

## SIMULASI INTERAKTIF MODULASI ASK, FSK, DAN QAM MENGUNAKAN MATLAB GUI

Joy Rae. S<sup>1</sup>, Eka Kusumawardhani<sup>2</sup>, Redi Ratiandi Yacoub<sup>3</sup>

[d1021201069@student.untan.ac.id](mailto:d1021201069@student.untan.ac.id)<sup>1</sup>, [ekawardhani@ee.untan.ac.id](mailto:ekawardhani@ee.untan.ac.id)<sup>2</sup>, [rediyacoub@ee.untan.ac.id](mailto:rediyacoub@ee.untan.ac.id)<sup>3</sup>

Universitas Tanjungpura

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi digital menuntut pemahaman yang komprehensif terhadap teknik modulasi, khususnya Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK), dan Quadrature Amplitude Modulation (QAM). Modulasi ini memiliki peranan penting dalam sistem komunikasi modern, namun pemahamannya sering kali sulit dicapai tanpa adanya media visualisasi yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan simulasi interaktif berbasis MATLAB Graphical User Interface (GUI) guna memvisualisasikan proses modulasi ASK, FSK, dan QAM secara lebih jelas, sederhana, dan aplikatif. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen berbasis simulasi dengan tahapan perancangan antarmuka, dan dilakukan pengujian menggunakan parameter Bit Error Rate (BER). Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter masukan, antara lain frekuensi pembawa, amplitudo, serta orde modulasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat menampilkan sinyal modulasi sesuai dengan teori acuan, khususnya pada teknik ASK dan FSK, sementara QAM diuji dengan variasi pemetaan simbol biner maupun Gray. Pengujian lebih lanjut dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 62 responden yang terdiri atas mahasiswa Teknik Elektro, Teknik Informatika, dan Teknik Mesin. Hasil tanggapan menunjukkan 80% responden telah memahami konsep modulasi digital, sedangkan 20% lainnya memperoleh pemahaman baru setelah menggunakan aplikasi. Penilaian dominan berada pada kategori “sangat setuju” dan “setuju”, yang menegaskan efektivitas aplikasi sebagai media pembelajaran interaktif. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa simulasi interaktif berbasis MATLAB GUI ini terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep dasar modulasi ASK, FSK, dan QAM, serta layak digunakan sebagai media pendukung praktikum maupun referensi untuk penelitian lanjutan dalam bidang komunikasi digital.

**Kata Kunci:** Simulasi Interaktif, MATLAB GUI, ASK, FSK, QAM, Modulasi Digital.

### PENDAHULUAN

Dalam era komunikasi digital yang terus berkembang, pemahaman mendalam tentang teknik modulasi menjadi semakin penting. Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK), dan Quadrature Amplitude Modulation (QAM), merupakan skema modulasi digital yang memiliki peran krusial dalam sistem komunikasi modern. Meskipun demikian, konsep-konsep ini seringkali sulit dipahami tanpa visualisasi yang memadai, terutama bagi mahasiswa dan praktisi pemula di bidang teknik komunikasi. Simulasi interaktif telah terbukti menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep teknis yang kompleks [1]. MATLAB, dengan kemampuan komputasi numeriknya yang kuat dan fitur Graphical User Interface (GUI), menyediakan platform ideal untuk mengembangkan alat pembelajaran interaktif [2]. GUI MATLAB memungkinkan pengguna untuk memanipulasi parameter dan mengamati efeknya secara real-time, menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan intuitif [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan simulasi interaktif berbasis GUI MATLAB untuk modulasi ASK, FSK, dan QAM. Alat ini dirancang untuk memvisualisasikan proses modulasi, memungkinkan pengguna untuk mengubah parameter kunci seperti frekuensi carrier, indeks modulasi, dan konstelasi sinyal. Dengan

pendekatan ini, pengguna dapat mengamati perubahan pada sinyal yang dimodulasi secara langsung, memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang karakteristik masing-masing skema modulasi.

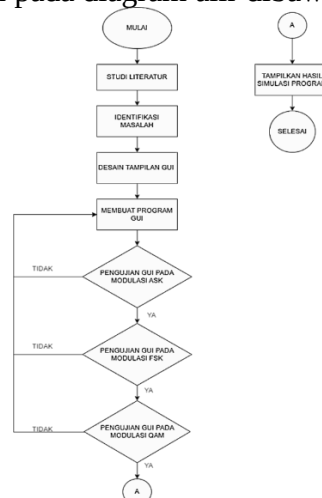
Selain visualisasi proses modulasi, simulasi ini juga akan mencakup analisis dan performa seperti Bit Error Rate (BER). Fitur ini memungkinkan perbandingan langsung antara skema modulasi yang berbeda, memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing teknik. Hal ini sangat berharga bagi peneliti dan insinyur yang bekerja dalam pengembangan sistem komunikasi nirkabel generasi berikutnya, di mana pemilihan skema modulasi yang tepat sangat penting untuk optimasi sistem.

Simulasi ini juga bertujuan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dalam pendidikan teknik komunikasi. Dengan menyediakan platform untuk eksperimen virtual, mahasiswa dapat mengeksplorasi konsep-konsep yang dipelajari di kelas dalam lingkungan yang aman dan terkontrol. Hal ini dapat meningkatkan retensi pengetahuan dan mempersiapkan mahasiswa dengan lebih baik untuk tantangan di dunia nyata dalam desain sistem komunikasi. Lebih lanjut, simulasi ini diharapkan dapat menjadi alat yang berharga bagi para peneliti dalam mengeksplorasi optimasi dan inovasi dalam teknik modulasi digital. Dengan kemampuan untuk dengan cepat menguji berbagai skenario dan parameter, peneliti dapat mengidentifikasi area-area potensial untuk peningkatan dan pengembangan lebih lanjut. Hal ini dapat mempercepat proses penelitian dan pengembangan dalam bidang komunikasi nirkabel.

Diharapkan bahwa simulasi ini tidak hanya akan meningkatkan pemahaman tentang FSK, QAM, dan ASK, tetapi juga akan menginspirasi pengembangan alat serupa untuk konsep-konsep lain dalam komunikasi digital, menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih kaya dan interaktif di bidang ini.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen berbasis simulasi. Peneliti akan merancang dan mengembangkan sebuah GUI menggunakan MATLAB untuk mensimulasikan teknik modulasi digital seperti ASK, FSK, dan QAM. Langkah-langkah yang diambil meliputi desain interface, pengkodean algoritma modulasi, dan pengujian performa melalui simulasi Bit Error Rate (BER). Pada penelitian ini, penulis merancang alur penelitian yang ditampilkan pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

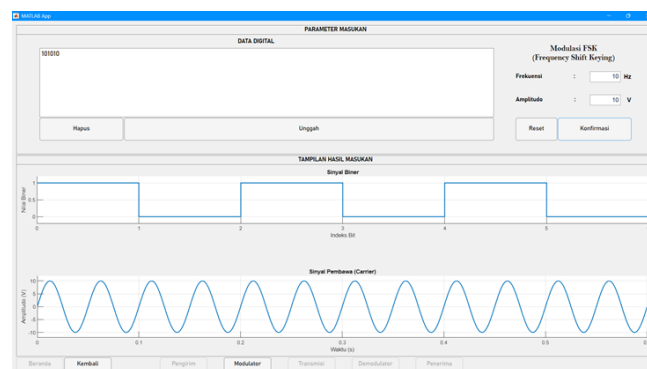
Berdasarkan Gambar 1. diagram alir yang menggambarkan tahapan-tahapan dalam pengembangan sebuah program GUI (Graphical User Interface) yang digunakan untuk

pengujian modulasi sinyal. Proses dimulai dengan studi literatur, di mana peneliti mengkaji berbagai sumber untuk memahami dasar-dasar teori dan metode yang relevan dengan penelitian. Setelah itu, dilakukan identifikasi masalah untuk menentukan isu atau tantangan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Tahap selanjutnya adalah desain tampilan GUI, di mana peneliti merancang antarmuka pengguna yang akan digunakan dalam pengujian. Setelah desain selesai, peneliti kemudian membuat program GUI sesuai dengan desain yang telah ditentukan.

Setelah program GUI selesai dibuat, dilakukan pengujian GUI pada modulasi ASK. Jika pengujian berhasil (YA), maka proses berlanjut ke pengujian GUI pada modulasi FSK. Jika pengujian pada modulasi QAM juga berhasil, maka dilanjutkan dengan pengujian GUI pada modulasi QAM. Jika semua pengujian berhasil, diagram alir menunjukkan langkah selanjutnya menuju tampilan hasil simulasi program dan diakhiri dengan proses selesai. Jika pada salah satu pengujian terjadi kegagalan (TIDAK), maka proses akan kembali untuk memperbaiki atau menguji ulang program GUI hingga semua modulasi berhasil diuji dengan baik. Diagram ini memberikan panduan yang jelas dan sistematis dalam pengembangan dan pengujian program GUI untuk berbagai jenis modulasi sinyal.

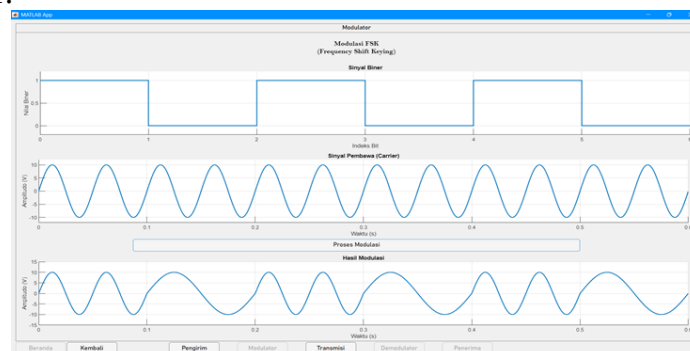
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Tampilan



Gambar 2. Tampilan GUI FSK

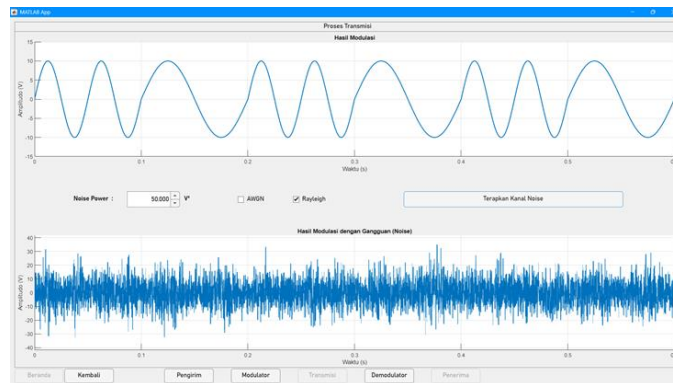
Berdasarkan Gambar 2 merupakan tampilan Pengirim pada modulasi digital FSK yang akan disimulasikan. Tampilan ini menampilkan pilihan menu untuk mengatur parameter masukan yang digunakan dalam proses modulasi, seperti frekuensi dan amplitudo sinyal pembawa. Pada bagian atas, pengguna dapat memasukkan data digital secara langsung melalui kolom teks, menghapus data, atau mengunggah angka sebagai sumber data biner.



Gambar 3. Tampilan GUI Halaman Modulator FSK

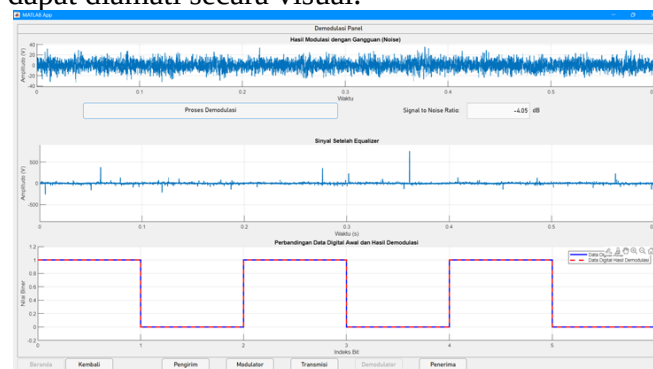
Berdasarkan Gambar 3 merupakan tampilan GUI pada halaman Modulator FSK. Tampilan pada modulasi FSK menyajikan grafik sinyal biner, sinyal pembawa, tombol

untuk memproses modulasi, serta hasil visualisasi sinyal termodulasi sesuai metode yang dipilih.



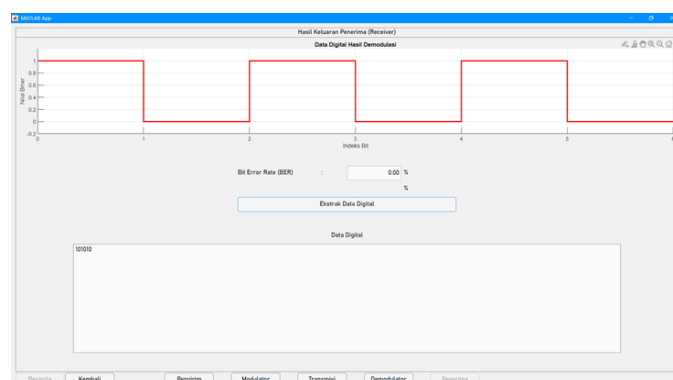
Gambar 4. Tampilan GUI Halaman Transmisi FSK

Berdasarkan Gambar 4 merupakan tampilan GUI pada halaman Transisi FSK. Pada tampilan ini pengguna dapat mengatur tingkat noise melalui spinner, memilih jenis kanal (AWGN atau Rayleigh), lalu menambahkan gangguan tersebut pada sinyal termodulasi. Hasil proses ditampilkan dalam grafik yang memperlihatkan bentuk sinyal sebelum dan sesudah gangguan, sehingga perubahan amplitudo, frekuensi, maupun pola sinyal akibat kondisi kanal yang dapat diamati secara visual.

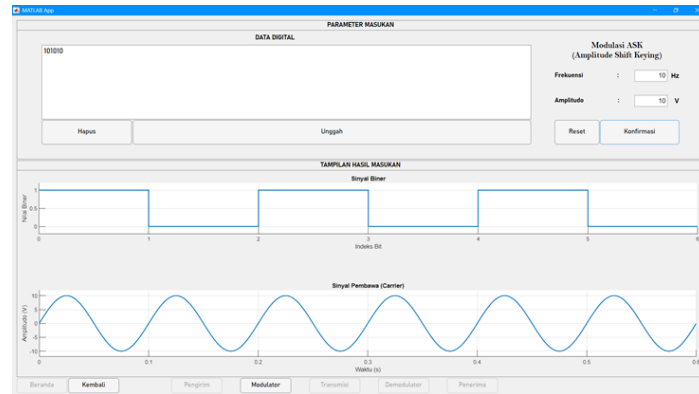


Gambar 5. Tampilan GUI Halaman Demodulator FSK

Berdasarkan Gambar 5. merupakan tampilan GUI pada halaman Demodulator FSK. Pada tampilan modulasi FSK, menampilkan sinyal termodulasi yang telah mengalami gangguan, tombol proses demodulasi, serta grafik hasil equalizer dan sinyal biner hasil demodulasi.

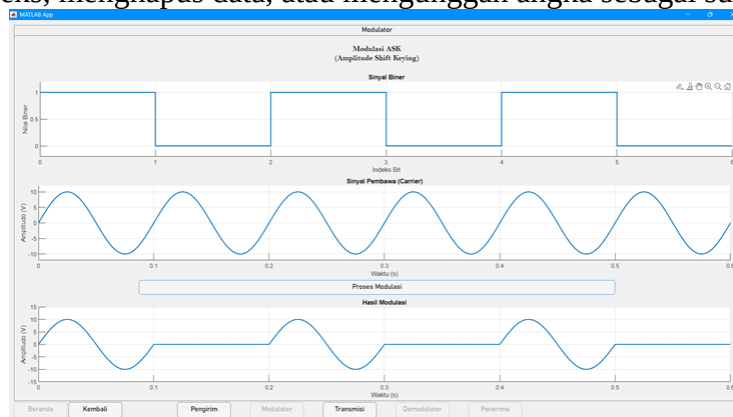


Gambar 6. Tampilan GUI Halaman Penerima FSK



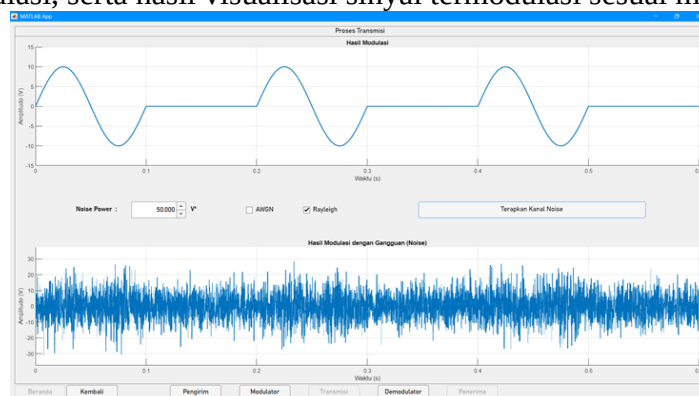
Gambar 7. Tampilan GUI ASK

Berdasarkan Gambar 7 tampilan Pengirim pada modulasi digital ASK yang akan disimulasikan. Tampilan ini menampilkan pilihan menu untuk mengatur parameter masukan yang digunakan dalam proses modulasi, seperti frekuensi dan amplitudo sinyal pembawa. Pada bagian atas, pengguna dapat memasukkan data digital secara langsung melalui kolom teks, menghapus data, atau mengunggah angka sebagai sumber data biner.



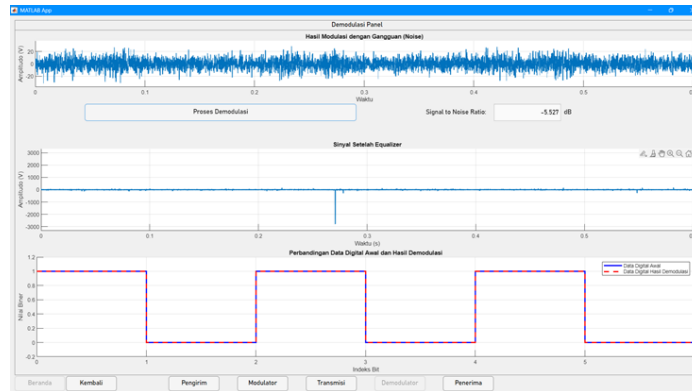
Gambar 8. Tampilan GUI Halaman Modulator ASK

Berdasarkan Gambar 8 Tampilan GUI pada halaman Modulator ASK. Tampilan pada modulasi ASK menyajikan grafik sinyal biner, sinyal pembawa, tombol untuk memproses modulasi, serta hasil visualisasi sinyal termodulasi sesuai metode yang dipilih.



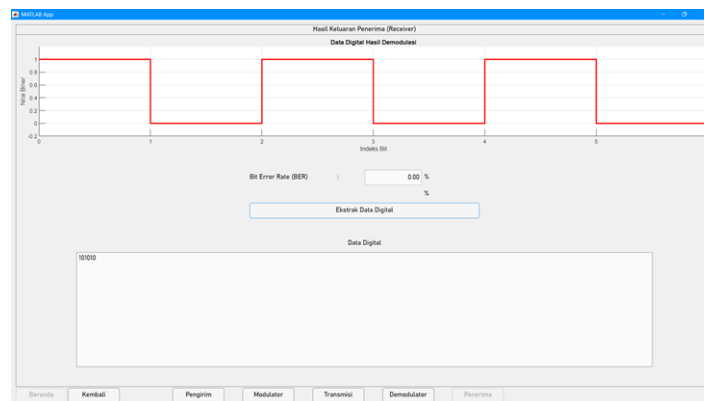
Gambar 9. Tampilan GUI Halaman Transmisi ASK

Berdasarkan Gambar 9 merupakan tampilan GUI pada halaman Transisi ASK. Pada tampilan ini pengguna dapat mengatur tingkat noise melalui spinner, memilih jenis kanal (AWGN atau Rayleigh), lalu menambahkan gangguan tersebut pada sinyal termodulasi. Hasil proses ditampilkan dalam grafik yang memperlihatkan bentuk sinyal sebelum dan sesudah gangguan, sehingga perubahan amplitudo, frekuensi, maupun pola sinyal akibat kondisi kanal yang dapat diamati secara visual.



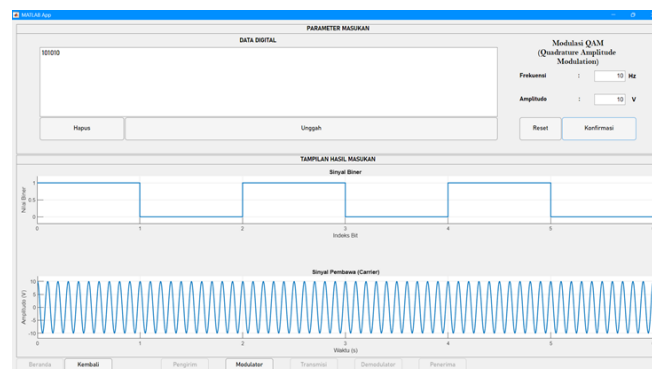
Gambar 10. Tampilan GUI Halaman Demodulator ASK

Berdasarkan Gambar 10 merupakan tampilan GUI pada halaman Demodulator ASK. Pada tampilan modulasi ASK, menampilkan sinyal termodulasi yang telah mengalami gangguan, tombol proses demodulasi, serta grafik hasil equalizer dan sinyal biner hasil demodulasi.



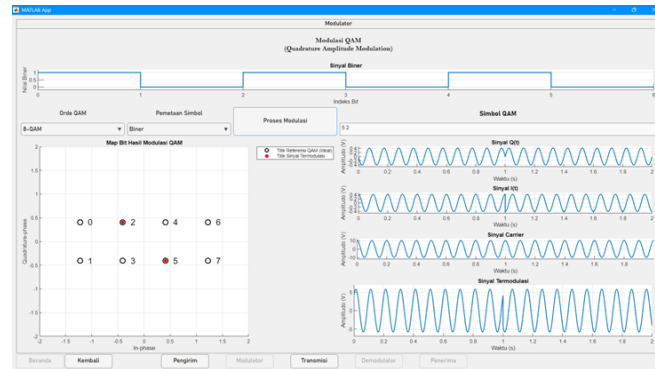
Gambar 11. Tampilan GUI Halaman Penerima ASK

Berdasarkan Gambar 11 merupakan tampilan GUI pada Halaman Penerima ASK. Pada tampilan modulasi FSK menyajikan grafik sinyal hasil demodulasi, data biner yang diperoleh dari proses ekstraksi, serta nilai Bit Error Rate (BER) sebagai indikator kinerja komunikasi



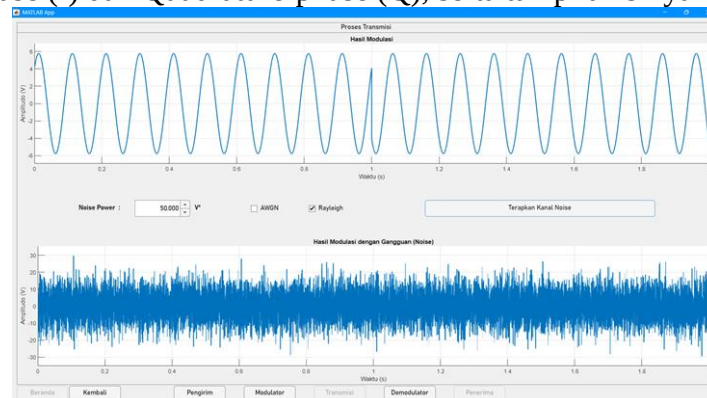
Gambar 12. Tampilan GUI QAM

Berdasarkan Gambar 12 tampilan Pengirim pada modulasi digital QAM yang akan disimulasikan. Tampilan ini menampilkan pilihan menu untuk mengatur parameter masukan yang digunakan dalam proses modulasi, seperti frekuensi dan amplitudo sinyal pembawa. Pada bagian atas, pengguna dapat memasukkan data digital secara langsung melalui kolom teks, menghapus data, atau mengunggah angka sebagai sumber data biner.



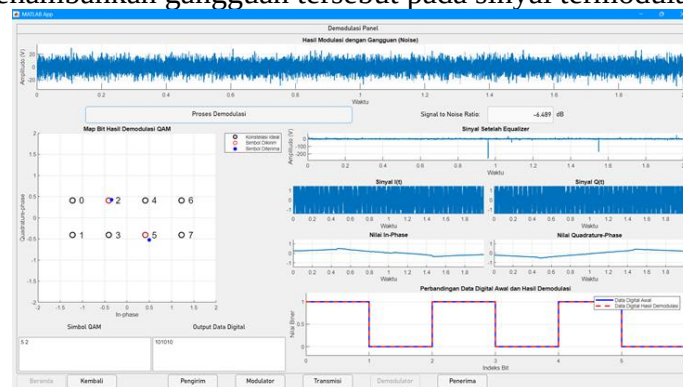
Gambar 13. Tampilan GUI Halaman Modulator QAM

Berdasarkan Gambar 13 tampilan halaman Modulator QAM yang akan disimulasikan. Pada modulasi QAM, antarmuka dilengkapi dengan fitur tambahan seperti pilihan orde modulasi QAM, opsi pemetaan simbol (biner atau gray), informasi hasil pemetaan bit ke simbol dalam bentuk desimal, simbol hasil mapping QAM, grafik sinyal komponen In-phase (I) dan Quadrature-phase (Q), serta tampilan sinyal termodulasi.



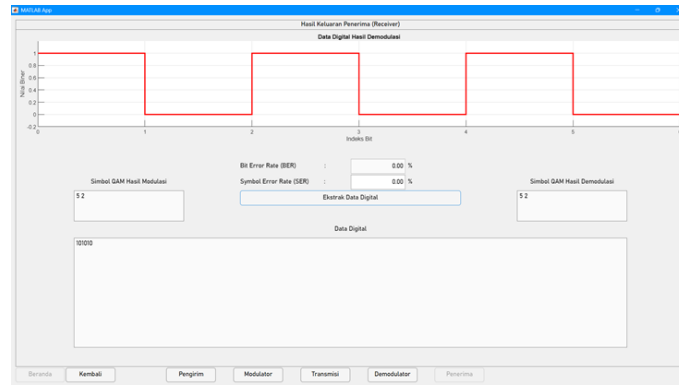
Gambar 14 Tampilan GUI Halaman Transmisi QAM

Berdasarkan Gambar 14 tampilan GUI pada Transmisi QAM. Pada bagian ini, pengguna dapat mengatur tingkat noise melalui spinner, memilih jenis kanal (AWGN atau Rayleigh), lalu menambahkan gangguan tersebut pada sinyal termodulasi.



Gambar 15 Tampilan GUI Halaman Demodulator QAM

Berdasarkan Gambar 15 tampilan GUI halaman Demodulator QAM. Pada modulasi QAM, antarmuka mencakup proses yang lebih kompleks, seperti equalizer sinyal In-phase (I) dan Quadrature-phase (Q), konversi simbol hasil demodulasi menjadi bit biner, dan pengembalian bit tersebut ke bentuk data biner awal. Selain itu, ditampilkan pula grafik estimasi sinyal I dan Q, diagram titik konstelasi, serta nilai estimasi Signal-to-Noise Ratio (SNR) hasil proses demodulasi.



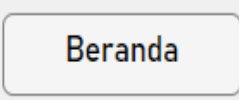
Gambar 16 Tampilan GUI Halaman Penerima QAM

Berdasarkan Gambar 16 tampilan GUI pada halaman Penerima QAM. Pada modulasi QAM, antarmuka dilengkapi dengan elemen tambahan seperti simbol hasil demodulasi, simbol awal setelah modulasi, perbandingan simbol melalui Symbol Error Rate (SER), grafik bit hasil ekstraksi, serta tombol untuk menyimpan data ke file teks

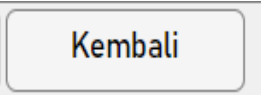
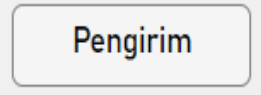
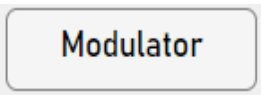
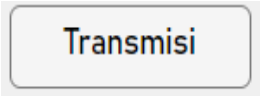
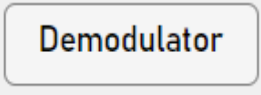
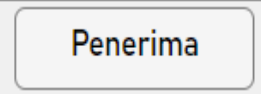
### Hasil Tombol

Hasil tombol merupakan hasil dari interaksi pengguna dengan elemen kontrol utama seperti button, switch, dan menu interaktif yang berfungsi untuk mengeksekusi perintah tertentu pada aplikasi. Tombol dalam GUI merupakan titik interaksi utama yang harus diuji baik secara fungsional maupun aksesibilitas, karena kualitas tombol sangat menentukan reliabilitas aplikasi[28]. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, setiap tombol memiliki fungsi sesuai dengan perintah yang diharapkan. Adapun hasil pengujian fungsi tombol dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Tampilan Tombol

| No | Gambar Tombol                                                                       | Keterangan | Fungsi                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |  | Hapus      | Untuk Menghapus Input Data Digital Pada Bagian Pengirim                                                                |
| 2  |  | Unggah     | Untuk Mengunggah File Data Gambar Pada Bagian Pengirim                                                                 |
| 3  |  | Reset      | Untuk Mereset Seluruh Input Data Digital, Parameter Tombol Frekuensi dan Amplitudo serta Tampilan Hasil Sinyal Masukan |
| 4  |  | Konfirmasi | Untuk Mereset Seluruh Input Data Digital, Parameter Tombol Frekuensi dan Amplitudo serta Tampilan Hasil Sinyal Masukan |
| 5  |  | Beranda    | Untuk Menampilkan Tampilan Awal Pada Simulasi                                                                          |

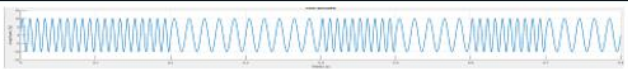
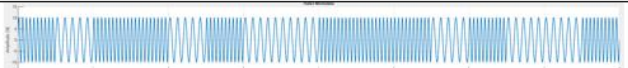
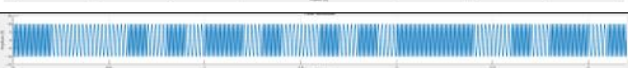
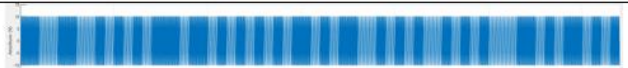


| No | Gambar Tombol                                                                       | Keterangan                  | Fungsi                                                              |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 6  |    | Kembali                     | Untuk Kembali ke Halaman Sebelumnya Pada Simulasi                   |
| 7  |    | Pengirim                    | Untuk Menampilkan Tampilan Halaman Bagian Pengirim Pada Simulasi    |
| 8  |    | Modulator                   | Untuk Menampilkan Tampilan Halaman Bagian Modulator Pada Simulasi   |
| 9  |    | Tombol Transmisi            | Untuk Menampilkan Tampilan Halaman Bagian Transmisi Pada Simulasi   |
| 10 |    | Tombol terapan kanal Noise  | Untuk Menerapkan Kanal AWGN Atau <i>Rayleigh</i> Pada Simulasi      |
| 11 |   | Tombol Demodulator          | Untuk Menampillam Tampilan Halaman Bagian Demodulator Pada Simulasi |
| 12 |  | Tombol Penerima             | Untuk Menampillam Tampilan Halaman Bagian Penerima Pada Simulasi    |
| 13 |  | Tombol Ekstrak Data Digital | Untuk Mengekstrak Kembali Data Digital Hasil Dari Proses Demodulasi |

#### Hasil Simulasi Pengujian Evektifitas Visualisasi Hasil Modulasi

Hasil simulasi pengujian ini akan menilai seberapa baik GUI mampu memvisualisasikan gambar sinyal modulasi data digital. Hasil modulasi ASK, FSK, dan QAM akan dianalisis untuk melihat apakah GUI memberikan representasi visual yang jelas dan mudah dipahami oleh mahasiswa. Hasilnya akan disajikan dalam bentuk tabel yang mencakup aspek-aspek seperti panjang data dan gambar sinyal. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh keluaran sinyal dengan panjang data berbeda, mulai dari 8 bit hingga 128 bit. Adapun hasil pengujian efektivitas visualisasi ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2 Simulasi Pengujian Ewektifitas Visualisasi Hasil Modulasi

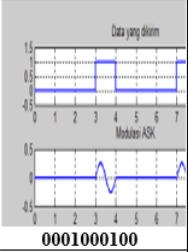
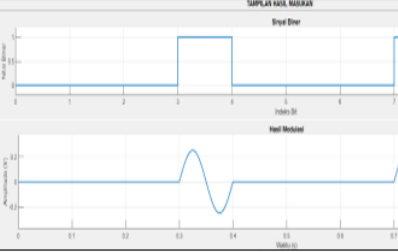
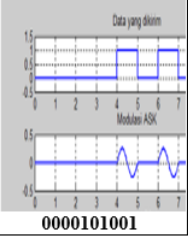
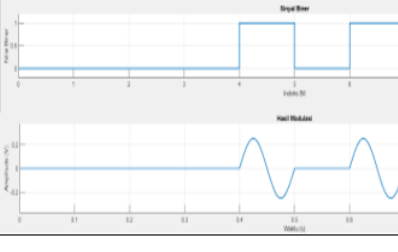
| No | Panjang Data (bit) | Gambar Sinyal                                                                      | Keterangan                  |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1  | 8                  |  | Terlihat Dengan Sangat Baik |
| 2  | 16                 |  | Terlihat Dengan Sangat Baik |
| 3  | 32                 |  | Terlihat Dengan Baik        |
| 4  | 64                 |  | Sulit Terlihat              |
| 5  | 128                |  | Sangat Sulit Terlihat       |
| 6  | 256                |  | Tidak Ideal                 |

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa pada panjang data 8 hingga 16 bit, sinyal modulasi dapat divisualisasikan dengan sangat baik. Hal ini karena jumlah bit yang relatif kecil masih memungkinkan gelombang terbaca jelas, dengan jarak antar-simbol yang cukup lebar sehingga pola ASK, FSK, maupun QAM mudah diamati.

#### Hasil Pengujian Perbandingan Sinyal Modulasi Acuan Dengan Visualisasi Aplikasi

Hasil perbandingan untuk ASK dan FSK disusun dalam bentuk tabel yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara sinyal hasil simulasi dengan sinyal acuan yang diberi parameter input frekuensi dan amplitudo sebagai data sesuai dengan data acuan yang dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

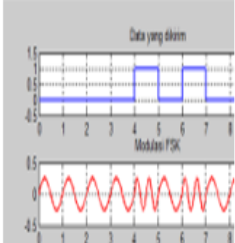
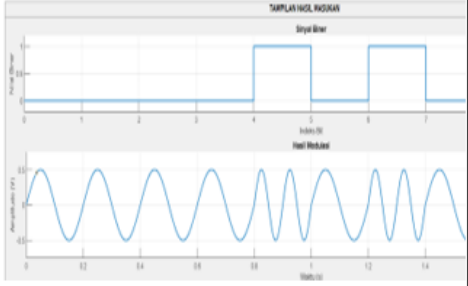
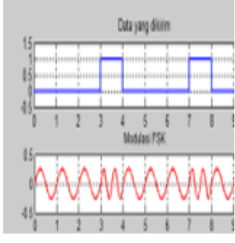
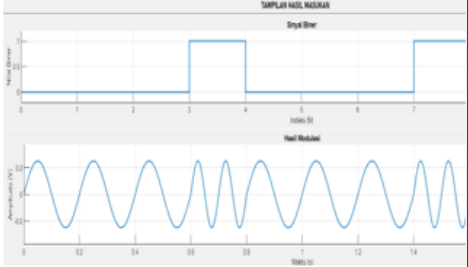
Tabel 3 Hasil Pengujian Perbandingan Sinyal Modulasi ASK Acuan Dengan Visualisai Aplikasi

| No  | Acuan                                                                                                 | Simulasi                                                                             | Keterangan |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ASK |                                                                                                       |                                                                                      |            |
| 1   |  <p>0001000100</p> |  | Sesuai     |
| 2   |  <p>0000101001</p> |  | Sesuai     |

Pada hasil pengujian untuk Amplitude Shift Keying (ASK), sinyal yang dihasilkan oleh aplikasi menunjukkan bentuk gelombang yang sangat mendekati sinyal acuan. Pada gambar sinyal acuan 1 menggunakan input data digital dengan nilai biner “0001000100” dengan tambahan parameter input frekuensi 1 Hz dan Amplitudo 0,25 V seperti

perubahan amplitudo sesuai dengan ekspektasi dan urutan bit direpresentasikan secara konsisten. Pada gambar sinyal acuan 2 juga menggunakan input data digital dengan nilai biner “0000101001” dengan tambahan parameter input frekuensi 1 Hz dan Amplitudo 0,25 V seperti perubahan amplitudo sesuai dengan ekspektasi dan urutan bit direpresentasikan secara konsisten.

Tabel 4. Hasil Pengujian Perbandingan Sinyal Modulasi FSK Acuan Dengan Visualisai Aplikasi

| No | Acuan                                                                                                                                                     | Simulasi                                                                                                                                                           | Keterangan |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|    | FSK                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |            |
| 1  | <div><p>Data yang dikirim</p><p>Modulasi FSK</p><p>0000101001</p></div>  | <div><p>TAMPAK HASIL MODULASI</p><p>Sinyal Biner</p><p>Hasil Modulasi</p></div>  | Sesuai     |
| 2  | <div><p>Data yang dikirim</p><p>Modulasi FSK</p><p>0001000100</p></div> | <div><p>TAMPAK HASIL MODULASI</p><p>Sinyal Biner</p><p>Hasil Modulasi</p></div> | Sesuai     |

Demikian pula, pengujian pada Frequency Shift Keying (FSK) menunjukkan hasil yang sangat baik, di mana sinyal simulasi memperlihatkan perubahan frekuensi yang jelas dan tepat waktu sesuai dengan bit input. Sama seperti ASK, penggunaan  $\text{bitrate} = \text{frekuensi}/1$  menghasilkan 10 siklus gelombang per bit, yang konsisten dengan ekspektasi bentuk gelombang teoritis.

## KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi simulasi modulasi digital yang dikembangkan berhasil merepresentasikan proses komunikasi digital menggunakan teknik ASK, FSK, dan QAM secara menyeluruh. Simulasi mencakup tahapan pengiriman data digital, modulasi sinyal, penerapan kanal noise, demodulasi, hingga pemulihan kembali data dalam bentuk bit digital.
2. Aplikasi mampu menyajikan visualisasi sinyal modulasi dan demodulasi secara interaktif serta informatif melalui grafik, konstelasi simbol, dan indikator performa seperti SNR, SER, dan BER. Proses pengolahan sinyal juga dapat disesuaikan dengan konfigurasi kanal (AWGN atau Rayleigh), amplitudo, frekuensi, dan panjang data input, sehingga pengguna memperoleh pemahaman yang menyeluruh terhadap efek dari parameter-parameter tersebut.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknik ASK dan FSK memiliki visualisasi sinyal yang cukup baik hingga panjang data 32 bit, namun mulai menurun keterbacaannya pada panjang 64 bit ke atas. Untuk modulasi QAM, hasil visualisasi optimal tercapai pada data sepanjang 8-32 bit, sedangkan pada data panjang 64-256

bit, grafik hanya ideal untuk melihat pola distribusi simbol, bukan untuk analisis detail.

4. Pengujian kesesuaian sinyal dengan bentuk referensi menunjukkan bahwa aplikasi berhasil menghasilkan sinyal yang mendekati bentuk acuan untuk ASK dan FSK. Sementara untuk QAM, pengujian ini tidak dilakukan karena tidak adanya data referensi yang konsisten terkait pemetaan simbol untuk tiap orde. Dari sisi pengguna, hasil kuesioner juga memperlihatkan penilaian positif terhadap aplikasi, baik dari aspek kemudahan penggunaan, kejelasan visualisasi, hingga efektivitas dalam membantu pemahaman konsep modulasi digital. Aplikasi ini juga dinilai bermanfaat untuk membedakan karakteristik masing-masing teknik modulasi, serta layak untuk digunakan sebagai media bantu dalam kegiatan praktikum maupun pembelajaran mandiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Appriou, L. Pillette, D. Trocellier, D. Dutartre, A. Cichocki, and F. Lotte, "BioPyC, an open-source python toolbox for offline electroencephalographic and physiological signals classification," *Sensors*, vol. 21, no. 17, 2021, doi: 10.3390/s21175740.
- A. G. Utama, A. S. Nabila, A. K. Azzahra, D. Fadlun, and A. Assaidah, "Pembuatan Graphical User Interface (GUI) Matlab Untuk Demonstrasi Metode Windowing Pada Low Pass Filter (LPF) Finite Impulse Response (FIR)," *J. Penelit. Sains*, vol. 25, no. 1, p. 34, 2023, doi: 10.56064/jps.v25i1.749.
- A. Kusmantoro, "Transformasi Sinyal Pada Sistem Kendali Menggunakan GUI dan Simulink Matlab," *J. Inform. Upgris*, vol. 1, no. 2, pp. 95–109, 2015.
- C. Moler and J. Little, "A history of MATLAB," *Proc. ACM Program. Lang.*, vol. 4, no. HOPL, 2020, doi: 10.1145/3386331.
- D. Apriandi and R. K. Setyansah, "Penerapan Media Simulasi Matlab Berbasis Interactive Conceptual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa," *AKSIOMA J. Progr. Stud. Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 2, p. 189, 2017, doi: 10.24127/ajpm.v6i2.968.
- D. W. P. Aung, "Simulation Approach with MATLAB GUI for Teaching Electronic Engineering Subjects," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-2, no. Issue-4, pp. 2720–2723, 2018, doi: 10.31142/ijtsrd15742.
- Ezenwobodo and S. Samuel, "International Journal of Research Publication and Reviews," *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 04, no. 01, pp. 1806–1812, 2022, doi: 10.55248/gengpi.2023.4149.
- H. Dibyo Laksosno, *PENGANTAR PEMROGRAMAN DENGAN MATLAB (Aplikasi Pada Matematika Rekayasa)*, vol. 1. 2017.
- J. Dujardin, "Académie universitaire Wallonie-Europe Faculté des Sciences Département de Physique Coherence and many-body effects in the transport of Bose-Einstein condensates," 2015.
- J. G. Proakis, *Digital Communications*, 5 th. McGraw-Hill, 2009.
- J. W. Simatupang, F. Syamsuri, R. Bramasto, F. Choirul Anam, and R. H. Y. Ardanta, "Analisis Perhitungan Kerugian Daya Pada Lendutan Serat Optik Dengan Simulasi Matlab," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 24, no. 1, p. 13, 2022, doi: 10.24912/tesla.v24i1.15371.
- L. Vinet and A. Zhedanov, *A "missing" family of classical orthogonal polynomials*, 2nd ed., vol. 44, no. 8. 2011. doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- N. Karjanto, "Investigating difficulties and enhancing understanding in linear algebra: Leveraging SageMath and ChatGPT for (orthogonal) diagonalization and singular value decomposition," *Math. Biosci. Eng.*, vol. 20, no. 9, pp. 16551–16595, 2023, doi: 10.3934/mbe.2023738.
- N. Nurullaeli and I. A. D. Astuti, "Media Analisis Osilator Harmonik Pada Pegas Berbasis Graphic User Interface (GUI)," *J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, p. 244, 2019, doi: 10.24127/jpf.v7i2.1806.
- P. F. Driessen, "UVic Department of Electrical and Computer Engineering COURSE OUTLINE

- ELEC 350 – Communications Theory and Systems I Fall 2008,” 2008.
- S. R. Yohanes, A. S. Lumenta, and S. RUA Sompie, “Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform),” *E-journal Tek. Elektro dan Komput.* (2014), ISSN 2301-8402, pp. 1–9, 2014.
- T. Annisa, R. R. Yacoub, and E. Kusumawardhani, “Design of Microstrip Antenna Dimensions Based on The Matlab Graphical User Interface (GUI),” *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.* (J3EIT, vol. 12, no. 2, pp. 441–452, 2024, doi: 10.26418/j3eit.v12i2.79742.
- U. Murdika and L. Hakim, “Pemrosesan Sinyal Waktu Diskrit Menggunakan Compressive Sensing Berdasarkan Algoritma Pemulihan L1,” *Electrician*, vol. 13, no. 3, 2019, doi: 10.23960/elc.v13n3.2130.
- V. Risqiyanti, H. Yasin, and R. Santoso, “Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Metode Algoritma ‘Ant Colony Optimization’ Pada GUI Matlab (Studi Kasus: PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto),” *J. Gaussian*, vol. 8, no. 2, pp. 272–284, 2019, doi: 10.14710/j.gauss.v8i2.26671.
- xiodai dong, “Communications Theory and Systems II Term,” vol. 2019, no. 201905, pp. 1–3, 2019, [Online]. Available: <https://web.uvic.ca/calendar2019-05/undergrad/info/regulations/religious-observanc.html>