

PROYEK PENINGKATAN PPPG IPA BANDUNG

Pokok permasalahan yang terjadi
dalam masyarakat.

TEKNIK MODULASI AMPLITUDO (AM) DAN MODULASI FREKUENSI (FM).

Oleh: Kardiawarman, Ph.D.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

PENGEMBANG

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah.
2. Tujuan

II. PEDOMAN GURU.

1. Alokasi Waktu
2. Metode
3. Pengetahuan Prasyarat.
4. Pedoman Penilaian.
5. Kegiatan Guru .

III. INFORMASI/PENGAYAAN.

1. Keterampilan proses.
2. Pengayaan Materi Bagi Guru.

IV. KEGIATAN SISWA.

V. EVALUASI

BUKU SUMBER.

PENDAHULUAN

Latar belakang.

Kepedulian tentang keterpaduan antara sains, teknologi, dan masyarakat pada saat ini telah menjadi perhatian utama para pakar pendidikan sains dan teknologi. Hal ini sejalan dengan semboyan “link and match” yang sering digunakan sebagai acuan dalam merancang suatu program pembelajaran. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi kecenderungan ini, para guru sebagai ujung tombak proses pembelajaran harus dibekali dengan wawasan-wawasan materi pembelajaran yang menyertakan keterpaduan antara sains, teknologi, dan masyarakat.

Hal lain yang mendasari pembahasan topik ini adalah bahwa pesawat penerima radio AM (Amplitudo Modulation) dan FM (Frequency Modulation) telah menjadi barang yang biasa dimiliki setiap keluarga. Namun pengetahuan masyarakat tentang teori yang mendasari kedua jenis modulasi tersebut masih perlu ditingkatkan melalui pendidikan. Disamping itu, gelombang radio AM dan FM merupakan materi pelajaran bidang studi Fisika di SMU, kelas 3, catur wulan ke 3.

Manfaat sehari-hari bagi siswa tentang pengetahuan modulasi amplitudo (AM = amplitude modulation) dan modulasi frekuensi (FM = frequency modulation) adalah untuk dapat menentukan jenis radio yang akan dimiliki sesuai dengan fungsinya. Sebagai contoh, jika seorang siswa diminta untuk membeli sebuah pesawat penerima radio untuk siaran dari luar negeri, maka ia harus dapat memutuskan untuk membeli pesawat radio yang dilengkapi dengan gelombang AM, yaitu gelombang pendek (SW = Short wave). Sedangkan jika ia diminta untuk membeli pesawat radio untuk menerima siaran musik, maka ia harus dapat memutuskan bahwa radio yang harus ia beli adalah radio yang memiliki gelombang FM.

Tujuan.

Setelah selesai mempelajari uraian materi ini siswa diharapkan dapat:

1. menjelaskan arti modulasi.
2. menjelaskan proses modulasi.
3. membedakan gelombang radio AM dan FM.
4. menggambarkan bentuk gelombang radio AM.

5. menggambarkan bentuk gelombang radio FM.
6. menjelaskan keuntungan dan kerugian gelombang radio AM.
7. menjelaskan keuntungan dan kerugian gelombang radio FM.
8. mempertimbangkan jenis pesawat radio yang ingin dimiliki sesuai dengan fungsinya.

PEDOMAN GURU

A. Petunjuk Penggunaan Unit.

Unit ini berisi materi pelajaran Fisika tentang gelombang radio AM dan FM. Sebelum Anda mengajarkan materi pelajaran dalam unit ini, pelajarilah unit ini secara keseluruhan dan buatlah persiapan untuk setiap kegiatan.

1. Alokasi Waktu : 4 x 45 menit
2. Metode :
 - a. tanya-jawab terstruktur
 - b. diskusi terstruktur.
 - c. kunjungan ke stasiun pemancar radio AM dan FM (dianjurkan).
3. Pengetahuan prasyarat :

Sebelum mempelajari isi modul ini, siswa harus sudah memperoleh pengetahuan tentang :

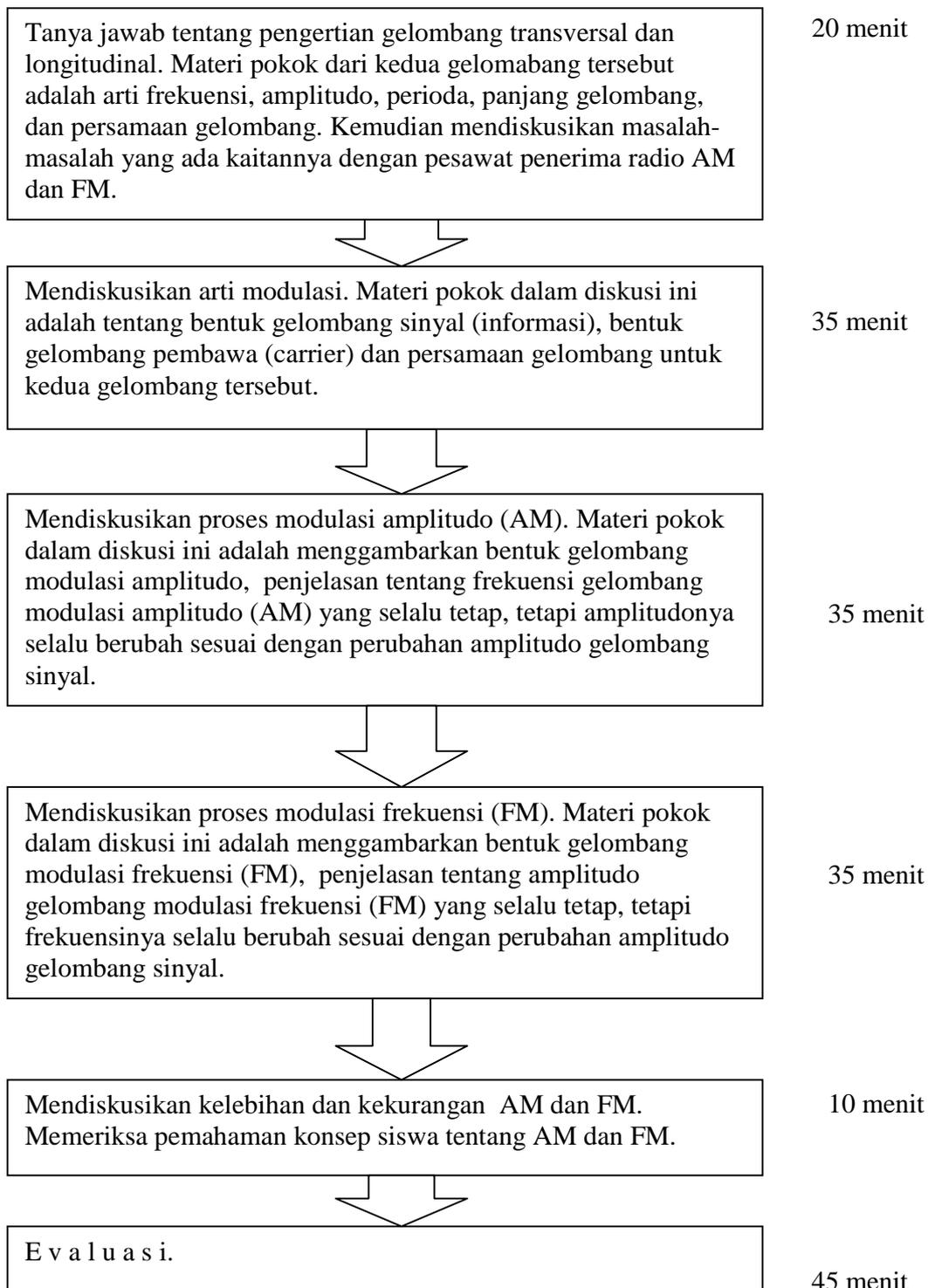
 - a. gelombang
 - b. spektrum gelombang elektromagnetik.
 - c. matematika trigonometri.
4. Pedoman penilaian.
 - a. Sebagai evaluasi, siswa diberi waktu 45 menit untuk menjawab semua soal/pertanyaan (terlampir).
 - b. Kunci jawaban: lihat halaman berikutnya. Untuk setiap soal/pertanyaan memiliki bobot nilai yang sama, yaitu 1 (satu).

No	Kunci Jawaban	Skor
1	c. frekuensi gelombang itu adalah 15 kHz.	1
2	a. $\frac{3}{4}$	1
3	d. Frekuensi gelombang pembawa tetap sedangkan amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.	1
4	b. Frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal, sedangkan amplitudo gelombang pembawa tetap.	1

5	Dapat diterima di tempat yang sangat jauh dari pemancar, karena gelombang AM dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfir.	1
6	Sinyal informasi yang dibawa gelombang FM tetap jernih seperti aslinya, karena tidak dipengaruhi oleh lapisan ionosfir.	1
7	Informasi yang dibawa gelombang AM tidak jernih, karena diganggu oleh lapisan ionosfir.	1
8	Gelombang FM tidak dapat diterima di tempat yang jauh dari pemancarnya, karena FM tidak dipantulkan oleh lapisan ionosfir.	1
9	$m = A_s/A_o$	1
10	$m_f = f_d/f_s$.	1

5. Kegiatan guru.

Sebaiknya sebelum atau sesudah pembahasan materi modul ini, para siswa diberi tugas untuk mengunjungi satu stasiun pemancar radio AM dan satu stasiun pemancar radio FM untuk berdiskusi dan mempelajari secara langsung proses modulasi dan komponen-komponen elektronika untuk modulasi. Sedangkan kegiatan belajar-mengajar di dalam kelas harus mengikuti alur berikut ini.



III. INFORMASI

1. Keterampilan Proses.

Setelah mempelajari kegiatan STM ini diharapkan siswa dapat mengembangkan keterampilan proses berupa:

- a. keterampilan membedakan jenis modulasi AM dan FM.
- b. keterampilan menentukan jenis pesawat penerima.
- c. keterampilan menentukan batas frekuensi sinyal untuk AM dan FM.

2. Pengayaan Materi Bagi Guru

A. Modulasi

Suatu informasi dapat ditransmisikan dari satu tempat ke tempat lain untuk bermacam-macam tujuan. Sebuah contoh yang paling umum adalah komunikasi telepon.

Keterbatasan komunikasi lewat jaringan telepon adalah perlu adanya terminal kontrol dan jaringan kabel telepon yang menghubungkan rumah-rumah, kantor, dan tempat-tempat lainnya ke pusat kontrol. Bentuk lain komunikasi yang tidak memerlukan adanya jaringan kabel adalah melalui teknik *modulasi*. *Modulasi adalah proses penumpangan informasi yang terkandung dalam sebuah rentang frekuensi pada sebuah frekuensi pembawa*. Proses kebalikan dari modulasi disebut *demodulasi*. Contoh modulasi adalah proses penyiaran suara atau musik yang dipancarkan melalui sebuah pemancar radio. Sedangkan contoh demodulasi adalah proses penerimaan suara atau musik oleh sebuah pesawat penerima radio.

Gelombang pembawa dalam bahasa Inggris sering disebut *carrier (pembawa)* dan gelombang informasi yang ditumpangkan (dimodulasikan) disebut *signal informasi*. Selanjutnya gelombang pembawa akan dinyatakan oleh nilai tegangan keluaran (output voltage) sesaat yang biasa ditulis dalam bentuk persamaan gelombang¹ berikut:

$$e_{\text{out}} = A_o \cos (2\pi f_o t), \quad (1)$$

dimana :

e_{out} : tegangan keluaran gelombang pembawa (volt)

A_o : Amplitudo tegangan keluaran gelombang pembawa (volt)

f_o : frekuensi gelombang pembawa (Hz)

1. ¹ Norman Lurch, Fundamental of electronics, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.

t : waktu (det).

Demikian pula halnya dengan gelombang sinyal, ia dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$e_s = A_s \cos (2\pi f_s t), \quad (2)$$

dimana :

e_s : tegangan keluaran gelombang sinyal (volt)

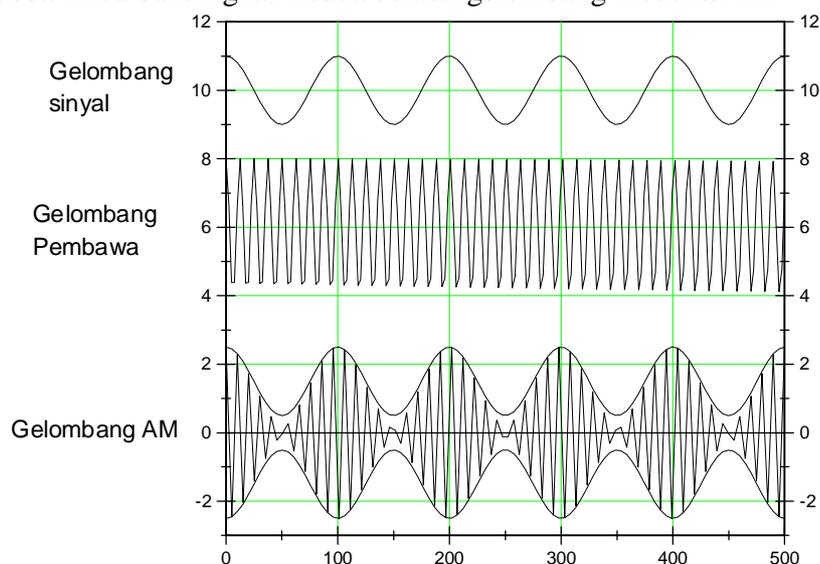
A_s : Amplitudo tegangan keluaran gelombang sinyal (volt)

f_s : frekuensi gelombang sinyal (Hz)

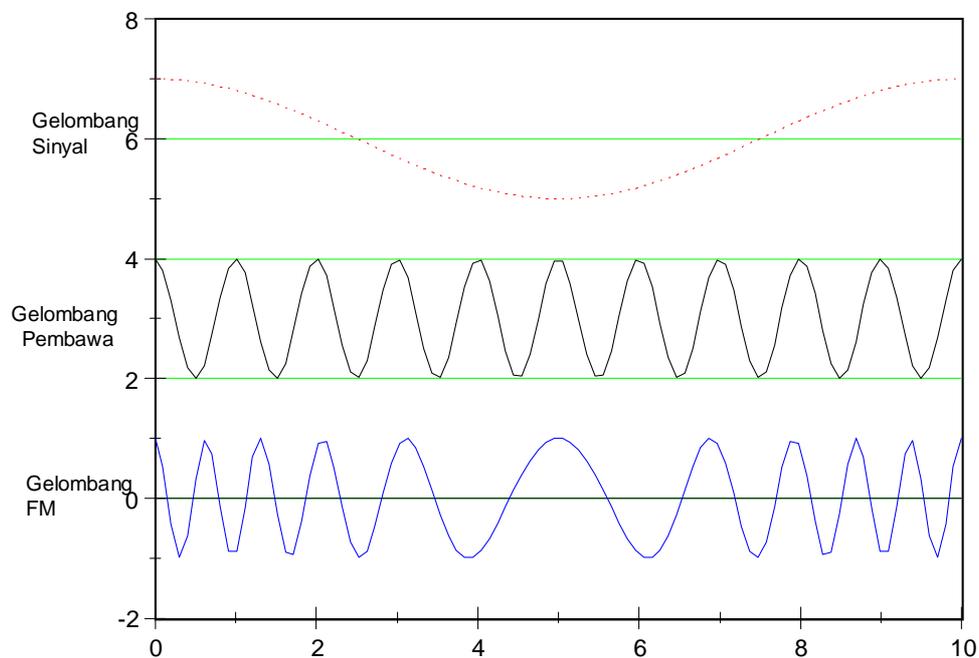
t : waktu (det).

Jika gelombang pembawa dimodulasi oleh sinyal informasi sedemikian rupa sehingga amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) sinyal informasi, maka modulasi seperti ini biasa disebut *modulasi amplitudo* (*Amplitude Modulation = AM*), sedangkan jika gelombang pembawa itu dimodulasi oleh gelombang sinyal sedemikian rupa sehingga frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) gelombang sinyal, maka modulasi ini disebut *modulasi frekuensi* (*Frequency Modulation = FM*). Dalam kehidupan sehari-hari, baik pemancar maupun penerima dari kedua jenis modulasi ini masing-masing sering disebut pemancar atau penerima AM dan pemancar atau penerima FM. Sebagai contoh kita mengenal pemancar dan penerima radio AM dan FM. Kedua singkatan seperti ini yang biasa anda jumpai pada pesawat penerima radio memiliki makna yang sama seperti dijelaskan di atas.

Bentuk gelombang kedua jenis modulasi tersebut dapat anda lihat pada Gambar 1 dan 2 di bawah ini. Pertama perhatikan bentuk gelombang sinyal. Kemudian amati bentuk gelombang pembawa, dan selanjutnya lihat bentuk gelombang modulasinya. Coba Anda bandingkan kedua bentuk gelombang modulasi ini.



Gambar 1. Modulasi amplitudo (AM).



Gambar 2. Modulasi Frekuensi (FM).

IV. LEMBAR KEGIATAN SISWA

Tujuan.

Setelah melakukan kegiatan ini, siswa diharapkan dapat:

1. menyebutkan kelebihan dan kekurangan dari modulasi amplitudo (AM).

2. menyebutkan kelebihan dan kekurangan dari modulasi frekuensi (FM).
3. menyebutkan rentang frekuensi AM dan FM.
4. Menentukan pilihan jenis pesawat penerima radio.

A. Modulasi Amplitudo (Amplitude Modulation = AM).

Modulasi adalah proses penumpangan informasi yang terkandung dalam sebuah rentang frekuensi pada sebuah frekuensi pembawa. Proses kebalikan dari modulasi disebut demodulasi.

Contoh modulasi adalah proses penyiaran suara atau musik yang dipancarkan melalui sebuah pemancar radio. Sedangkan contoh demodulasi adalah proses penerimaan suara atau musik oleh sebuah pesawat penerima radio.

Gelombang pembawa dalam bahasa Inggris sering disebut *carrier (pembawa)* dan gelombang informasi yang ditumpangkan (dimodulasikan) disebut *signal* informasi. Selanjutnya gelombang pembawa akan dinyatakan oleh nilai tegangan keluaran (output voltage) sesaat yang biasa ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$e_{\text{out}} = A_o \cos (2\pi f_o t), \quad (1)$$

dimana :

- e_{out} : tegangan keluaran gelombang pembawa (volt)
- A_o : Amplitudo tegangan keluaran gelombang pembawa (volt)
- f_o : frekuensi gelombang pembawa (Hz)
- t : waktu (det).

Demikian pula halnya dengan gelombang sinyal, ia dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$e_s = A_s \cos (2\pi f_s t), \quad (2)$$

dimana :

- e_s : tegangan keluaran gelombang sinyal (volt)
- A_s : Amplitudo tegangan keluaran gelombang sinyal (volt)
- f_s : frekuensi gelombang sinyal (Hz)
- t : waktu (det).

Jika gelombang pembawa dimodulasi oleh sinyal informasi sedemikian rupa sehingga amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) sinyal informasi, maka modulasi seperti ini biasa disebut *modulasi amplitudo* (*Amplitude Modulation = AM*). Pada saat sebuah gelombang pembawa dimodulasi oleh gelombang sinyal secara amplitudo modulasi, maka amplitudo gelombang pembawa itu akan berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) gelombang sinyal. Hal ini secara matematik dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tegangan gelombang pembawa dinyatakan oleh persamaan (1) di atas, yaitu:

$$e_{\text{out}} = A_o \cos (2\pi f_o t),$$

dan gelombang sinyal dinyatakan oleh persamaan (2) di atas, yaitu:

$$e_s = A_s \cos (2\pi f_s t).$$

Bentuk kedua gelombang tersebut dapat Anda lihat pada Gambar 3 di bawah. Untuk menghindari keadaan overmodulasi yaitu keadaan dimana gelombang pembawa termodulasi lebih dari 100 %, maka kita harus dapat membatasi besar-kecilnya modulasi yang terjadi. Hal ini dapat diatasi dengan cara menentukan nilai faktor modulasi (m) yang didefinisikan sebagai berikut:

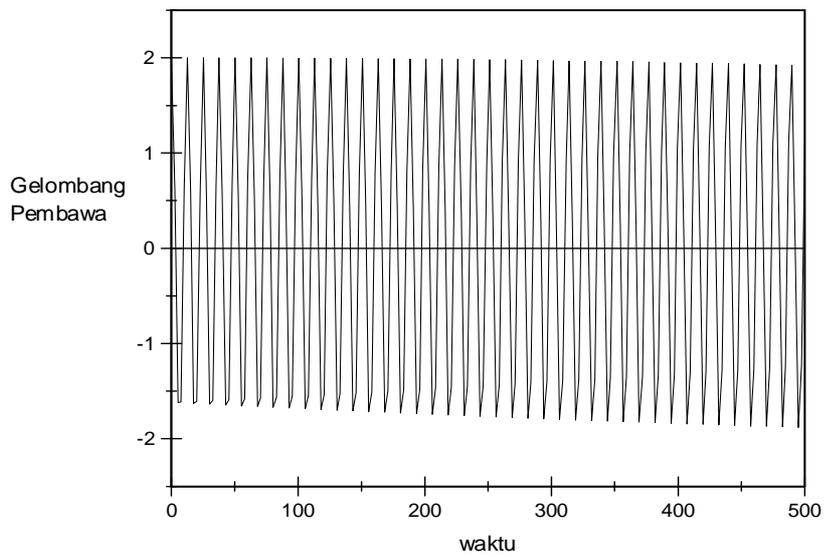
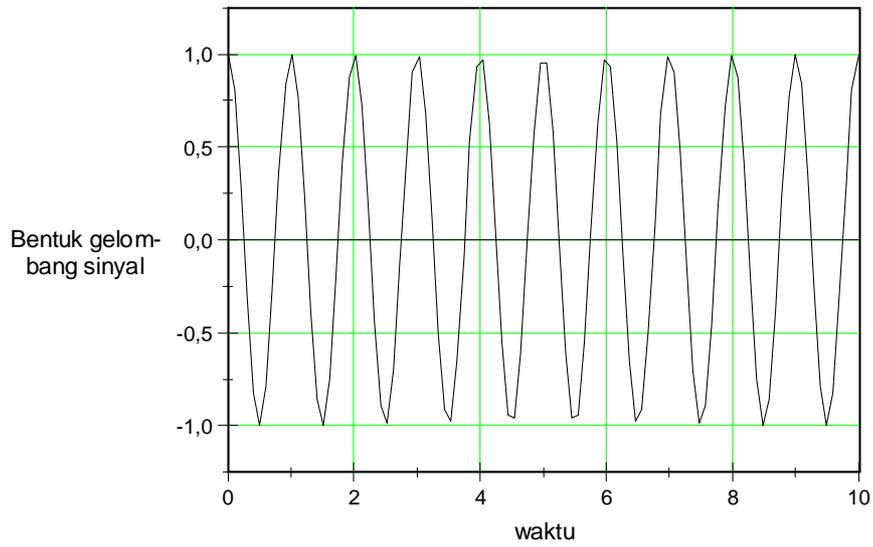
$$A_s = m A_o, \text{ atau}$$

$$m = A_s/A_o \quad (3)$$

dimana m satuannya dinyatakan dalam persen.

Dari gambar 1 di atas tampak bahwa amplitudo pembawa dari gelombang AM memiliki nilai:

$$A_o(t) = A_o + A_s \cos (2\pi f_s t) \quad (4)$$



Gambar 3. Bentuk gelombang sinyal dan bentuk gelombang pembawa (carrier).

Dengan menggunakan persamaan (3) kita dapat menuliskan persamaan (4) menjadi :

$$A_o(t) = \{1 + m \cos (2\pi f_s t)\} A_o \quad (4)$$

Dengan demikian dengan menggunakan persamaan (1) dan (4), tegangan keluaran sesaat $\{e_o(t)\}$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$e_o(t) = A_o(t) \cos (2\pi f_o t) = \{1 + m \cos (2\pi f_s t)\} A_o \cos (2\pi f_o t) \quad (5)$$

$$e_o(t) = A_o \cos (2\pi f_o t) + m A_o \cos (2\pi f_s t) \cos (2\pi f_o t) \quad (6)$$

Dari pelajaran trigonometry kita tahu bahwa

$$\cos x \cdot \cos y = \frac{1}{2} \cos (x + y) + \frac{1}{2} \cos (x - y).$$

Dengan menggunakan persamaan ini kita dapat menuliskan persamaan (6)

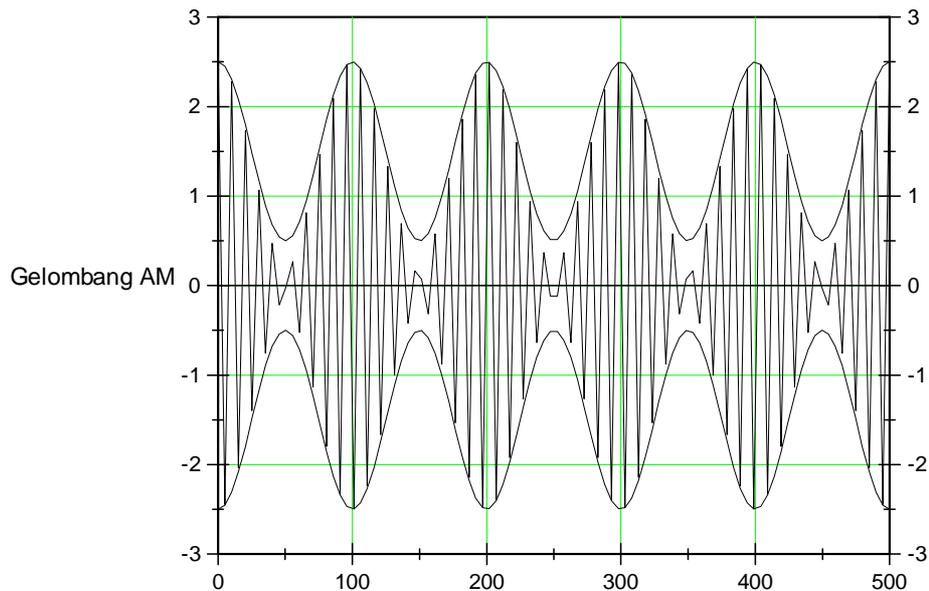
$$e_o(t) = A_o \cos (2\pi f_o t) + \frac{1}{2} m A_o \cos 2\pi (f_s + f_o) t + \frac{1}{2} m A_o \cos 2\pi (f_s - f_o) t. \quad (7)$$

Persamaan (7) ini menyatakan persamaan gelombang AM. Bentuk gelombang AM yang dinyatakan oleh persamaan (7) di atas dapat Anda lihat pada Gambar 4.

Jika faktor modulasi (m) sama dengan nol persen, maka dari persamaan (7) kita lihat bahwa bentuk tegangan keluaran adalah sama dengan bentuk tegangan keluaran pembawa yang tak termodulasi atau sama dengan persamaan (1) di atas. Dua suku terakhir pada persamaan (7) merupakan suku tambahan hasil modulasi. Jadi pada proses modulasi amplitudo, gelombang pembawa memperoleh tambahan dua suku persamaan. Frekuensi kedua suku persamaan terakhir ini menyatakan batas-batas pita frekuensi dari sebuah modulasi amplitudo. Frekuensi $f_o + f_s$ disebut batas atas pita frekuensi (*upper side-band*) dan $f_o - f_s$ disebut batas bawah pita frekuensi (*lower side-band*). Sebagai contoh, misalkan frekuensi gelombang pembawa adalah 5000 Hz dan frekuensi gelombang sinyal 100 Hz. Dengan demikian kita tahu bahwa batas atas pita frekuensi adalah $(5000 + 100) \text{ Hz} = 5100 \text{ Hz}$, dan batas bawah pita frekuensi adalah $(5000 - 100) \text{ Hz} = 4900 \text{ Hz}$. Dari sini kita dapat menghitung lebar pita frekuensi (Δf), yaitu sama dengan batas atas pita dikurangi oleh batas bawah pita. Atau secara matematik

$$\Delta f = (f_o + f_s) - (f_o - f_s)$$

$$\Delta f = 2 f_s. \quad (8)$$



Gambar 4. Bentuk gelombang hasil modulasi amplitudo (AM).

Jadi lebar pita (band width) untuk contoh di atas adalah $\Delta f = 200$ Hz. Dari contoh tersebut di atas dan dari persamaan (8) dapat kita simpulkan bahwa lebar pita frekuensi (*band width*) dalam sebuah proses modulasi amplitudo adalah dua kali frekuensi sinyal informasi. Dalam standar transmisi gelombang elektromagnetik, Pemancar gelombang AM dialokasikan pada interval 10000 Hz (10 kHz). Sebagai contoh, 960 kHz, 970 kHz, 980 kHz, 990 kHz, dan seterusnya. Dengan demikian lebar pita setiap pemancar adalah 10 KHz. Akibatnya, frekuensi sinyal maksimum yang dapat dimodulasikan adalah 5 kHz (5000 Hz).

B. Modulasi Frekuensi (Frequency Modulation = FM)

Berbeda dengan modulasi amplitudo, modulasi frekuensi menghasilkan perubahan pada frekuensi gelombang pembawa. Jadi sinyal informasi yang dimodulasikan (ditumpangkan) pada gelombang pembawa menyebabkan perubahan frekuensi gelombang pembawa sesuai dengan perubahan tegangan (simpangan) sinyal. Jadi jika gelombang pembawa itu dimodulasi oleh gelombang sinyal sedemikian rupa sehingga frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) gelombang sinyal, maka modulasi ini disebut *modulasi frekuensi* (*Frequency Modulation = FM*).

Istilah-istilah dan definisi yang biasa digunakan dalam modulasi frekuensi lebih baik dijelaskan dengan contoh-contoh berikut.

Misalkan: frekuensi pembawa = 1.000.000 Hz. (= 1000 kHz = 1 MHz).
 frekuensi sinyal = 1000 Hz. (= 1 kHz)
 amplitudo sinyal (A_s) = 1 volt,

dan kita misalkan pada saat simpangan sinyal bertambah dalam arah positif, frekuensi tegangan keluaran bertambah, dan sebaliknya pada saat simpangan sinyal bertambah ke arah negatif, frekuensi tegangan keluaran berkurang. Kemudian kita misalkan pula bahwa pada saat simpangan (tegangan) sinyal = amplitudonya = 1 volt, frekuensi sesaat dari gelombang keluaran adalah 1010 kHz. Begitu juga pada saat simpangan (tegangan) sinyal = amplitudonya = -1 volt kita misalkan frekuensi keluarannya adalah 990 kHz. Disamping itu, kita misalkan pula bahwa perubahan frekuensi adalah fungsi liner dari amplitudo sinyal. Dengan menggunakan kondisi di atas kita dapat menjelaskan hal berikut:

amplitudo sinyal, A_s (volt)	0	+1	0	-1	0	+1
frekuensi keluaran (kHz)	1000	1010	1000	990	1000	1010

Jika amplitudo sinyal (A_s) berubah menjadi 2 volt, maka hubungan di atas juga akan berubah sebagai berikut:

amplitudo sinyal, A_s (volt)	0	+2	0	-2	0	+2
frekuensi keluaran (kHz)	1000	1020	1000	980	1000	1020

Begitu pula jika amplitudo sinyal (A_s) berubah menjadi 0,5 volt, maka hubungan di atas akan berubah sebagai berikut:

Amplitudo sinyal, A_s (volt)	0	+0,5	0	-0,5	0	+0,5
Frekuensi keluaran (kHz)	1000	1005	1000	995	1000	1005

Dari contoh di atas, kita dapat melihat bahwa amplitudo sinyal menentukan *simpangan frekuensi* (*frequency deviation*) f_d . Perhatikan bahwa f_d diukur dari frekuensi pembawa ke frekuensi tertinggi *atau* ke frekuensi terendah, yaitu $f_d = (1005-1000) \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$ atau $f_d = (1000-995) \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$, dan $f_d \neq (1005-995) \text{ Hz} = 10 \text{ Hz}$. Dengan demikian, dari contoh di atas kita dapat melihat bahwa untuk amplitudo sinyal sebesar 0,5 volt, $f_d = 5 \text{ kHz}$. Untuk amplitudo sinyal sebesar 1 volt, $f_d = 10 \text{ kHz}$, dan untuk amplitudo sinyal sebesar 2 volt, $f_d = 20 \text{ kHz}$.

Pada modulasi amplitudo kita mengenal istilah *faktor modulasi* (m), dan pada modulasi frekuensi pun kita mengenal istilah serupa yaitu *indeks modulasi* (m_f). Indeks modulasi ini didefinisikan sebagai berikut:

$$m_f = f_d/f_s \quad (9)$$

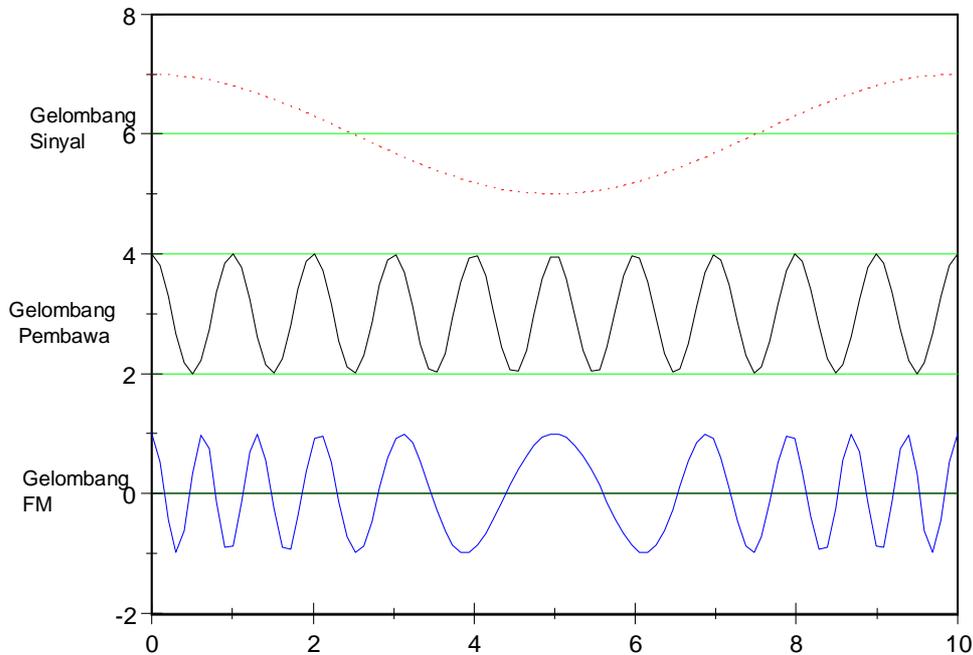
Untuk contoh-contoh tersebut di atas dengan $f_s = 1 \text{ kHz}$, dan A_s masing-masing sama dengan 0,5 volt, 1 volt, dan 2 volt sehingga f_d masing-masing bernilai 5 kHz, 10 kHz, dan 20 kHz, maka nilai-nilai m_f masing-masing adalah 5, 10, dan 20. Perhatikan bahwa m_f tidak memiliki satuan, karena satuan f_d dan f_s adalah sama, yaitu Hz.

Dari persamaan (9) kita lihat bahwa karena f_d bergantung pada A_s , maka m_f ini secara tidak langsung menggabungkan f_d , f_s , dan A_s . Oleh karena itu, ketiga variabel tadi dapat m_f , f_s , dan f_o . Adapun frekuensi sesaat gelombang FM adalah:

$$f_{FM} = f_o + f_d \cos 2\pi f_s t,$$

sehingga persamaan gelombang FM sesaat adalah :

$$e_o = A_o \cos 2\pi \left(\int f_{FM}(t) dt \right) = A_o \cos 2\pi (f_o t + m_f \sin 2\pi f_s t) \quad (10)$$



Gambar 5. Bentuk gelombang FM. Perhatikan bahwa disini frekuensi gelombang pembawa (carrier) berubah-ubah sesuai dengan perubahan simpangan gelombang sinyal. Jadi hasil modulasi frekuensi (FM) adalah timbul mampatan dan renggangan dari gelombang pembawa, sedangkan tinggi amplitudonya selalu tetap.

Persamaan (10) ini menyatakan tegangan keluaran sesaat hasil modulasi frekuensi (FM). Jika bentuk gelombang sinyal dan gelombang pembawa sama seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 di atas, maka bentuk gelombang FM yang dinyatakan oleh persamaan (10) ini adalah sebagai berikut: (lihat Gambar 5)

C. Kelebihan dan Kekurangan modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi (FM).

Kelebihan dan kekurangan dari kedua jenis modulasi ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh pemancar AM dan FM. Hasil modulasi ini biasanya dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik

AM dapat dipantulkan oleh lapisan udara paling atas, yaitu lapisan ionosfir, sedangkan gelombang elektromagnetik FM tidak dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfir itu. Akibatnya, hasil modulasi AM dapat diterima ditempat yang jauh dari pemancarnya, sedangkan hasil modulasi FM tidak dapat diterima di tempat yang jauh dari pemancarnya. Hal ini jelas merupakan kelebihan dari pemancar AM dan kerugian dari pemancar FM. Akibat dari adanya pengaruh lapisan ionosfir pada gelombang AM adalah timbulnya gangguan pada kejernihan informasi yang dibawa oleh gelombang AM tersebut. Hal ini jelas merupakan kerugian atau kekurangan dari modulasi AM. Sebaliknya, karena gelombang FM tidak dapat dipantulkan dan tidak dipengaruhi oleh lapisan ionosfir, maka informasi yang dibawa oleh gelombang FM tetap jernih seperti aslinya. Sehingga, kelebihan dari hasil modulasi AM akan merupakan kekurangan untuk modulasi FM, dan sebaliknya.

D. Tugas.

1. Sebuah sinyal informasi akan dimodulasikan dengan cara AM. Gelombang sinyal dinyatakan oleh persamaan $e_s = 2 \cos (400\pi t)$, dan gelombang pembawa dinyatakan oleh persamaan $e_{out} = 4 \cos (20000\pi t)$. Tentukanlah hal-hal berikut ini.
 - a. frekuensi gelombang sinyal.
 - b. frekuensi gelombang pembawa.
 - c. faktor modulasi.
 - d. persamaan gelombang AM.

2. Dengan menggunakan data pada tugas nomor satu di atas, lengkapilah tabel berikut ini untuk gelombang sinyal.

t	0	(1/12)	(1/8)	(1/6)	(1/4)	(1/3)	(3/8)	(5/12)	(1/2) T	(7/12)	(5/8)
		T	T	T	T	T	T	T		T	T
e_s											

t	(4/6)	(3/4)	(5/6)	(7/8)	(11/12)	T
	T	T	T	T	T	

e_s						
-------	--	--	--	--	--	--

3. Lukislah bentuk gelombang sinyal dengan menggunakan data pada tabel soal nomor 2 di atas.

4. Dengan menggunakan data pada tugas nomor 1 di atas, lengkapilah tabel berikut ini untuk gelombang pembawa.

t	0	(1/12)	(1/8)	(1/6)	(1/4)	(1/3)	(3/8)	(5/12)	(1/2) T	(7/12)	(5/8)
		T	T	T	T	T	T	T		T	T
e_o											

t	(4/6)	(3/4)	(5/6)	(7/8)	(11/12)	T
	T	T	T	T	T	
e_o						

5. Lukislah bentuk gelombang pembawa dengan menggunakan data pada tabel soal nomor 4 di atas.

6. Lukis pula bentuk gelombang AM-nya.

Petunjuk untuk mengerjakan tugas nomor 7. Gunakan persamaan (7) dan gunakan tabel seperti pada soal nomor 4 di atas.

7. Berapakah lebar pita (band width) untuk data pada tugas nomor satu di atas ?

8. Misalkan suatu sinyal informasi sebesar 2 kHz akan dimodulasikan dengan cara FM, dan frekuensi gelombang pembawa kita misalkan sebesar 1000 kHz. Jika kita misalkan kaitan antara amplitudo sinyal dan frekuensi FM ditunjukkan oleh tabel berikut:

Amplitudo Sinyal (volt)	0	+1	0	-1	0
Frekuensi FM (kHz)	1000	1020	1000	980	1000

maka lengkapilah tabel-tabel di bawah ini.

Amplitudo Sinyal (volt)	0	+4	0	-4	0
-------------------------	---	----	---	----	---

Frekuensi FM (kHz)					
--------------------	--	--	--	--	--

Amplitudo Sinyal (volt)	0	+0,25	0	-0,25	0
Frekuensi FM (kHz)					

9. Berapakah indeks modulasi untuk data FM dalam ketiga tabel pada tugas nomor 8 di atas.
10. Sebutkanlah kelebihan dan kekurangan pemancar AM.

E. Evaluasi.

Petunjuk: Jawablah semua soal/pertanyaan di bawah ini dengan cara memberi tanda silang pada huruf a, b, c, atau d di depan pilihan yang disediakan. Atau dengan cara mengisi titik-titik yang tersedia.

- Gelombang pembawa untuk modulasi amplitudo dinyatakan oleh persamaan $e_{out} = 3 \cos (30000\pi t)$. Pernyataan berikut yang benar adalah:
 - frekuensi gelombang itu adalah 30000 Hz.
 - frekuensi gelombang itu adalah 15000 kHz.
 - frekuensi gelombang itu adalah 15 kHz.
 - frekuensi gelombang itu adalah 30000 kHz.
- Sebuah sinyal informasi akan dimodulasikan dengan cara AM. Gelombang sinyal dinyatakan oleh persamaan $e_s = 3 \cos (200\pi t)$, dan gelombang pembawa dinyatakan oleh persamaan $e_{out} = 4 \cos (40000\pi t)$. Berapakah besarnya faktor modulasi AM tersebut ?
 - $\frac{3}{4}$.
 - $\frac{1}{2}$.
 - $\frac{1}{200}$.
 - 200.
- Pernyataan berikut yang benar untuk modulasi amplitudo (AM) adalah:

- a. Frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.
- b. Amplitudo dan frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.
- c. Amplitudo gelombang pembawa adalah tetap sedangkan amplitudo sinyal berubah.
- d. Frekuensi gelombang pembawa tetap sedangkan amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.

4. Pernyataan berikut yang benar untuk modulasi frekuensi (FM) adalah:

- a. Amplitudo dan frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.
- b. Frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal, sedangkan amplitudo gelombang pembawa tetap.
- c. Amplitudo gelombang pembawa adalah tetap sedangkan amplitudo sinyal berubah.
- d. Frekuensi gelombang pembawa tetap sedangkan amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan amplitudo sinyal.

5. Kelebihan atau keuntungan dari hasil modulasi AM adalah

6. Kelebihan atau keuntungan dari hasil modulasi FM adalah

7. Kekurangan atau kerugian dari hasil modulasi AM adalah

8. Kekurangan atau kerugian dari hasil modulasi FM adalah

9. Besarnya faktor modulasi dinyatakan oleh persamaan

10. Besarnya indeks modulasi dinyatakan oleh persamaan

Buku Sumber

1. Norman Lurch, Fundamental of electronics, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.
2. P. B. Zbar and S. Schildkraut, Basic Electronics (Laboratory manual for radio dan television technicians), McGraw-Hill Book Comp, Inc., New York.