

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia telekomunikasi, ada beberapa bentuk komunikasi gelombang elektromagnetik, seperti *wired communications*, *wireless communications*, dan *fiber-optic communications* [1]. Namun, ada satu bentuk komunikasi yang dapat dikatakan berbeda dari bentuk komunikasi yang telah disebutkan, yaitu *molecular communications*. *Molecular communications* adalah salah satu komunikasi tertua yang ada di dunia. *Molecular communications* tanpa disadari, sebenarnya ada dalam kehidupan sehari-hari. Contoh yang nyata adalah *molecular communications* ada di dalam tubuh manusia. Setiap waktu, partikel-partikel kecil yang terdapat dalam tubuh manusia akan berkomunikasi satu sama lain untuk berbagai aktivitas dan tujuan.

Molecular communications adalah sebuah sistem komunikasi dari pemancar ke penerima yang mediumnya merupakan molekul. *Molecular communications* memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu diantara mikrometer (μm sampai dengan nanometer (nm) [2]. *Molecular communications* memiliki dua model dalam pengaplikasiannya, yaitu *Passive Molecular Communications* (PMC) dan *Active Molecular Communications* (AMC) [3]. Ada beberapa perbedaan pada PMC dan AMC. Pada mode PMC, perambatannya dilakukan secara acak dengan probabilitas molekul yang diterima oleh *receiver* rendah. Sedangkan pada mode AMC, perambatannya dilakukan secara terarah dengan probabilitas molekul yang diterima oleh *receiver* tinggi [1]. Dengan perbandingan secara lengkap pada Tabel 1.1.

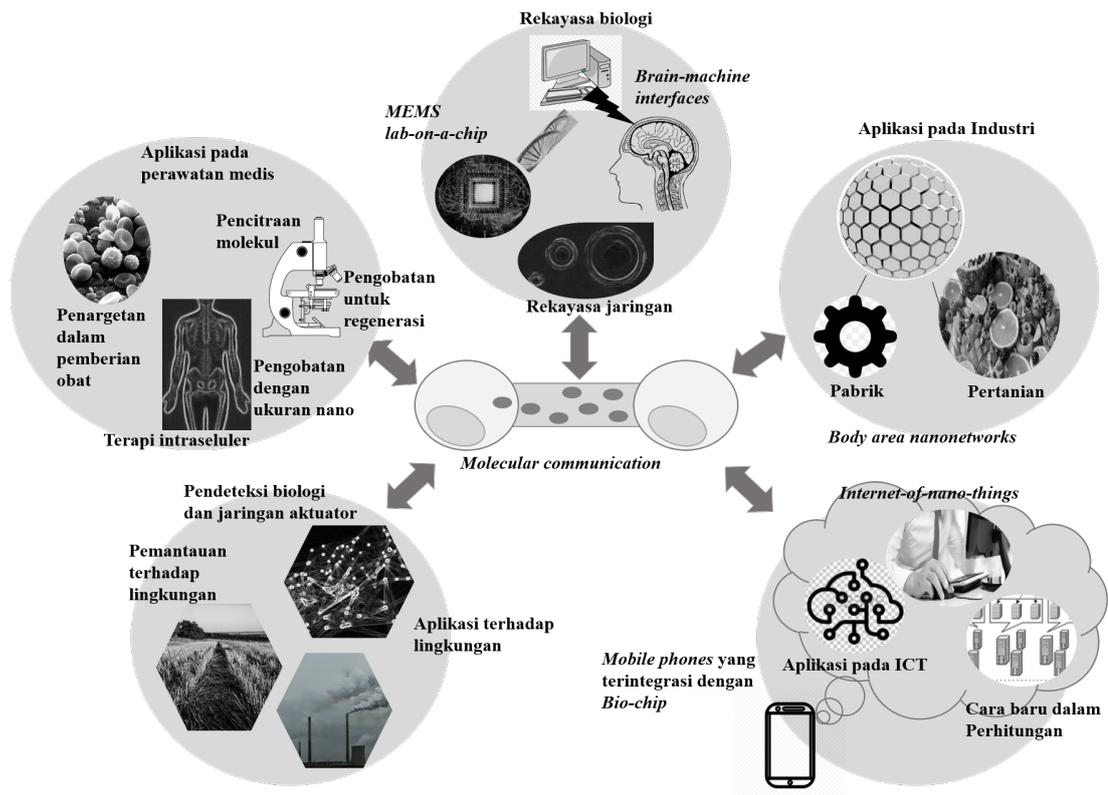
Pada PMC, molekul secara pasif berdifusi dari *transmitter* menuju *receiver* tanpa membutuhkan sistem perantara yang memandu dan mengangkut molekul [3]. PMC dibagi menjadi dua berdasarkan *receiver* saat menerima *messenger molecules*, yaitu melalui *absorbers* dan *ligand-receptor binding* [3]. Pada PMC dengan *absorbers*, *receiver* diasumsikan sebagai penyerap yang bertugas mengambil molekul, kapan saja molekul menyentuh permukaan *receiver*. Pada PMC dengan *ligand-receptor binding*, *receiver* diasumsikan memiliki *surface receptors* untuk menerima molekul dengan mekanisme pengikatan *ligand-receptor*.

Tabel 1.1. Perbandingan antara PMC dan AMC

No.	Mode	PMC	AMC
1	Perambatan	Acak	Terarah
2	Probabilitas Molekul Mencapai Penerima	Rendah	Tinggi
3	Jumlah Molekul yang Dibutuhkan untuk Sampai di Penerima	Banyak	Sedikit
4	Perambatan Molekul Berukuran Besar	Sulit	Mudah
5	Infrastruktur Komunikasi	Tidak Dibutuhkan	Dibutuhkan
6	Persediaan Energi	Tidak Dibutuhkan	Dibutuhkan

Molecular communications memiliki potensi pada beberapa area pengaplikasian seperti pada Gambar 1.1, yaitu *biological engineering*, *medical and healthcare treatment*, *industrial*, *enviromental*, dan *information and communication technology* [1]. Pengaplikasian *molecular communications* pada bidang *medical and healthcare* memiliki manfaat untuk meningkatkan kemampuan sistem dan perawatan medis. *Molecular communications* pada *medical and healthcare* dapat diintegrasikan menggunakan *bio-nanomachines* yang dapat berkomunikasi dan bekerja sama untuk mengontrol kondisi kesehatan serta perkembangan terapi dengan melepaskan molekul-molekul tertentu. *Molecular communications* pada bidang *medical and healthcare* dapat digunakan untuk *molecular imaging*, *drug delivery*, dan *intracellular therapy* [1].

Drug delivery bertujuan untuk mengirimkan obat ke tempat yang membutuhkan dan hanya jika obat tersebut diperlukan, *drug delivery* dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan ketepatan dan keefektifan obat, sehingga tidak mempengaruhi bagian tubuh yang sehat [4]. Proses penyembuhan penyakit menggunakan *drug delivery* dalam tubuh manusia dilakukan dengan *encapsulating* pada *drug molecules* di dalam *carriers* pengiriman obat tersebut [1]. Membawa *carriers* ke dalam bagian tubuh yang membutuhkan dan melepaskan *drug molecules* dari *carriers* ke dalam bagian tubuh yang membutuhkan [1]. Dengan keberadaan *drug delivery*, diharapkan penyakit seperti kanker, malaria, *tuberculosis* (TB), *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) / *Acquired Immunodeficiency Syndrome* (AIDS) dapat disembuhkan dengan tepat dan tanpa ada efek samping [5].



Gambar 1.1. Pengaplikasian *molecular communications* pada beberapa bidang.

Penggunaan nanopartikel dalam pengaplikasian *medical treatment* di bidang kesehatan makin berkembang pesat untuk menunjang implementasi *nanorobotic* dalam bidang tersebut. Tantangan terbesar dalam membangun teknologi *nanorobotic* di bidang *nanomedicine* adalah proses pengantaran informasi yang masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh teknologi komunikasi yang ada kurang memadai [6]. Komunikasi pada gelombang elektromagnetik tidak dapat mendukung kinerja robot-nano karena rasio ukuran antena dan panjang gelombangnya. Begitu juga dengan komunikasi optik yang tidak cocok untuk aplikasi *nanorobotic* karena memerlukan media pandu dalam penyampaian informasinya. Karena tantangan tersebut dan terinspirasi dari alam, maka penggunaan *molecular communications* dengan sinyal kimia menjadi salah satu solusi yang paling memungkinkan [7]. Karena sinyal kimia digunakan dalam komunikasi antar- dan intra-seluler sebagai pembawa informasi. Sinyal kimia tersebut dilepaskan dengan memberi sinyal pada sel dalam bentuk molekul kecil atau dapat disebut *ligand* yang mudah menguap atau larut, dengan partikel tersebut merambat hingga sampai di *receiver* atau *receptor*.

Penggunaan *molecular communications* dalam tubuh makhluk hidup memberikan banyak keuntungan, diantaranya sifat *molecular communications* yang *bio-compatible* atau tidak berbahaya bagi jaringan hidup, sehingga hanya membu-

tuhkan sedikit energi untuk membangkitkan dan mentransmisikan. Selain itu, sinyal molekuler lebih handal mencapai tujuannya daripada komunikasi berbasis gelombang elektromagnetik yang mengalami kerugian difraksi [1].

Terjadinya *inter-symbol-interference* (ISI) pada gelombang elektromagnetik disebabkan oleh *multipath*, yaitu sinyal datang terlambat. Sama halnya dengan *molecular communications*, penyebab utama dari ISI adalah perambatan molekul bergerak secara acak sehingga menyebabkan molekul datang terlambat di *receiver* [8]. Di gelombang elektromagnetik, tidak ada gelombang yang kembali (salah arah), namun di *molecular communications*, gelombang bisa salah arah dan kembali. ISI pada *molecular communications* panjangnya tak terhingga karena kesalahan satu molekul saja, sudah bisa menyebabkan ISI [9].

Studi inisiasi ini merupakan salah satu langkah untuk menjawab tantangan *molecular communications* dalam kesenjangan antara model teoritis dan evaluasi eksperimental model. Hal ini terjadi karena *molecular communications* adalah bidang sains yang multidisiplin meliputi teori komunikasi, bioteknologi, biologi, dan kimia. Saat ini model teoritis dalam *molecular communications* sedang dikembangkan oleh peneliti dari teknik telekomunikasi, meliputi banyak aspek seperti pemodelan propagasi, teori model informasi dan sistem, skema modulasi, desain *link layer* (lapisan penghubung), dan diakhiri dengan eksperimen untuk memvalidasi model-model tersebut melalui percobaan laboratorium basah dan kolaborasi dengan ahli biologi dan teknik kimia.

Tugas Akhir ini menggunakan *channel model* yang disebut sebagai *free diffusion*. *Channel coding* yang digunakan adalah *Repetition codes*. *Repetition codes* dipilih karena memiliki kelebihan sebagai *channel coding* tersederhana yang mampu menghapus interferensi yang terjadi dan untuk menjaga tingkat kompleksitas sistem rendah. Tugas Akhir ini juga membahas penggunaan *Repetition codes* yang dapat mendeteksi dan mengevaluasi kesalahan yang terjadi akibat ISI pada saat pengiriman obat menuju bagian tubuh yang membutuhkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diselesaikan dalam Tugas Akhir ini adalah belum ditemukannya model dalam metode PMC dan *channel coding* yang tepat untuk *drug delivery*. Kinerja *molecular communications* untuk *drug delivery* juga belum diketahui jika tanpa atau dengan *channel coding*.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menentukan karakteristik dasar dari *molecular communications*, *channel model*, dan *channel coding* pada *molecular communications* yang sesuai untuk *medical and healthcare* agar dapat mendeteksi dan mengoreksi kesalahan yang terjadi pada saat pengiriman obat menuju bagian tubuh yang membutuhkan.

1.4 Batasan Permasalahan

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, Tugas Akhir ini membatasi masalah sebagai berikut

1. *Channel coding* yang digunakan adalah *Repetition codes*.
2. Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan simulasi komputer menggunakan *software* MATLAB.
3. *Environment molecular communication* dianggap tidak berubah-ubah.
4. Sistem komunikasi yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah mode PMC.
5. Modulasi yang digunakan adalah *Concentration Shift Keying* (CSK).
6. Menggunakan koefisien difusi yang telah ada.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur *Molecular Communications*
Tahap ini melakukan pengumpulan informasi tentang *Repetition codes*, *drug delivery*, dan *molecular communications* dari berbagai referensi.
2. Menentukan *Channel* untuk *Drug Delivery*
Tahap ini melakukan penentuan *channel* untuk *molecular communications*.
3. Pemodelan Sistem *Drug Delivery*
Tahap ini melakukan pemodelan sistem *drug delivery* berdasarkan hasil yang telah didapatkan.

4. Perancangan *Channel Coding* untuk *Drug Delivery*

Tahap ini melakukan simulasi terhadap rancangan sistem komunikasi molekuler yang diusulkan menggunakan *software* MATLAB untuk mengetahui performansi kanal.

5. Penarikan Kesimpulan

Tahap ini melakukan penarikan kesimpulan hasil simulasi yang telah didapatkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk selanjutnya, Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB 2: Konsep Dasar**

Bab ini menjelaskan teori-teori dasar dan pengantar dari simulasi yang akan dirancang dalam Tugas Akhir ini. Teori yang dibahas dalam bab ini meliputi *molecular communications*, *Repetition codes*, dan Kinerja *molecular communications*.

- **BAB 3: Sistem Model dan Skenario Pengujian Performansi *Repetition Codes* pada *Molecular Communications***

Bab ini berisi penjelasan tentang sistem model *Repetition Codes*, mengenai *transmitter*, model kanal, hingga *receiver*, dan skenario pengujian.

- **BAB 4: Performansi *Repetition Codes* pada *Molecular Communications* dan Analisisnya**

Bab ini berisi analisis mengenai performansi *Repetition codes* pada *molecular communications*.

- **BAB 5: Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi pemaparan kesimpulan dari hasil studi performansi *Repetition codes* pada *molecular communications* dan saran untuk pengembangan lebih lanjut untuk *channel coding* yang digunakan pada *drug delivery* di *molecular communications*.