kumpulan *tab (page)* atau lembaran yang berisi *icon object* sesuai kategori yang disebut sebagai ***Component Pallete***.

- Windows Object Inspector

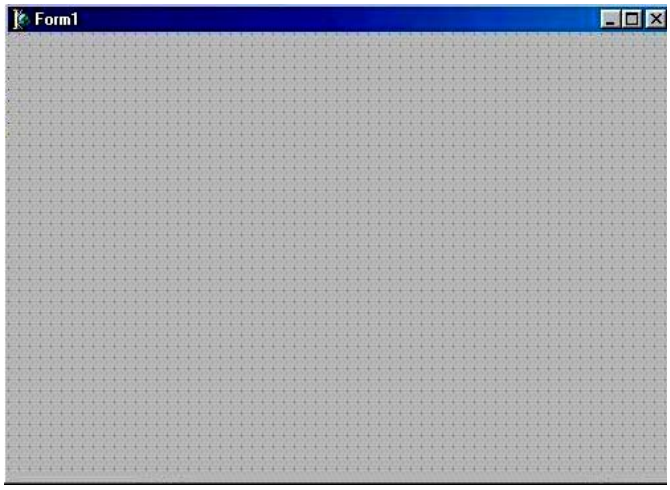
  Terletak di bagian kiri bawah. Windows ini memiliki dua buah halaman, yaitu halaman propertis dan halaman *event*. Halaman propertis digunakan untuk mengubah properti komponen. Properti dengan tanda + menunjukkan bahwa properti tersebut mempunyai subproperti. Dan *event* berfungsi untuk menangani kejadian-kejadian berupa prosedur yang dapat direspon oleh sebuah komponen.



Gambar 2.25 Tampilan Windows Object Inspector

- Windows Form

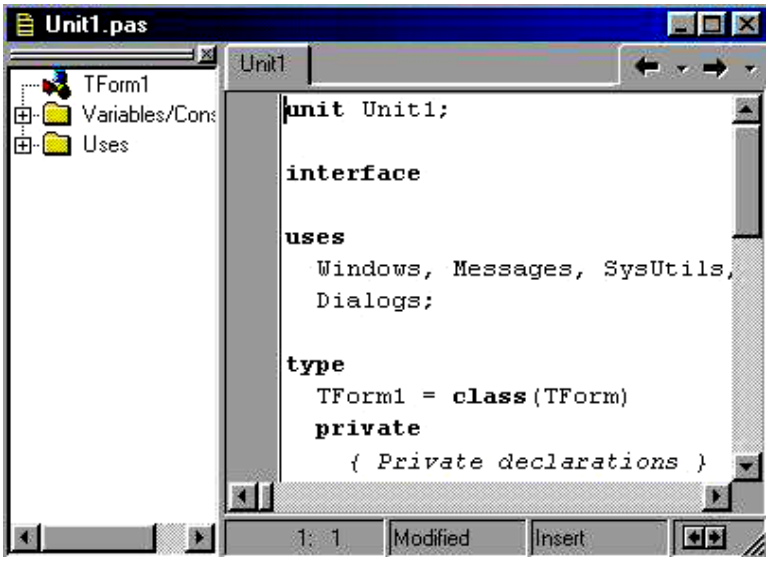
  Terletak di bagian kanan *Windows Editor Program*. Untuk proses yang baru Windows ini biasanya ditampilkan dengan judul "*Form1*". *Form* dipakai untuk merancang Windows bagi aplikasi baru yang sedang dibuat. Sebuah aplikasi dapat berisi beberapa *form* dan minimal harus memiliki sebuah *form* yang nantinya dipakai untuk mendesain tampilan program aplikasi



Gambar 2.26 Tampilan Windows Form

- Code Editor

  Tempat dimana menuliskan kode program. *Code Editor* dilengkapi dengan fasilitas *highlight* yang memudahkan pemakai menemukan kesalahan pada kode program. *Title bar* yang terletak pada bagian bawah terdapat nomor baris/kolom, *modified* dan *insert/overwrite*.



Gambar 2.27 Lembar Kerja Code Editor

2.10.2 Dasar Pembuatan Program

Langkah-langkah dasar yang harus ditempuh untuk membuat program aplikasi dan yang perlu dipahami oleh pemakai Delphi adalah :

1. Merancang antarmuka visual dari aplikasi dengan memilih komponen-komponen yang diinginkan dari *Component Pallet* dan menempatkannya pada *form*.
2. Dengan memakai *Windows Object Inspector* ubah nilai propertis milik *form* dan objek yang terdapat di dalamnya. Ini bertujuan untuk mendapatkan tampilan yang dikehendaki.
3. Tulis kode pada editor program untuk *event* pada objek yang diinginkan. Perlu diketahui *event* adalah mekanisme penghubung antara suatu kejadian (seperti gerakan *mouse*, penekanan tombol dan lain-lain) pada komponen dengan prosedur yang merespon (menerjemahkan dan merealisasikannya menjadi suatu tindakan kejadian tersebut)[Susilo, 2004].