

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan yang signifikan di dunia. Teknologi yang berkembang sangat pesat saat ini membuat industri media turut berkembang. Media massa baru sudah banyak bermunculan dan digunakan oleh masyarakat. Media baru menjadi salah satu saluran komunikasi yang memiliki banyak pengguna, sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa media konvensional akan tergeser. Hal inilah yang membuat media konvensional melakukan transformasi atau perubahan agar tetap diminati masyarakat, termasuk komunitas radio yang kini perlu beradaptasi agar tetap relevan. Salah satu isu utama yang dihadapi komunitas radio adalah menurunnya siaran konvensional, yang menyebabkan banyak orang di luar daerah tersebut kesulitan mengakses informasi yang dikirimkan [1].

Tantangan utama yang dihadapi komunitas radio meliputi keterbatasan daya sumber, biaya perangkat keras, dan akses internet yang tidak merata, terutama di daerah pedesaan atau terpencil. Pasokan listrik yang tidak stabil sering kali menghambat operasional radio internet. Selain itu, perangkat keras seperti komputer, router, atau peralatan jaringan untuk mendirikan sistem penyiaran online memiliki biaya yang tinggi, menjadi beban bagi komunitas radio yang mayoritas beroperasi dengan dana minim. Koneksi internet yang stabil, yang menjadi prasyarat utama radio internet, juga tidak selalu tersedia di semua wilayah. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengusulkan penerima radio internet berbasis mikrokontroler ESP32 sebagai solusi yang terjangkau dan fleksibel bagi komunitas radio. ESP32, dengan kemampuan Wi-Fi terintegrasi dan biaya rendah, dapat diprogram untuk mengakses aliran data radio online dan mengubahnya menjadi output audio yang disalurkan ke perangkat lokal, seperti speaker, tanpa memerlukan infrastruktur rumit.

Dengan memanfaatkan kemampuan ESP32, sistem penerima radio internet ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap perangkat mahal dan konsumsi daya tinggi yang biasa ditemukan pada sistem penyiaran konvensional. Perangkat ESP32 yang ringkas, hemat energi, dan sudah dilengkapi modul Wi-Fi memungkinkan operasional sistem hanya dengan sumber daya minimal seperti adaptor USB atau bahkan power bank, menjadikannya ideal untuk wilayah dengan ketersediaan listrik yang terbatas. Selain itu, sistem ini juga dapat dihubungkan dengan komponen tambahan seperti decoder audio MAX98357A, layar tampilan ST7735, dan rotary encoder untuk kontrol volume serta navigasi menu, sehingga pengguna dapat

menikmati pengalaman mendengarkan radio digital tanpa perlu keahlian teknis yang tinggi. Antarmuka pengguna berbasis web yang dapat diakses melalui alamat IP lokal juga memberikan kemudahan dalam mengatur channel siaran, volume, dan konfigurasi jaringan, cukup dari perangkat seperti smartphone. Dengan pendekatan ini, radio komunitas tidak hanya mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi, tetapi juga tetap mempertahankan jangkauannya kepada masyarakat luas, khususnya di daerah-daerah yang selama ini kurang terlayani oleh teknologi digital.

Hasil studi Polling Indonesia yang bekerja sama dengan Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna internet di Indonesia tumbuh 17% pada 2020 dibanding tahun 2018. Secara keseluruhan, pada tahun 2020 sebanyak 175,4 juta jiwa atau sekitar 64% masyarakat Indonesia dari total 272,1 juta jiwa penduduk Indonesia, sudah terhubung ke internet. Jumlah pengguna internet tersebut menunjukkan bahwa masyarakat Indonesia saat ini cenderung beralih menggunakan media baru, yakni media berbasis internet. Kemunculan internet sebagai media baru membuat beberapa perubahan terhadap media tradisional. Penelitian ini juga didukung berdasarkan data yang dihimpun oleh APJII, jumlah pengguna internet yang memanfaatkan internet untuk mendengarkan radio masih memiliki presentase yang sedikit dibandingkan dengan konsumsi konten lainnya di internet. Radio masih bisa bertahan ditengah gempuran media baru hingga saat ini, karena radio menjadi garda terdepan dalam menyampaikan informasi secara aktual dan faktual. Radio juga menjadi penyampai informasi yang terbebas dari hoax yang sering muncul dalam media baru. Pada proses berita radio, umumnya disampaikan langsung narasumber dalam bentuk siaran langsung atau rekaman[2].

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem penerima radio internet berbasis ESP32 yang handal dan efisien untuk radio komunitas?
2. Bagaimana mengimplementasikan perangkat keras dan perangkat lunak pada ESP32 untuk mendukung fungsi penerima radio internet, termasuk antarmuka pengguna dan konektivitas Wi-Fi?
3. Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap pengujian alat ini?
4. Bagaimana pengaruh kekuatan sinyal Wi-Fi (RSSI) terhadap stabilitas streaming audio pada perangkat radio internet berbasis ESP32?
5. Sejauh mana bit rate memengaruhi kualitas dan kejernihan suara yang dihasilkan oleh sistem?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dan manfaat dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Mengembangkan sebuah sistem penerima berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu menerima sinyal radio internet melalui koneksi Wi-Fi, mengolah data audio digital (MP3), dan menghasilkan output suara berkualitas tinggi melalui perangkat audio lokal seperti speaker atau amplifier. Sistem ini akan diprogram untuk mendukung koneksi stabil ke jaringan internet lokal atau hotspot.
2. Merancang sistem penerima berbasis ESP32 yang mampu menerima dan memproses sinyal dari berbagai sumber radio internet secara bersamaan, seperti stasiun online, podcast, atau siaran langsung dari platform streaming. Sistem ini akan dilengkapi kemampuan untuk menyimpan daftar URL sumber siaran dalam memori internal dan meningkatkan fleksibilitas konten yang dapat diakses oleh komunitas radio.
3. Menyediakan solusi teknologi yang terjangkau dan praktis, membantu komunitas radio bertransisi dari siaran konvensional ke digital, memperluas jangkauan siaran, dan meningkatkan akses informasi bagi pendengar di berbagai wilayah.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Tugas akhir ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sebuah perangkat penerima radio internet yang berbasis mikrokontroler ESP32. Lingkup pekerjaan saya meliputi perakitan sistem perangkat keras menggunakan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 sebagai inti pemrosesan, amplifier digital MAX98357 untuk output audio melalui speaker, TFT SPI Display ST7735 untuk menampilkan informasi stasiun dan antarmuka pengguna, serta rotary encoder sebagai input kendali volume dan juga pemilihan stasiun radio. Keseluruhan rangkaian ini dibangun dan diuji pada breadboard, di mana ESP32 diprogram untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi dan menjalankan web server lokal sebagai antarmuka pengaturan.

Saat program berhasil diunggah ke ESP32, alamat IP lokal akan muncul otomatis di Serial Monitor. IP ini menunjuk pada halaman pengaturan radio yang dibuka melalui browser dalam jaringan lokal. Halaman tersebut berisi playlist stasiun radio berbasis streaming, kontrol volume, serta berbagai informasi status lainnya. Kode program dasar untuk fungsi ini saya dapatkan dari sumber terbuka di internet dan telah saya modifikasi seperlunya agar kompatibel dengan perangkat keras yang saya gunakan. Meskipun saya belum sepenuhnya memahami secara mendalam bagaimana proses server

lokal itu dibangun, saya memahami fungsionalitas utamanya, yaitu sebagai penghubung antara perangkat dan pengguna untuk mengatur parameter radio secara real-time melalui jaringan lokal.

Selain pekerjaan teknis perangkat keras dan pemrograman dasar, saya juga melakukan pengujian fungsi audio, kestabilan jaringan Wi-Fi, serta integrasi antara antarmuka web dan pengendali fisik seperti rotary encoder. Dalam prosesnya, saya juga melakukan troubleshooting ketika terjadi error saat parsing data audio dari server streaming ke modul amplifier digital.

Tugas akhir ini merupakan proyek kelompok. Dalam pembagian kerja, saya secara spesifik menangani bagian perangkat penerima radio internet berbasis ESP32. Rekan saya yang lain bertanggung jawab membuat tautan siaran audio dalam format mp3 menggunakan Icecast dan Raspberry Pi sebagai server streaming. Sementara itu, satu anggota lainnya berperan mengonversi tautan siaran yang sebelumnya hanya dapat diakses secara lokal menjadi tautan yang bisa diakses publik, sehingga pengguna lain di luar jaringan lokal juga dapat mengakses siaran radio komunitas tersebut.

1.5 Tahapan Pengerjaan

1. Analisis Kebutuhan

Tahapan awal dalam penyusunan Tugas Akhir ini dimulai dengan proses analisis kebutuhan sistem. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan merumuskan secara menyeluruh apa saja fungsi utama yang harus dimiliki oleh sistem penerima radio internet berbasis ESP-32 yang akan dikembangkan. Sistem ini dirancang agar mampu memutar siaran radio dari berbagai sumber streaming internet, yang dapat dipilih dan dikendalikan melalui antarmuka web berbasis IP lokal. Pengguna nantinya akan dapat mengakses antarmuka ini melalui perangkat apa pun yang berada dalam jaringan yang sama, seperti laptop atau ponsel, dengan cukup membuka alamat IP lokal yang ditampilkan oleh ESP32.

Dari sisi fungsional, sistem diharapkan mampu menghubungkan ESP32 ke jaringan WiFi, menerima aliran data audio dari URL streaming radio, kemudian mengeluarkan suara melalui speaker yang terhubung ke amplifier digital MAX98357A berbasis I2S. Informasi seperti nama stasiun yang sedang diputar, nama lagu, nama artis, playlist siaran radio, keterangan volume, dan keterangan waktu akan ditampilkan melalui TFT SPI Display ST7735, sementara rotary encoder akan digunakan sebagai input fisik untuk mengatur volume dan mengatur siaran radio secara manual. Antarmuka web akan

menyediakan kontrol tambahan berupa daftar stasiun yang bisa dipilih, serta pengaturan volume yang bisa disesuaikan secara digital.

Kebutuhan perangkat keras yang diidentifikasi meliputi ESP32 sebagai otak utama dari sistem, MAX98357A sebagai konverter audio digital ke analog, modul LCD ST7735 sebagai layar tampilan, rotary encoder untuk kontrol interaktif, dan speaker mini sebagai output suara. Selain itu, dibutuhkan kabel jumper dan breadboard untuk keperluan perakitan awal. Sedangkan dari sisi perangkat lunak, diperlukan Arduino IDE untuk menulis dan mengunggah program ke ESP32, serta library tambahan seperti ESP32-audioI2S, Adafruit-GC9A01A, Adafruit-GC9106Ex, dan Adafruit-ST7796S untuk mendukung fungsi-fungsi spesifik seperti pengolahan audio dan tampilan grafis.

2. Perancangan Sistem

Setelah tahap identifikasi kebutuhan sistem selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah masuk ke proses perancangan sistem, khususnya pada sisi perangkat keras. Pada bagian ini, saya merancang sistem penerima radio internet menggunakan ESP32 sebagai pusat pengendali utama yang mengoordinasikan seluruh komunikasi antar komponen. Untuk menghasilkan output audio, saya menggunakan modul amplifier digital MAX98357A yang bekerja dengan protokol I2S. Tiga jalur utama dari I2S yaitu LRC, BCLK, dan DIN masing-masing saya hubungkan ke GPIO 25, GPIO 26, dan GPIO 22 pada ESP32. Modul ini berfungsi mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog yang dapat didengar melalui speaker eksternal yang saya sambungkan langsung ke terminal speaker pada MAX98357A. Selanjutnya, saya juga menambahkan rotary encoder sebagai pengatur volume audio secara manual. Modul rotary encoder ini memiliki tiga pin utama yang digunakan, yaitu CLK (Clock), DT (Data), dan SW (Switch). Pin CLK saya sambungkan ke GPIO 32, DT ke GPIO 33, dan SW ke GPIO 13. Melalui pemrograman, perubahan posisi putar dari encoder akan dikenali dan diubah menjadi instruksi untuk menaikkan atau menurunkan volume. Sementara itu, tombol push pada rotary encoder bisa digunakan untuk fungsi tambahan, seperti play/pause atau mute. Untuk tampilan antarmuka, saya menggunakan layar LCD TFT 1.8 inci dengan driver ST7735S. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka SPI. Pin SCK (Clock) saya hubungkan ke GPIO 18, SDA atau MOSI ke GPIO 23, A0/DC (Data/Command) ke GPIO 16, CS (Chip Select) ke GPIO 5, dan RST (Reset) ke GPIO 4. Selain itu, pin LED backlight pada modul LCD saya sambungkan ke GPIO 2, agar dapat dikontrol secara langsung dari ESP32. Layar ini akan menampilkan informasi seperti nama stasiun radio, alamat IP, indikator volume, serta visualisasi audio yang membuat sistem terlihat lebih interaktif dan modern.

Semua komponen ini saya rangkai di atas breadboard untuk memudahkan pengujian dan pemetaan pin. Pemilihan pin GPIO disesuaikan agar tidak terjadi konflik fungsi antar perangkat, serta menjaga kestabilan sinyal data dan kontrol. Dengan rancangan ini, ESP32 dapat menjalankan fungsinya sebagai pemutar streaming radio secara real-time, menampilkan antarmuka visual, serta memberikan kontrol volume yang fleksibel secara langsung melalui hardware. Untuk bagian software, perancangan difokuskan pada struktur kode utama yang terdiri dari beberapa modul terpisah, seperti modul koneksi jaringan, modul pemutaran streaming radio, modul tampilan informasi, dan modul pengaturan volume. Selain itu, dilakukan juga perancangan antarmuka web sederhana menggunakan HTML dan CSS yang akan ditampilkan melalui server internal yang dijalankan oleh ESP32. Desain antarmuka dibuat agar ringan dan intuitif, dengan menu untuk memilih stasiun radio, slider pengatur volume, serta tombol-tombol pengaturan tambahan seperti *refresh* atau *reboot* sistem. Seluruh komponen perangkat lunak dirancang agar saling terintegrasi dan bisa berjalan secara paralel menggunakan fitur multitasking dari ESP32.

3. Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan proses realisasi dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pertama, dilakukan perakitan seluruh komponen perangkat keras sesuai dengan skematik yang telah disusun. ESP-32 diprogram melalui Arduino IDE dengan menggunakan kabel USB, dan library yang telah diinstal sebelumnya. Setiap bagian dari sistem diuji secara modular. koneksi ke jaringan WiFi, kemampuan menampilkan teks di LCD ST7735, respon dari rotary encoder saat diputar dan ditekan, serta kemampuan memutar audio dari URL streaming radio yang dimasukkan secara manual dalam kode program.

Selanjutnya, antarmuka web yang dirancang sebelumnya di-*deploy* langsung ke memori ESP32 menggunakan fitur SPIFFS atau dimuat secara langsung dari kode menggunakan string HTML. Web server yang berjalan pada ESP32 akan menangani permintaan HTTP dari browser, seperti permintaan untuk menampilkan playlist, mengubah stasiun, atau menyesuaikan volume. Ketika pengguna mengakses alamat IP ESP32, maka akan ditampilkan halaman pengaturan yang dapat digunakan untuk mengontrol fungsi radio ini secara real time. Implementasi juga mencakup integrasi rotary encoder agar perubahannya bisa langsung memengaruhi volume digital pada modul I2S audio.

4. Pengujian Sistem

Setelah sistem berhasil diimplementasikan, dilakukan pengujian menyeluruh terhadap semua fungsi yang ada. Pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dari pengujian konektivitas jaringan WiFi. ESP32 harus dapat terhubung ke jaringan dan mendapatkan alamat IP secara dinamis (DHCP). Setelah itu, pengujian dilanjutkan ke fungsi utama sistem, yakni memutar audio dari streaming radio. Beberapa link stasiun radio diuji untuk melihat apakah ESP32 mampu menerima dan memproses audio secara real time tanpa jeda atau putus-putus. Pengujian juga dilakukan terhadap kontrol volume melalui rotary encoder. Respons rotary encoder diuji dengan memutar ke kanan dan kiri, serta menekan tombol klik untuk melihat reaksi sistem. Apakah nilai volume berubah sesuai arah putaran, dan apakah ada efek instan terhadap output suara di speaker. LCD ST7735 diuji untuk memastikan teks ditampilkan dengan jelas, seperti nama stasiun atau status jaringan. Sementara untuk antarmuka web, pengujian dilakukan dengan membuka IP ESP32 dari berbagai perangkat (laptop, smartphone) dan memastikan tampilan web konsisten serta fungsi-fungsinya berjalan tanpa error.

5. Pemeliharaan Sistem

Meskipun sistem ini bersifat prototipe untuk keperluan Tugas Akhir, tahapan pemeliharaan tetap penting untuk dibahas. Dalam konteks pemeliharaan, dilakukan simulasi terhadap beberapa skenario kegagalan seperti kehilangan daya, reset manual, atau kehilangan koneksi internet. Sistem dirancang agar mampu melakukan *reconnect* otomatis ke jaringan WiFi dan melanjutkan fungsi streaming tanpa perlu konfigurasi ulang.

Selain itu, antarmuka web dapat diperluas agar mendukung penambahan stasiun secara dinamis melalui file konfigurasi yang disimpan di memori flash internal ESP32 (SPIFFS). Dengan demikian, pengguna tidak perlu melakukan pemrograman ulang hanya untuk mengganti daftar radio. Fitur-fitur tambahan seperti penyimpanan pengaturan volume terakhir atau fitur reboot dari antarmuka web juga direncanakan sebagai bagian dari pemeliharaan dan peningkatan sistem di masa depan.