

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Light Fidelity (Li-Fi) merupakan teknologi komunikasi nirkabel berbasis cahaya tampak yang menawarkan alternatif terhadap komunikasi berbasis gelombang radio seperti *Wireless Fidelity (Wi-Fi)*. Dengan keunggulan berupa spektrum yang lebih luas, kecepatan transmisi yang lebih tinggi, serta keamanan yang lebih baik, *Li-Fi* semakin menarik perhatian dalam penelitian komunikasi nirkabel, khususnya untuk aplikasi di dalam ruangan (*indoor*). Teknologi ini bekerja dengan menggunakan sumber cahaya seperti dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode/LED*) sebagai pemancar data dan fotodioda sebagai penerima. Meskipun memiliki banyak keunggulan, kinerja *Li-Fi* sangat bergantung pada kondisi propagasi cahaya, terutama dalam skenario *Line of Sight (LOS)* dan *Non-Line of Sight (NLOS)* [1].

Dalam kondisi *LOS*, sinyal cahaya dapat ditransmisikan secara langsung dari sumber ke penerima tanpa hambatan, sehingga menghasilkan transmisi dengan latensi rendah dan efisiensi tinggi. Sebaliknya, pada kondisi *NLOS*, sinyal harus dipantulkan oleh permukaan seperti dinding atau langit-langit sebelum mencapai penerima. Hal ini dapat menyebabkan penurunan intensitas sinyal serta penurunan kecepatan transmisi data akibat atenuasi (*attenuation*), dispersi sinyal (*signal dispersion*), dan interferensi cahaya dari sumber lain [2]. Oleh karena itu, analisis terhadap kinerja komunikasi dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* menjadi penting untuk memahami batasan serta optimalisasi *Li-Fi* dalam lingkungan dalam ruangan.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa kinerja *Li-Fi* dalam kondisi *LOS* lebih unggul dibandingkan dengan *NLOS*. Dalam skenario *LOS*, transmisi dapat mencapai kecepatan hingga 10 *gigabit per second (Gbps)* dengan tingkat kesalahan bit (*bit error rate/BER*) yang rendah, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan transfer data cepat dan stabil [1]. Namun, dalam kondisi *NLOS*, performa komunikasi mengalami degradasi yang signifikan. Faktor-faktor seperti sudut pantulan, material reflektif, dan jarak antara pemancar dan penerima mempengaruhi intensitas dan kualitas sinyal yang diterima [3]. Beberapa penelitian

menemukan bahwa pantulan dari permukaan dengan koefisien refleksi tinggi, seperti dinding putih atau kaca, dapat mempertahankan sebagian besar energi cahaya, tetapi tetap mengalami penurunan *throughput* hingga 30 hingga 50 persen dibandingkan dengan *LOS* [4].

Selain jarak dan hambatan, efek propagasi multipath dalam skenario *NLOS* juga menjadi tantangan utama. Fenomena ini terjadi ketika sinyal cahaya yang dipantulkan mencapai penerima melalui jalur yang berbeda dengan waktu kedatangan yang bervariasi, menyebabkan gangguan antar simbol atau *intersymbol interference (ISI)*. Hal ini meningkatkan tingkat kesalahan bit dan menurunkan efisiensi transmisi [2]. Untuk mengatasi tantangan ini, beberapa pendekatan telah diusulkan, termasuk penggunaan algoritma penyesuaian sinyal (*equalization*) dan pengendalian arah cahaya adaptif (*adaptive beam steering*) guna meningkatkan penerimaan sinyal dalam kondisi *NLOS*.

Penelitian sebelumnya juga menggunakan skenario pengujian berbasis *Arduino* untuk mengevaluasi kinerja komunikasi *Li-Fi* antara dua perangkat. Penggunaan *Arduino* sebagai pengontrol utama dalam sistem komunikasi *Li-Fi* telah diterapkan dalam berbagai studi yang menunjukkan bahwa komunikasi berbasis *Arduino* dengan *Li-Fi* dapat mencapai tingkat keberhasilan tinggi dalam mentransmisikan data numerik dan gambar dengan latensi rendah [5].

Dalam sistem ini, data dari *Arduino* dikirim melalui cahaya tampak menggunakan *LED* dan diterima menggunakan fotodioda atau resistor peka cahaya (*Light Dependent Resistor/LDR*). Pada sisi pemancar, *Arduino* mengontrol nyala *LED* yang berfungsi sebagai sumber cahaya untuk transmisi data. Sementara itu, pada sisi penerima, *LDR* atau fotodioda menangkap sinyal cahaya dan mengonversinya kembali menjadi data digital. Pendekatan ini memungkinkan pengujian yang lebih fleksibel dalam berbagai kondisi *LOS* dan *NLOS*, serta dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor seperti intensitas cahaya, jarak, dan hambatan dalam komunikasi *Li-Fi* [5].

Berdasarkan informasi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa komunikasi *Li-Fi* dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* menggunakan skenario pengujian berbasis *Arduino*. Analisis dilakukan terhadap berbagai parameter,

seperti jarak, hambatan, dan refleksi cahaya, guna memahami batasan serta potensi optimalisasi komunikasi *Li-Fi* dalam lingkungan dalam ruangan.

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi strategi optimasi yang memungkinkan *Li-Fi* menjadi solusi komunikasi nirkabel yang lebih efisien dan andal. Dengan hasil yang diperoleh, diharapkan bahwa *Li-Fi* dapat semakin diadaptasi dalam berbagai aplikasi, seperti pusat data (*data center*), rumah pintar (*smart home*), dan jaringan komunikasi berbasis *Internet of Things (IoT)*, sehingga memberikan alternatif komunikasi berkecepatan tinggi yang lebih aman dan minim interferensi dibandingkan dengan *Wi-Fi*

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pengujian berbasis Arduino UNO untuk mengevaluasi kinerja komunikasi *Li-Fi* dalam berbagai skenario *line of sight (LOS)* dan *non-line of sight (NLOS)*?
2. Bagaimana performa komunikasi *Li-Fi* dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* berdasarkan parameter *Throughput* dan tingkat kesalahan bit (*bit error rate/BER*) ?
3. Bagaimana pengaruh jarak dan hambatan terhadap performansi *Li-Fi* dalam kondisi *NLOS*?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya menganalisis kinerja *Li-Fi* dalam kondisi *line of sight (LOS)* dan *non-line of sight (NLOS)*, tanpa membahas aspek keamanan data.
2. Pengujian dilakukan menggunakan *Arduino*, *LED* sebagai pemancar, dan Solar panel sebagai *receiver*, tanpa menggunakan sensor cahaya lain.
3. Parameter yang diuji terbatas pada kecepatan *Throughput*, dan tingkat kesalahan bit (*bit error rate/BER*), tanpa membahas konsumsi daya.
4. Eksperimen dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) dengan pencahayaan yang dikontrol, tanpa mempertimbangkan pengaruh cahaya eksternal.
5. Hambatan dalam pengujian *NLOS* hanya menggunakan beberapa jenis material cermin sebagai pemantul Cahaya.

1.4 TUJUAN

1. Dapat merancang dan mengimplementasikan sistem pengujian berbasis Arduino UNO untuk mengevaluasi kinerja komunikasi *Li-Fi* dalam berbagai skenario *line of sight (LOS)* dan *non-line of sight (NLOS)*.
2. Dapat mengetahui hasil performa komunikasi *Li-Fi* dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* berdasarkan parameter kecepatan transmisi dan tingkat kesalahan bit (*bit error rate/BER*).
3. Dapat mengetahui hasil analisis pengaruh jarak dan hambatan terhadap kualitas sinyal *Li-Fi* dalam kondisi *NLOS*.

1.5 MANFAAT

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pemahaman lebih dalam mengenai kinerja *Li-Fi* dalam kondisi *line of sight (LOS)* dan *non-line of sight (NLOS)*, serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam mengoptimalkan komunikasi *Li-Fi* di lingkungan dalam ruangan, terutama dalam hal penempatan perangkat dan pemilihan material reflektif yang mendukung transmisi sinyal. Selain itu, penggunaan *Arduino* sebagai platform pengujian memberikan solusi yang sederhana dan terjangkau bagi pengembangan sistem komunikasi berbasis cahaya. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu pengembangan teknologi *Li-Fi* untuk diterapkan dalam berbagai bidang seperti pusat data, rumah pintar, dan jaringan komunikasi *Internet of Things (IoT)*.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab yang saling terkait.

1. Bab 1 membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, manfaat dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran awal mengenai pentingnya penelitian dan ruang lingkup yang akan dibahas.
2. Bab 2 berisi kajian pustaka, yang mencakup dasar teori serta penelitian-penelitian relevan terkait penerapan *Li-Fi* dalam komunikasi nirkabel, khususnya dalam skenario *line of sight (LOS)* dan *non-line of sight (NLOS)*. Selain itu, bab ini juga mengulas konsep dasar komunikasi berbasis cahaya,

karakteristik propagasi cahaya dalam *Li-Fi*, serta penggunaan *Arduino* sebagai platform pengujian.

3. Bab 3 menjelaskan metode penelitian, termasuk alat dan perangkat yang digunakan, alur penelitian, serta proses pengumpulan dan pengolahan data. Bab ini juga menjabarkan langkah-langkah dalam implementasi sistem *Li-Fi* berbasis *Arduino*, skenario pengujian dalam kondisi *LOS* dan *NLOS*, serta metode analisis performa komunikasi yang dilakukan.
4. Bab 4 memaparkan hasil penelitian, mencakup analisis performa *Li-Fi* dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* berdasarkan parameter kecepatan transmisi, intensitas sinyal, dan tingkat kesalahan bit (*bit error rate/BER*). Bab ini juga membahas pengaruh jarak dan hambatan terhadap kualitas sinyal serta interpretasi hasil yang diperoleh.
5. Bab 5 menyajikan kesimpulan dari penelitian ini dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian di masa depan, seperti optimalisasi penggunaan material reflektif dalam *NLOS*, peningkatan sistem berbasis *Li-Fi* untuk komunikasi jarak jauh, serta potensi penerapan *Li-Fi* dalam lingkungan nyata seperti pusat data, rumah pintar, dan jaringan *Internet of Things (IoT)*.