

ANALISIS DAN SIMULASI SPEKTRUM SINYAL AM DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB

Khairunnisa

Politeknik Negeri Banjarmasin
e-mail: khairunnisa@poliban.ac.id

ABSTRACT

Amplitude modulation (AM) is merging process of carrier signal with information signal in which the carrier amplitude transmitted is changed following the information signal amplitude. One way to understand the mechanism of the AM signal is understanding the physical characteristics of the AM signal. This is not an easy way because the AM signal involve complex mathematical equations. The software used is the Matlab GUI. The analysis is done by first determining the mathematical equation of AM signal and the component of signal parameters, namely amplitude and frequency. Next, create a design template figure, set the properties of each UIControl component, making the program listing and then analyzed by entering the parameter values of different signal amplitude to produce variation modulation index value (m_A), there are 0.25, 0.5, 1 and 1.5. Information frequencies used are 250 Hz and 500 Hz, and the carrier frequencies are 1.5 kHz and 400 Hz. The results of the analysis show that the limits of the ideal modulation index value (m_A) is: $0 \leq m_A \leq 1$ with the frequency of the carrier signal should be higher than the information signal.

Keywords: Amplitude Modulation, Matlab, Signal Spectrum

ABSTRAK

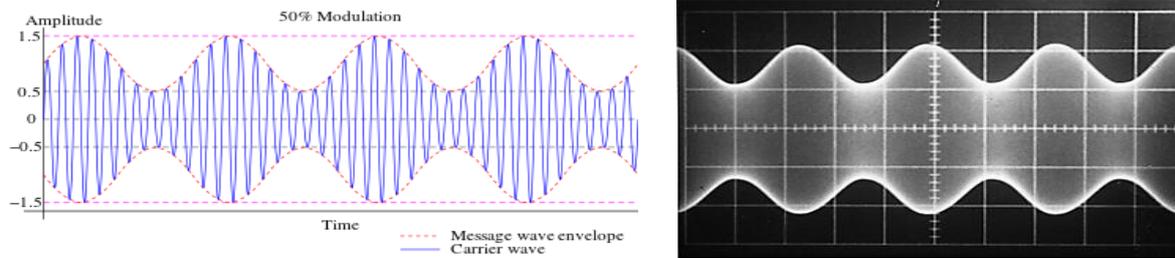
Modulasi amplitudo (Amplitude Modulation / AM) adalah proses penumpangan sinyal pembawa terhadap sinyal informasi dimana amplitudo sinyal pembawa yang dipancarkan berubah mengikuti perubahan amplitudo sinyal informasi. Salah satu cara memahami mekanisme sinyal AM adalah dengan memahami karakteristik fisik sinyal AM. Ini adalah hal yang tidak mudah karena sinyal AM melibatkan persamaan matematika kompleks. Perangkat lunak yang digunakan adalah GUI Matlab. Analisis dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan persamaan matematis sinyal AM dan komponen parameter sinyal yaitu amplitudo dan frekuensi. Selanjutnya membuat desain template figure, mengatur properti komponen setiap UIControl, membuat listing programnya untuk kemudian dianalisis dengan memasukkan nilai parameter amplitudo sinyal yang berbeda untuk menghasilkan nilai indeks modulasi (m_A) yang bervariasi yaitu 0.25, 0.5, 1 dan 1.5. Frekuensi informasi sebesar 250 Hz dan 500 Hz, frekuensi pembawa 1,5 kHz dan 400 Hz. Hasil analisis menunjukkan bahwa batas-batas nilai indeks modulasi (m_A) yang ideal adalah : $0 \leq m_A \leq 1$ dengan frekuensi sinyal pembawa harus lebih tinggi daripada sinyal informasi.

Kata Kunci: Matlab, Modulasi Amplitudo, Spektrum Sinyal

I PENDAHULUAN

Keperluan akan modulasi mula-mula timbul dalam transmisi radio dari sinyal-sinyal berfrekuensi rendah (misalnya frekuensi audio). Untuk radiasi yang efisien, besar orde dimensi-dimensi antena (ukuran antena) kira-kira harus sama besar dengan orde panjang gelombang (wave-length) dari sinyal yang dipancarkan[3][5].

Kebanyakan sinyal-sinyal informasi berfrekuensi rendah mempunyai frekuensi dalam orde 1 kHz. Karena gelombang-gelombang elektromagnetis bergerak dalam ruang angkasa sehingga cepat rambat gelombang sama dengan cepat rambat cahaya yaitu 3.108 m/s, maka panjang gelombang (λ) sinyal yang ditransmisikan adalah sekitar 300 km. Jelas tidak mungkin untuk membuat antena dengan ukuran ini. Masalah ini diatasi dengan menggunakan sinyal frekuensi-rendah tersebut untuk memodulasi sebuah sinyal frekuensi-tinggi yang dinamakan gelombang pembawa (carrier wave), yang kemudian dipancarkan[3][5].



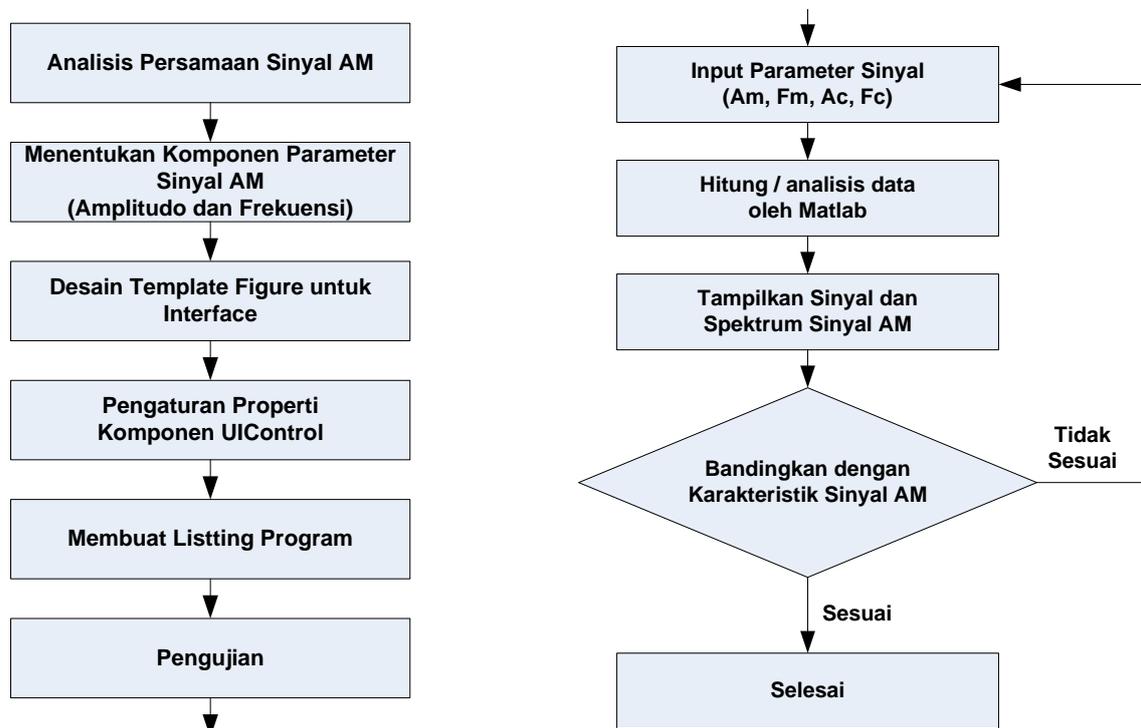
Gambar 1. Karakteristik Sinyal AM

Pemahaman tentang sinyal memerlukan gambaran grafis untuk memahaminya karena sinyal itu sendiri tidak bisa ditangkap oleh panca indra manusia secara fisik. Salah satu cara memahami mekanisme sinyal AM adalah dengan memahami karakteristik fisik sinyal AM. Memahami karakteristik sinyal adalah hal yang tidak gampang, hal ini dikarenakan sinyal AM melibatkan persamaan matematika kompleks.

Karakteristik sinyal AM yang dihasilkan dapat kita gambarkan secara manual dengan mengikuti prosedur penggambaran sketsa grafik yang sudah kita dapatkan dalam pelajaran matematika umum. Tetapi untuk gelombang yang merupakan bentuk penggambaran fungsi kompleks, tentu kita akan mengalami kesulitan dalam sketsanya. Walaupun dengan keuletan yang tinggi, tetap saja akan memakan waktu yang lama. Untuk itu perlu adanya semacam bahasa pemrograman yang mudah dipahami untuk membantu kita dalam menggambar bentuk gelombang yang kita inginkan, salah satu perangkat lunak yang mendukung adalah Matlab.

II METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flow chart metodologi penelitian yang dilakukan

Analisis dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan persamaan matematis sinyal AM dan komponen parameter sinyal yaitu amplitudo dan frekuensi. Selanjutnya membuat desain template figure, mengatur properti komponen setiap UIControl, membuat listing programnya untuk kemudian dianalisis

dengan memasukkan nilai parameter amplitudo sinyal yang berbeda untuk menghasilkan nilai indeks modulasi (mA) yang bervariasi.

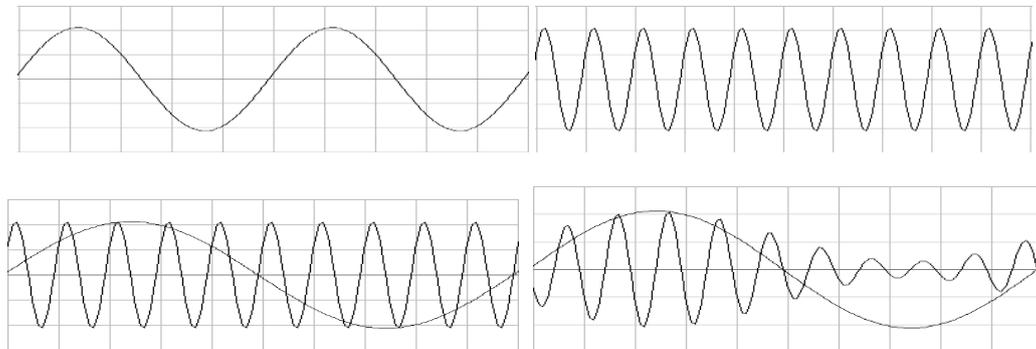
Uji yang dilakukan adalah menjalankan program MATLAB yang sudah dibuat ke dalam sistem, data parameter sinyal diolah untuk membuktikan teori yang dipelajari. hingga dapat menampilkan grafik sinyal. Grafik yang dihasilkan akan dianalisis untuk menentukan nilai parameter yang sesuai dengan karakteristik yang diinginkan.

III LITERATUR PUSTAKA

A. Modulasi Amplitudo (Amplitude Modulation / AM)

Modulasi amplitudo adalah proses penumpangan sinyal carrier terhadap sinyal informasi dimana amplitudo sinyal carrier berubah sesuai dengan amplitudo sinyal informasi yang dikirimkan[2][3][5][6].

Secara fisis, AM ditunjukkan dalam gambar 3.6 sampai 3.9. Gelombang pembawa yang belum dimodulasi mempunyai harga amplitudo maksimum yang tetap dan frekuensi yang lebih tinggi daripada sinyal pemodulasi (sinyal informasi), tetapi bila sinyal informasi telah diselipkan, maka harga amplitudo maksimum dari gelombang pembawa akan berubah-ubah sesuai dengan harga-harga sesaat dari sinyal pemodulasi tersebut, dan bentuk gelombang luar atau sampul dari harga-harga amplitudo gelombang yang telah dimodulasi tersebut sama bentuknya dengan gelombang sinyal informasi yang asli [2][3][5][6].



Gambar 3. (atas kiri) sinyal informasi, (atas kanan) sinyal carrier, (bawah kiri) penumpangan sinyal carrier dan sinyal informasi, (bawah kanan) sinyal termodulasi amplitudo

B. Perhitungan Matematis Sinyal AM

Gelombang pembawa selalu berbentuk sinusoida, dan dapat dinyatakan dengan persamaan[3][5]:

$$x_c(t) = A_c \sin(\omega_c t + \theta) \tag{1}$$

- $x_c(t)$ = gelombang pembawa (carrier)
- A_c = amplitudo gelombang carrier
- ω_c = $2\pi f_c$
- f_c = frekuensi gelombang carrier

Sinyal informasi secara matematis direpresentasikan sebagai[3][5]:

$$x_M(t) = A_M \sin \omega_M t \tag{2}$$

- A_M = sinyal informasi
- $E_{M \text{ maks}}$ = amplitudo sinyal informasi
- ω_M = $2\pi f_M$
- f_M = frekuensi sinyal informasi

Bila suatu sinyal carrier dimodulasi amplitudo, maka amplitudo bentuk gelombang tegangan pembawa dibuat berubah sebanding dengan tegangan sinyal informasi yang memodulasi, sehingga[3][5]:

$$x_C(t) = (A_C + x_M(t)) \sin \omega_C t \tag{3}$$

Persamaan (3), adalah persamaan sinyal termodulasi dan dapat ditulis kembali sebagai[3][5]:

$$x_{AM}(t) = (A_C + x_M(t)) \sin \omega_C t$$

$x_{env}(t)$ pada persamaan (3), adalah persamaan sinyal sampul (*envelope*)[3][5]:

$$x_{env}(t) = A_C + x_M(t)$$

Selanjutnya,

$$x_{AM}(t) = (A_C + A_M \sin \omega_M t) \sin \omega_C t$$

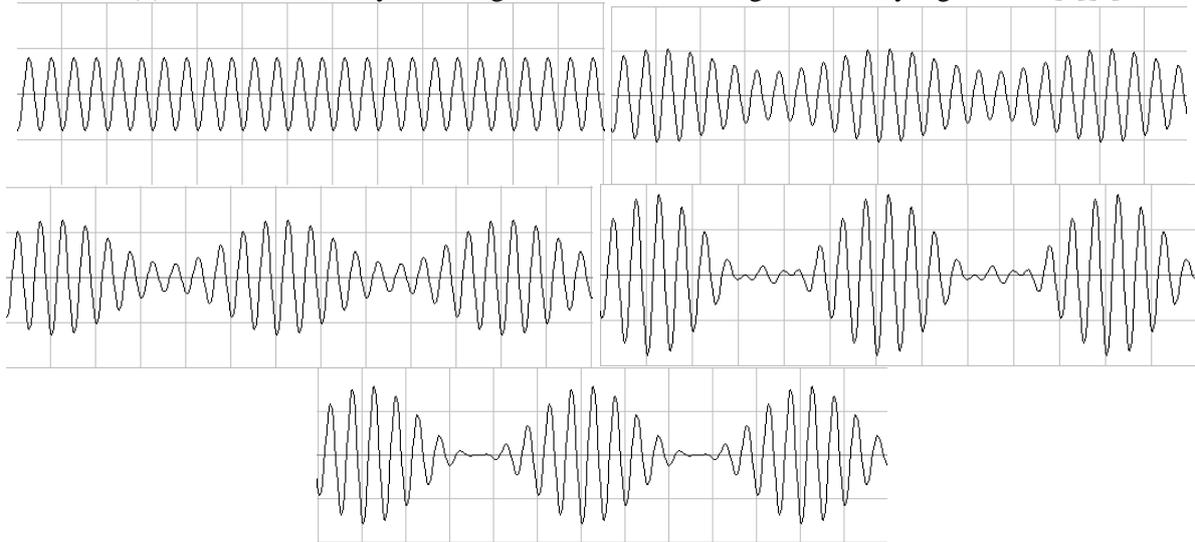
$$x_{AM}(t) = A_C \left(1 + \frac{A_M}{A_C} \sin \omega_M t\right) \sin \omega_C t \tag{4}$$

Jika indeks modulasi amplitudo didefinisikan sebagai : $m_A = \frac{A_M}{A_C}$

Persamaan (4) dapat ditulis kembali sebagai[3][5]:

$$x_{AM}(t) = A_C (1 + m_A \cdot \sin \omega_M t) \sin \omega_C t \tag{5}$$

Persamaan (5) diberikan sketsanya dalam gambar 4 untuk berbagai nilai m_A yang berbeda[3][5].



Gambar 4. Bentuk sinyal keluaran gelombang termodulasi untuk indeks modulasi :
(atas kiri) $m_A = 0$; (atas kanan) $m_A = 0,25$; (tengah kiri) $m_A = 0,5$; (tengah kanan) $m_A = 1$; (bawah) $m_A > 1$

Untuk $m_A > 1$, sinyal carrier hilang sama sekali dan puncak-puncak dalam dari selubung terpotong. Keadaan ini harus dicegah, karena akan menimbulkan cacat pada sinyal modulasi. Batas-batas nilai m_A dengan mudah dapat dinyatakan sebagai : $0 \leq m_A \leq 1$ [3][5].

Dengan menggunakan identitas trigonometri : $\sin A \sin B = \frac{1}{2} [\cos(A - B) - \cos(A + B)]$, persamaan (5), dapat terus dijabarkan[3][5]:

$$x_{AM}(t) = A_C (1 + m_A \cdot \sin \omega_M t) \sin \omega_C t$$

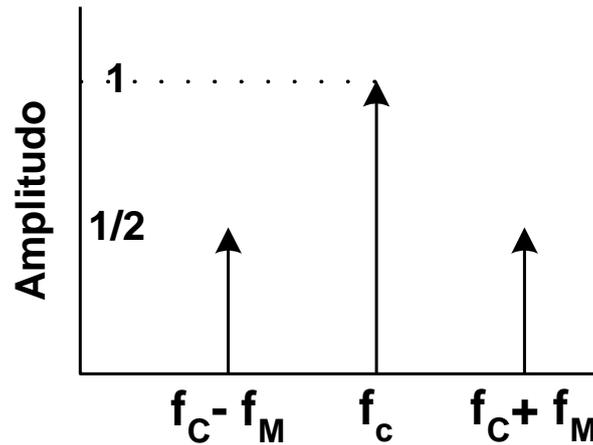
$$x_{AM}(t) = A_C (\sin \omega_C t + m_A \cdot \sin \omega_C t \cdot \sin \omega_M t)$$

$$x_{AM}(t) = A_C \left[\sin \omega_C t + \frac{m_A}{2} \cdot [\cos(\omega_C t - \sin \omega_M t) - \cos(\omega_C t + \sin \omega_M t)] \right] \tag{6}$$

Persamaan (6) dinyatakan dalam tiga komponen frekuensi[3][5]:

- 1) $\omega_C t - \omega_M t$, dengan nilai frekuensi ($f_C - f_M$), merupakan frekuensi sisi bawah (**Lower Side Band** atau **LSB**)
- 2) $\omega_C t$, dengan nilai frekuensi f_C , merupakan frekuensi sinyal carrier
- 3) $\omega_C t + \omega_M t$, dengan nilai frekuensi ($f_C + f_M$), merupakan frekuensi sisi atas (**Upper Side Band** atau **USB**)

Jika asumsi amplitudo $A_C = 1$ dan $A_M = 1$, sehingga $m_A = 1$, maka sinyal dimodulasi penuh, dan spektrum frekuensi ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Spektrum gelombang yang dimodulasi 100% (penuh)

Bentuk spektrum gelombang seperti yang diperlihatkan pada gambar 5 inilah yang dimaksud dengan **AM Double Side Band (AM-DSB)** atau sinyal pita ganda dimana pada batasan frekuensi $f_c - f_M \leq f \leq f_c + f_M$ disebut sebagai USB dan batasan frekuensi $f_c - f_M \leq f \leq f_c$ disebut sebagai LSB. Masing-masing *side band* telah berisi informasi lengkap dari sinyal informasi. Oleh sebab itu dimungkinkan untuk mentransmisikan salah satu dari *side*[3][5].

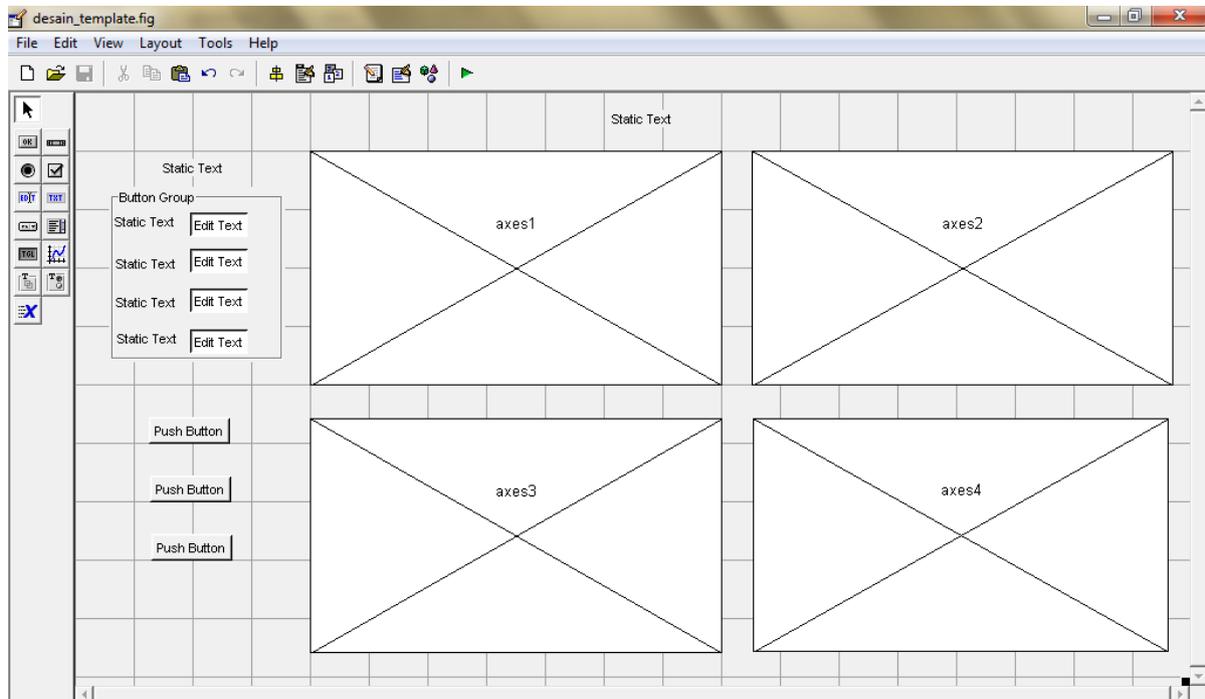
IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Template

Desain template dilakukan dengan mengatur posisi setiap komponen UIControl yang dibutuhkan pada halaman *layout editor*, yaitu *Static Text*, *Button Group*, *Edit Text*, *Push Button* dan *Axis* (Gambar 6)[1][4].

B. Mengatur Property Komponen

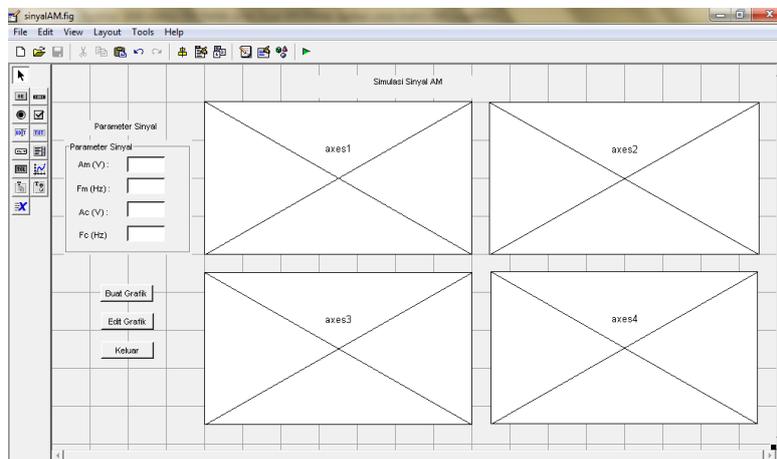
Property setiap komponen UIControl diatur pada bagian *Property Inspector* sesuai dengan tabel I. Tampilan figure seperti yang ditunjukkan pada gambar 7[1][4].



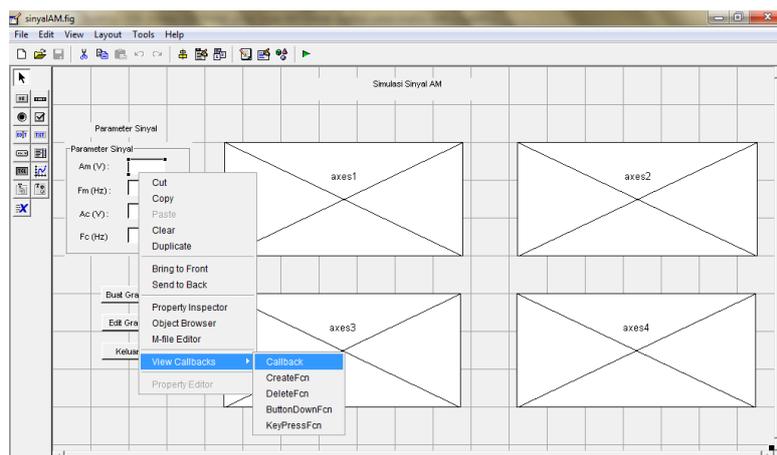
Gambar 6. Desain template

TABEL 1
PROPERTY KOMPONEN UIControl

Komponen	Tag	String/Title/Name
Static Text 1	judul	Simulasi Sinyal AM
Static Text 2	amplitudo_informasi	Amplitudo Sinyal Informasi (V) :
Static Text 3	frekuensi_informasi	Frekuensi Sinyal Informasi (Hz) :
Static Text 4	amplitudo_carrier	Amplitudo Sinyal Carrier (V) :
Static Text 5	frekuensi_carrier	Frekuensi Sinyal Carrier (Hz) :
Static Text 6	phase	Phase Sinyal Carrier (derajat) :
Button Group 1	uipanel1	Parameter Sinyal
Edit Text 1	edit1	- (kosongkan)
Edit Text 2	edit2	- (kosongkan)
Edit Text 3	edit3	- (kosongkan)
Edit Text 4	edit4	- (kosongkan)
Edit Text 5	edit5	- (kosongkan)
Push button 1	pushbutton1	Buat Grafik
Push button 2	pushbutton2	Keluar
Push button 3	pushbutton3	Edit Grafik
Axes 1	axes 1	
Axes 2	axes 2	
Axes 3	axes 3	
Axes 4	axes 4	



Gambar 7. Desain template setelah property inspector diatur



Gambar 8. Menu Callback untuk menampilkan jendela M-File tempat mengetikkan listing program yang dibuat

C. Membuat Listing Program Matlab

Listing program dibuat pada Matlab M-File yang bersesuaian dengan Matlab Figure File. Bisa juga dengan menggunakan menu *View Callback* → *Callback* pada setiap komponen UIControl (gambar 8)[1][4].

```

% Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
179
180 - Am = str2num(get(handles.edit1,'String')); %Mendambil nilai amplitudo informasi di edit1
181 - Fm = str2num(get(handles.edit2,'String')); %Mendambil nilai frekuensi informasi di edit2
182 - Ac = str2num(get(handles.edit3,'String')); %Mendambil nilai amplitudo informasi di edit3
183 - Fc = str2num(get(handles.edit4,'String')); %Mendambil nilai frekuensi informasi di edit4
184 - mA = Am/Ac;
185 - wM = 2*pi*Fm ; wC = 2*pi*Fc; %Frekuensi Sudut
186 - Tm = 1/Fm; Tc = 1/Fc; %Periode
187 - t = (-2*Tm):Tm/1000:(2*Tm); %interval waktu di grafik
188 - x = z;
189 - t = t/Tc;
190 - t = t/Tm;

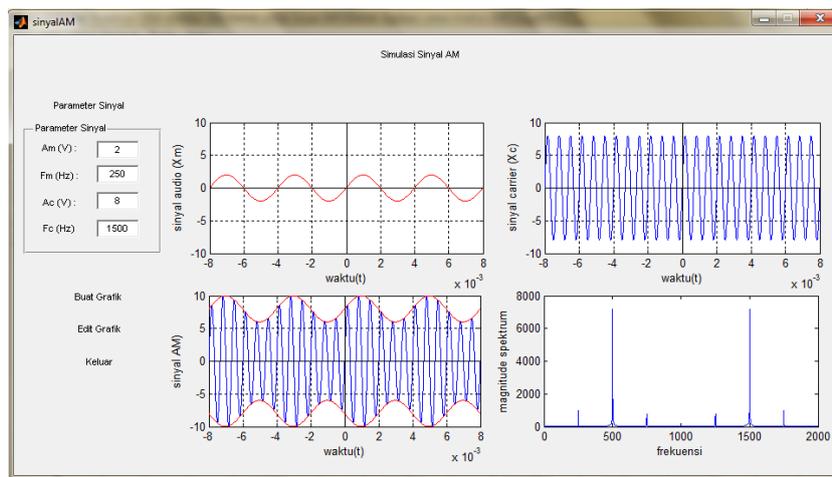
```

Gambar 9. Tampilan sebagian listing program Matlab

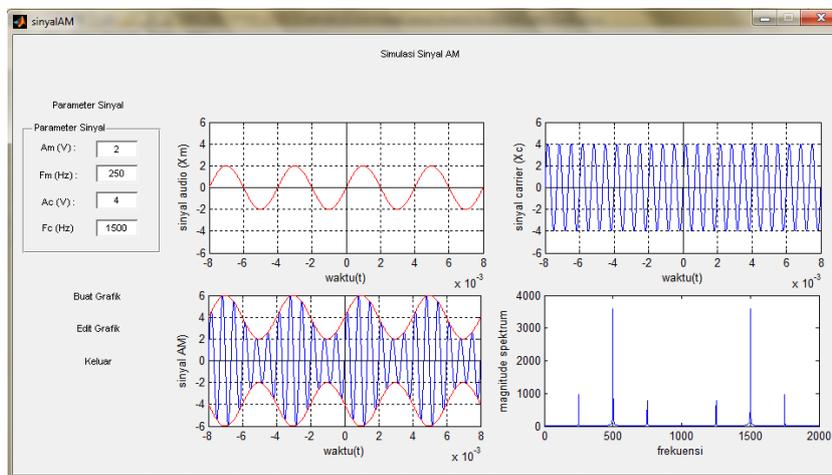
D. Pengujian

Hasil desain template figure GUI Matlab yang telah dibuat listing programnya, disimulasikan dengan memasukkan nilai parameter amplitudo sinyal yang berbeda untuk menghasilkan nilai indeks modulasi yang bervariasi untuk selanjutnya dianalisis. Frekuensi informasi sebesar 250 Hz dan 500 Hz dengan nilai frekuensi carrier 1,5 kHz. Sinyal warna merah adalah sinyal informasi yang berasal dari sumber sinyal audio, sinyal warna biru adalah sinyal carrier yang berasal dari oscillator pemancar AM.

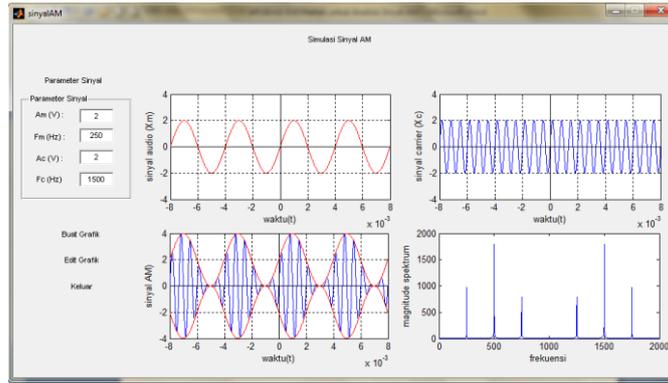
Selanjutnya dibuat program untuk simulasi spektrum frekuensi sinyal AM dimana grafik merupakan representasi amplitudo terhadap kawasan frekuensi sinyal. Persamaan spektrum dibuat dengan Transformasi Fourier.



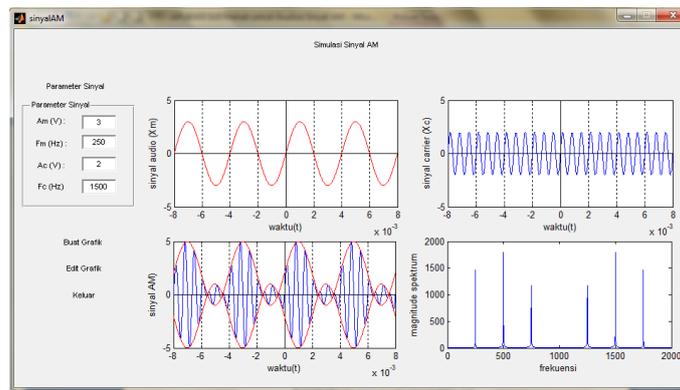
Gambar 10. Am = 2, Fm = 250 Hz, Ac = 8, Fc = 1.5 kHz, mA = 0.25 (mA ≤ 1 dan Fm < Fc)



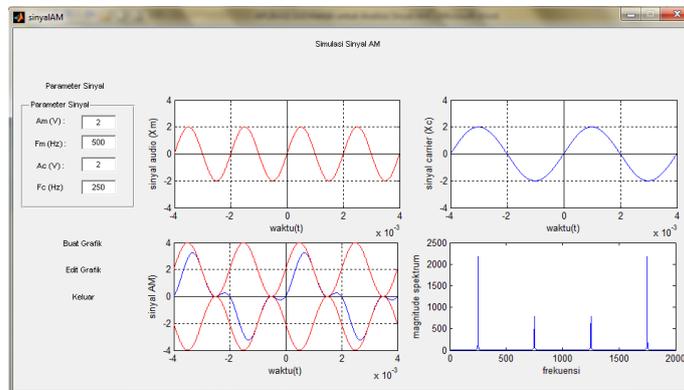
Gambar 11. Am = 2, Fm = 250 Hz, Ac = 4, Fc = 1.5 kHz, mA = 0.5 (mA ≤ 1 dan Fm < Fc)



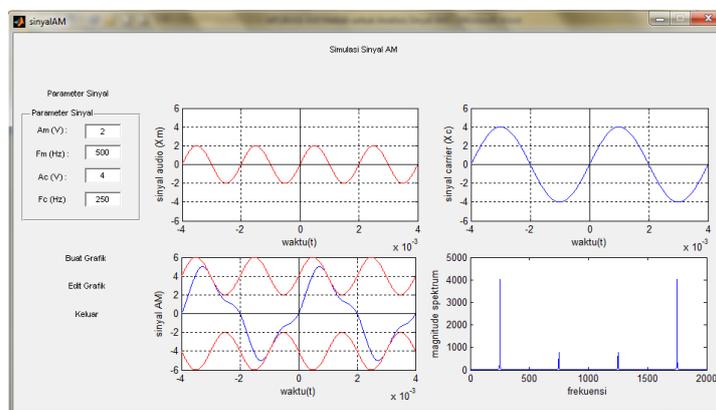
Gambar 12. $A_m = 2$, $F_m = 250$ Hz, $A_c = 2$, $F_c = 1.5$ kHz, $m_A = 1$ ($F_m < F_c$)



Gambar 13. $A_m = 3$, $F_m = 250$ Hz, $A_c = 2$, $F_c = 1.5$ kHz, $m_A = 1.5$ ($m_A > 1$)



Gambar 14. $A_m = 2$, $F_m = 500$ Hz, $A_c = 2$, $F_c = 250$ Hz, $m_A = 1$ ($m_A = 1$ dan $F_m > F_c$)



Gambar 15. $A_m = 2$, $F_m = 500$ Hz, $A_c = 4$, $F_c = 250$ Hz, $m_A = 1$ ($m_A \leq 1$ dan $F_m > F_c$)

E. Analisis Perbandingan

Analisis data untuk gambar 10 dimana $A_m = 2$, $F_m = 250$ Hz, $A_c = 8$, $F_c = 1.5$ kHz, $m_A = 0.25$, sebagai berikut:

$$x_M(t) = A_M \sin \omega_M t$$

$$x_{AM}(t) = A_C (1 + m_A \cdot \sin \omega_M t) \sin \omega_C t$$

$x_M(t)$ maksimum pada saat $\omega_M t = \frac{1}{2}\pi$, $t = 1$ ms sehingga $x_{AM}(t)$ maksimum:

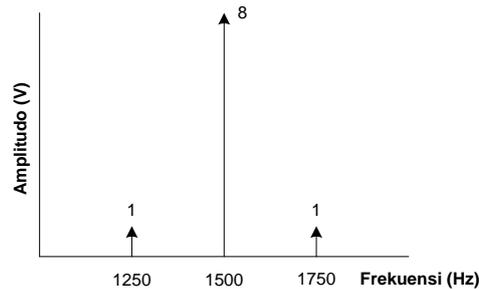
$$x_{AM}(t) = A_C (1 + 0.25) = 10V$$

Kawasan frekuensi spektrum sinyal AM:

$$F_m = 250 \text{ Hz dan } F_c = 1.5 \text{ kHz}$$

$$F_c - F_m = 1250 \text{ Hz}$$

$$F_c + F_m = 1750 \text{ Hz}$$



Gambar 16. Sketsa spektrum untuk analisis gambar 10

Pada gambar 10, magnitudo spektrum frekuensi 1500 Hz besarnya 8 kali magnitudo spektrum frekuensi 1250 Hz dan 1750 Hz.

V KESIMPULAN

1. Hasil analisis GUI Matlab yang sesuai dengan karakteristik sinyal AM ditunjukkan pada gambar 10, 11 dan 12.
2. Untuk $m_A > 1$, puncak-puncak sinyal pembawa dari sinyal selubung terpotong. Keadaan ini harus dicegah, karena akan menimbulkan cacat pada sinyal modulasi (gambar 13).
3. Batas-batas nilai m_A yang ideal adalah : $0 \leq m_A \leq 1$ (gambar 10, 11 dan 12).
4. Frekuensi sinyal pembawa harus lebih tinggi daripada sinyal informasi. Selain memang untuk memenuhi tujuan modulasi itu sendiri, yakni mengatasi dimensi antenna.
5. Apabila frekuensi sinyal pembawa lebih kecil daripada frekuensi sinyal informasi, maka karakteristik sinyal informasi yang dibawa oleh sinyal pembawa akan hilang sehingga informasi tidak akan sampai ke tujuan (gambar 14 dan 15).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anggoro Adi Sucipto dan Bambang Suprianto, 2016 . Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan *GUI Matlab pada Pokok Bahasan Modulasi Analog dan Digital Kelas XI TAV SMK Negeri 1 Sidoarjo*. Jurnal Pendidikan Teknik Elektro.Vol 5, No 2. Surabaya.

[2] Budi Setiyanto. 2010. *Dasar-dasar Telekomunikasi*. Sakti. Yogyakarta.

[3] Dennis Roddy dan John Coolen. 2005. *Komunikasi Elektronika*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

[4] Dwi Aryanta, Arsyad Ramadhan Darlis, Wirda Sri Farhani. 2014. *Simulasi Sinkronisasi Carrier Pada Modulasi Digital Menggunakan Matlab*. Jurnal Elkomika No.2 Vol. 2. Institut Teknologi Nasional Bandung.

[5] Khairunnisa. 2015. *Diktat Mata Kuliah Teknik Telekomunikasi 1*. Politeknik Negeri Banjarmasin.

[6] Putri Alit Widyastuti Santiary. 2009. *Sistem Verifikasi Modul Modulasi FM (Frekuensi Modulasi) Menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab*. Jurnal Teknologi Elektro Vol 8, No 2. Universitas Udayana.