

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1 Jadwal Pengerjaan | 3 |
| Tabel 4.1 Hasil simulasi pertama | 19 |
| Tabel 4.2 Hasil simulasi kedua..... | 20 |
| Tabel 4.3 Hasil simulasi ketiga | 22 |
| Tabel 4.4 Hasil simulasi keempat..... | 23 |
| Tabel 4.5 Hasil simulasi kelima | 25 |
| Tabel 4.6 Hasil simulasi keenam..... | 27 |
| Tabel 4.7 Data simulasi pertama, kedua dan ketiga | 29 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perangkat yang terhubung ke jaringan internet baik itu gadget maupun perangkat rumah tangga disebut dengan Internet of Things (IoT). *IoT* merupakan sebuah konsep dimana sebuah objek memiliki kemampuan untuk mentransmisikan atau mengirimkan data melalui jaringan tanpa menggunakan bantuan manusia. Saat ini, pertumbuhan jumlah perangkat Internet of Things (IoT) yang terhubung ke jaringan telekomunikasi selular semakin berkembang cukup pesat [6], sehingga mengakibatkan kurangnya kemampuan jaringan komunikasi dalam melayani jumlah perangkat yang sangat masif di masa yang akan datang pada area cakupan yang luas.

Dari problematik diatas maka muncul sebuah gagasan untuk melakukan investigasi guna mengetahui jumlah *device* optimal yang dapat dilayani oleh jaringan telekomunikasi dengan memperhatikan parameter-parameter tertentu seperti, banyaknya AP, banyaknya antenna, luas area dan juga tingkat keaktifan user sehingga mendapatkan nilai optimal. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan tersebut dengan melakukan simulasi terhadap banyaknya AP (M), banyaknya antenna (N) dan juga tingkat keaktifan user (ϵ). Apabila sudah diperoleh nilai optimal dari sebuah jaringan telekomunikasi tersebut diharapkan dapat memaksimalkan kinerja dari perangkat jaringan telekomunikasi dalam melakukan pelayanan terhadap user sehingga meminimalisir collision atau data yang rusak pada saat melakukan transmisi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Berapa jumlah optimal perangkat IoT yang dapat dilayani oleh jaringan *cell-free massive* MIMO dengan menggunakan protokol ALOHA?

2. Bagaimana karakteristik *traffic* yang optimal pada sebuah jaringan telekomunikasi seperti *cell-free massive MIMO* menggunakan protokol ALOHA?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisa performa ALOHA dalam jaringan *cell-free massive MIMO*.
2. Mengetahui banyaknya perangkat *IoT* yang dapat dilayani oleh sebuah jaringan telekomunikasi secara optimal.
3. Mengetahui faktor penyebab perangkat *IoT* tidak dapat optimal dalam melakukan komunikasi terhadap jaringan.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya sampai tahap analisis performa.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada protokol ALOHA dan *cell-free*.
3. Penelitian ini hanya melakukan pengujian simulasi menggunakan aplikasi MATLAB.
4. Hanya melakukan perhitungan terhadap SINR.
5. Dengan Satu kali transmisi ALOHA.

1.5. Metode Penelitian

Pada pembuatan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Penulis mencari, mengumpulkan, dan mempelajari literatur yang ada berupa buku, jurnal, maupun publikasi lainnya. Semua itu penulis lakukan untuk mendapatkan referensi dan materi dalam menyelesaikan penelitian ini.

2. Konsultasi

Dengan adanya dosen pembimbing, penulis dapat berkonsultasi terkait permasalahan yang ada selama pembuatan penelitian ini. Pembimbing juga memberi arahan untuk tahapan apa yang harus dilakukan selanjutnya.

3. Perancangan

Tahap ini dilakukan untuk merancang sebuah sistem perhitungan menggunakan aplikasi MATLAB yang nantinya akan digunakan untuk simulasi perhitungan.

4. Pengujian Simulasi

Setelah sistem sudah selesai dibangun, maka penulis melakukan simulasi pengujian menggunakan aplikasi MATLAB untuk melakukan perhitungan nilai optimal dari sebuah perangkat jaringan.

5. Analisis dan Kesimpulan

Dari data yang sudah didapatkan pada tahap sebelumnya, penulis dapat menganalisis sesuai dengan poin-poin yang telah ditetapkan. Kemudian penulis dapat menarik kesimpulan dari hasil analisis.

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Jadwal pengerjaan.

| No | Kegiatan | | Oktober | | | | November | | | | Desember | | | | Januari | | | |
|----|--------------------|---------------------------|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Analisis Kebutuhan | Memahami Konsep Materi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Membuat Flowchart | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Perancangan | Perancangan sistem | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Simulasi | Simulasi Pengujian MATLAB | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Penyusunan Laporan | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1.7. Hipotesis Penelitian

Penelitian ini akan melakukan analisa performa ALOHA terhadap banyaknya user yang dapat dilayani oleh sebuah jaringan telekomunikasi *cell-free massive MIMO*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini penulis memaparkan mengenai landasan teori yang digunakan pada penelitian ini. Penjelasan mengenai *Internet of things* (IoT), ALOHA, *massive MIMO*, *access point*, distribusi peluang, distribusi binomial, *throughput*, *signal to interference plus noise ratio* (SINR) dan *cell-free network*.

2.1. IoT (*Internet of Things*)

Pada penelitian ini IOT digunakan dikarenakan karakteristiknya yang lokasinya cenderung statik, cara komunikasinya yang sporadic dan juga data yang digunakan cenderung kecil.



Gambar 2.1 *Internet of Things*.

Internet of Things pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 di salah satu presentasinya. *Internet of things* atau *IoT* merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus [1]. *IoT* adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan *internet* sebagai penghubung. misalnya *CCTV* yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi *internet* dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. atau sebuah rumah cerdas yang dapat dikontrol melalui *smartphone* dengan bantuan koneksi *internet*. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri

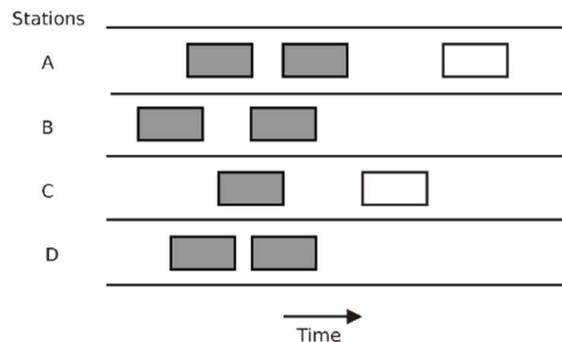
dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima oleh sensor yang kemudian di analisa.

2.2. ALOHA

ALOHA merupakan *Random Access Protocol* yang diimplementasikan pada *layer Medium Access Control (MAC)*, dimana MAC merupakan *sublayer* dari layer *Data Link*. Tujuan dari protokol ALOHA adalah untuk menentukan stasiun pesaing mana yang harus mendapatkan kesempatan berikutnya dalam mengakses saluran multi-akses pada *layer MAC*. Terdapat 2 jenis ALOHA yakni *Pure* dan *Slotted*.

2.2.1. Pure ALOHA

Pada tahun 1970 Norman Abramson dan rekannya di Universitas Hawaii membuat sebuah metode untuk menyelesaikan masalah alokasi saluran jaringan. Kemudian pada tahun 1985 Abramson mengembangkan metode tersebut menjadi sebuah sistem yang dikenal dengan sistem ALOHA dimana sistem ini ditujukan untuk jaringan-jaringan paket radio, dimana ide dasarnya dapat di implementasikan pada beberapa sistem pengguna yang tidak terkoordinasi untuk menggunakan saluran tunggal yang digunakan bersama-sama[2].



Gambar 2.2 *Pure ALOHA*.

Pure ALOHA merupakan metode yang paling sederhana dimana cara kerjanya yakni ketika sebuah perangkat hendak mengirimkan data, maka ia akan segera mengirimkan data tanpa melakukan pengecekan apa pun. Jika saat proses

pengiriman pesan perangkat lain juga mengirimkan pesan pada saat yang bersamaan, maka kemungkinan akan terjadi tabrakan pesan yang mengakibatkan persen tersebut rusak. Jika pesan rusak maka stasiun menunggu dalam durasi yang acak untuk kemudian mentransmisikan ulang pesan tadi. Rumus untuk menghitung *probabilitas* keberhasilan pengiriman sebuah pesan pada *pure* ALOHA adalah sebagai berikut:

$$S = G * e^{-2G}$$

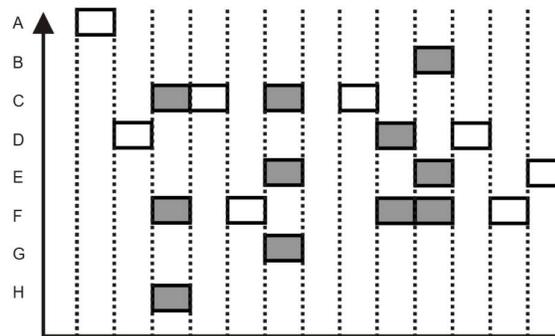
S = Nilai Efisiensi maksimal

G = Jumlah stasiun yang dapat mengirimkan pesan

Pada *pure* ALOHA *Throughput* maksimum terjadi pada G adalah $\frac{1}{2}$ dimana G merupakan jumlah stasiun yang bisa mengirimkan pesan sehingga nilai S atau *throughput* maksimalnya sebesar 18%.

2.2.2. Slotted ALOHA

Setelah Pure ALOHA pada tahun 1970, Roberts memperkenalkan metode lain untuk mengoptimalkan Pure ALOHA yang disebut dengan Slotted ALOHA.



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

Gambar 2.3 Slotted ALOHA.

Diusulkan untuk membagi waktu menjadi interval diskrit yang disebut selot waktu. Dan setiap selot waktu sesuai dengan panjang *frame* pesan dimana hal tersebut berbeda dengan *Pure* ALOHA yang tidak memiliki batasan waktu dalam

mengirim pesan, *slotted* ALOHA tidak dapat mengirimkan pesan sewaktu-waktu karena stasiun harus menunggu sampai selot waktu berikutnya mulai dan setiap *frame* data dapat ditransmisikan dalam selot waktu yang baru. Sehingga apabila terjadi tabrakan pesan yang rusak akan tetap utuh dalam satu frame karena pesan dikirim berdasarkan waktu tertentu. Rumus untuk menghitung *probabilitas* keberhasilan pengiriman sebuah pesan pada *slotted* ALOHA adalah sebagai berikut:

$$S = G * e^{-G}$$

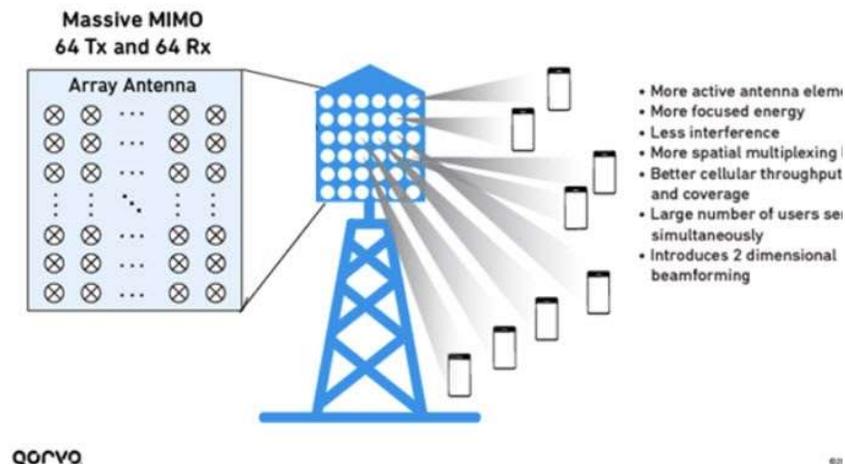
S = Nilai Efisiensi maksimal

G = Jumlah stasiun yang dapat mengirimkan pesan

Pada *slotted* ALOHA *Throughput* maksimum terjadi pada $G = 1$ yaitu 37%.

2.3. Massive MIMO (*Multiple-input multiple-output*)

MIMO atau yang bisa disebut dengan Multiple-input multiple-output merupakan sebuah konsep bahwa jaringan nirkabel itu memungkinkan pengiriman dan penerimaan pada lebih dari satu sinyal secara bersamaan melalui saluran radio yang sama. Jaringan MIMO pada umumnya menggunakan dua atau empat antena, misalnya MIMO 2x2, MIMO 4x4.



Gambar 2.4 Massive MIMO.

Sementara Massive MIMO adalah sistem MIMO dengan jumlah antena yang lebih banyak dari MIMO biasa.[3] Tidak ada angka pasti berapa banyak maksimumnya jumlah antena untuk Massive MIMO, tetapi beberapa deskripsi mengatakan bahwa jumlahnya berkisar puluhan atau bahkan ratusan antena.

Pemodelan sinyal MIMO kemudian diarahkan untuk dua tujuan yang berbeda yaitu model *diversity* dan model *spatial multiplexing*.

a. *Spatial Diversity*

Pada *spatial diversity* data yang dipancarkan pada setiap antena pemancar adalah sama. Kemudian dapat digunakan metode transmitter selection diversity untuk memilih satu pemancar saja dengan kualitas terbaik. Sedangkan pada penerima digunakan metode combining (EGC/MRC) untuk mendapatkan diversitas murni. Spatial diversity digunakan untuk mengurangi gangguan akibat fading dan noise dengan diversitas antena pada pemancar dan penerima.

b. *Spatial Multiplexing*

Pada *spatial multiplexing* data masukan dapat dipecah menjadi beberapa bagian yang independen dan dikirimkan oleh masing-masing antena pemancar yang bekerja pada frekuensi yang sama. Tujuan utama penggunaan teknik ini adalah untuk memaksimalkan kapasitas kanal dengan cara memecah data yang besar menjadi beberapa bagian data yang dikirim secara paralel sesuai dengan jumlah antena *transmitter*.

2.4. *Access Point*

Access point merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memperluas jangkauan dari sebuah jaringan yang ada dan juga berfungsi untuk meningkatkan jumlah pengguna yang bisa terhubung ke jaringan komunikasi.

2.5. *Distribusi Peluang*

Dalam teori probabilitas dan statistika, distribusi peluang adalah fungsi matematis yang memberikan kemungkinan hasil yang mungkin berbeda untuk

sebuah eksperimen.[4]. Terdapat berbagai jenis distribusi peluang yang masing-masingnya memiliki karakteristik tertentu, seperti:

Fungsi distribusi kumulatif $F(x)$ suatu peubah acak X yang memiliki distribusi peluang diskrit adalah (Walpole, et al., 2012)

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{t \leq x} f(t)$$

Fungsi distribusi kumulatif $F(x)$ suatu peubah acak X yang memiliki distribusi peluang kontinu adalah (Walpole, et al., 2012)

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$$

2.6. Distribusi Binomial

Distribusi binomial adalah distribusi probabilitas diskrit dimana jumlah keberhasilan dalam n percobaan antara ya/tidak (berhasil/gagal). Distribusi binomial sering kali digunakan untuk memodelkan jumlah keberhasilan pada jumlah sampel n dari jumlah populasi N . Penggunaan distribusi binomial dapat mempermudah mengetahui besarnya probabilitas atau besarnya nilai harapan yang terjadi untuk setiap peubah acak x [5]. Pada aplikasi matlab terdapat sebuah *function* yang dapat digunakan untuk memproses atau mencari nilai dari sebuah fungsi distribusi binomial dengan nama fungsi *binornd*.

2.7. Throughput

Throughput adalah jumlah data yang benar-benar terkirim dalam satu waktu tertentu. Satuan yang digunakan sama seperti *bandwidth*, yaitu *bits per second* (bps). Kadang-kadang juga dihitung dengan menggunakan satuan data *packets per second* (pps). Untuk menghitung *throughput* banyak cara yang bisa digunakan, seperti:

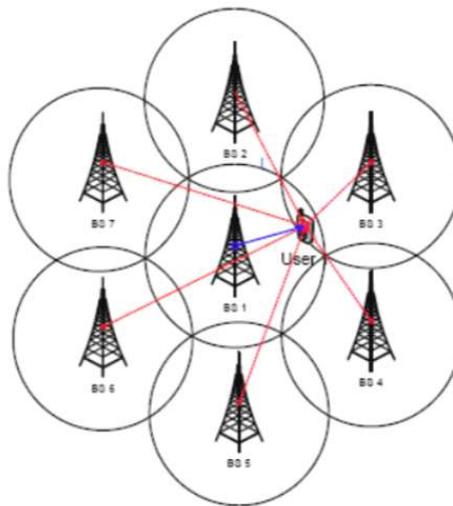
$$\text{Throughput} = \frac{(\text{Jumlah data yang dikirim})}{(\text{Waktu Pengiriman Data})}$$

Atau bisa juga menggunakan rumus seperti ini apabila kita sudah mengetahui nilai SINR (*Sinyal to Noise Ratio*) dari sebuah paket.

$$\text{Throughput} = \frac{1}{2} \log_2 (\text{SNR} + 1)$$

2.8. SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*)

SINR merupakan informasi yang menyatakan perbandingan kuat sinyal terhadap *noise* dan interferensi dan biasanya dinyatakan dalam decibel (dB). Interferensi yang ditimbulkan berasal dari seluruh *access point* atau dari *base station* sekitar seperti terlihat pada gambar garis berwarna biru merupakan sinyal yang diinginkan, sedangkan garis merah adalah sinyal yang tidak diinginkan dari *base station* sekitar.



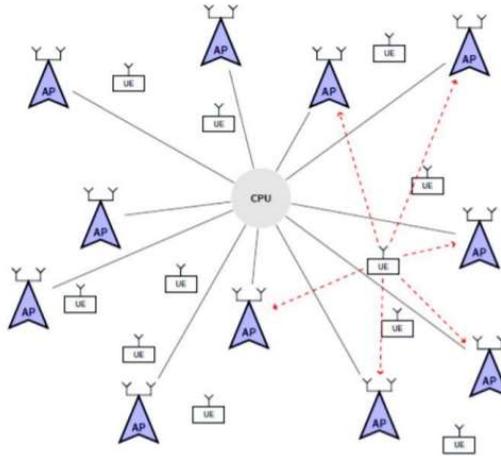
Gambar 2.5 Interferensi *downlink*.

Selain terhadap *base station* sekitar interferensi dapat juga terjadi terhadap user sekitar seperti pada hal yang akan disimulasikan pada penelitian ini.

2.9. Cell-free Network

Cell-Free Massive MIMO terdiri dari banyak *Access Points* (APs) dan *central processor* yang terkoneksi pada *fronthaul*. Masing-masing AP terhubung menggunakan *fronthaul* yaitu kabel ke *central processing unit*. *Central processor* mengontrol semua AP sehingga semua AP dapat melayani pengguna di sekitarnya

dan tidak ada batasan sel seperti di jaringan seluler, bisa dilihat pada gambar 2.6 dibawah.



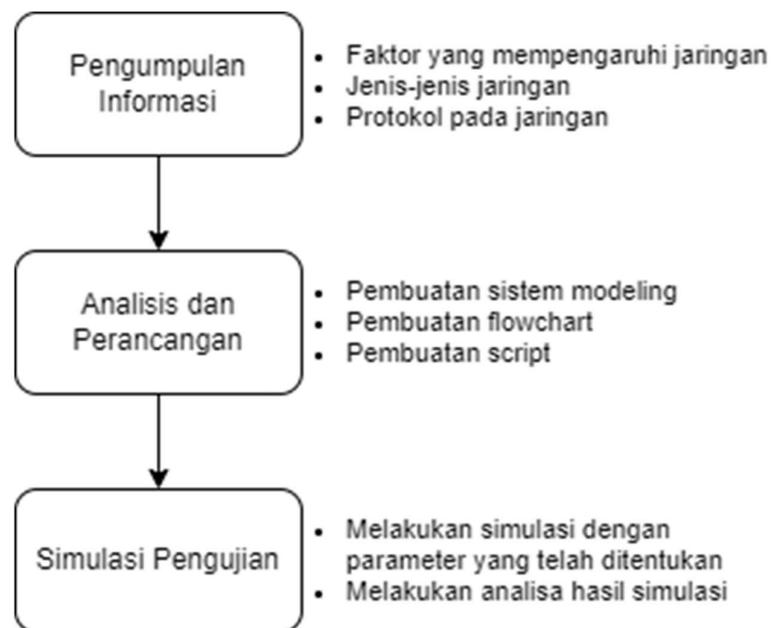
Gambar 2.6 *Cell-free Network.*

Cell-free merupakan sebuah topologi dimana antar masing-masing *client* bebas memilih untuk terkoneksi terhadap akses poin mana pun tanpa harus memilih salah satu akses point saja. Hal ini kebalikan dari selular dimana terdapat *zone-zone* yang memisahkan antara *zone A* dengan *zone B* sehingga apabila terdapat user berada pada *zone A* maka hanya bisa terkoneksi dengan AP yang berada pada *zone A* begitu pula dengan *zone B*.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Untuk mengetahui performa ALOHA pada cell-free massive MIMO, penulis menggunakan pendekatan simulasi dari sistem model yang penulis rancang, Pada Bab ini, penulis menjelaskan mengenai perancangan sistem beserta metodologi serta parameter yang digunakan dalam penelitian ini.

3.1. Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, penulis melakukan beberapa tahapan metode penelitian. Di awal, penulis melakukan pengumpulan informasi untuk mengetahui permasalahan yang ada seperti parameter apa yang menyebabkan sebuah perangkat IoT tidak optimal dalam melakukan komunikasi. Penulis mendapat informasi-informasi terkait permasalahan yang ada dengan cara membaca jurnal penelitian yang sudah ada dan melakukan perhitungan pada aplikasi MATLAB. Hasil dari pada data-data tersebut, penulis dapat menganalisis kemudian merancang suatu sistem perhitungan pada MATLAB. Kemudian penulis melakukan simulasi perhitungan menggunakan aplikasi MATLAB. Pada langkah tersebut penulis membangun sesuai hasil