

## BAB III

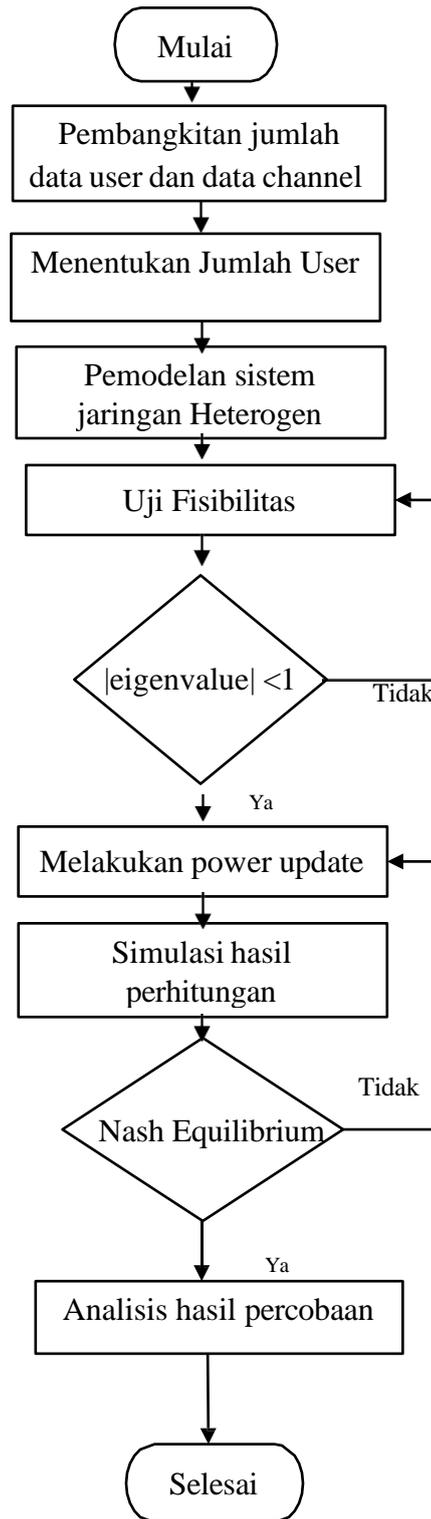
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian ini menggunakan *software* matlab untuk mensimulasikan pembangkitan jumlah data *user* dan data *channel*. Bahan dalam penelitian ini berupa data-data *user* dan *channel* yang dibangkitkan juga beberapa parameter seperti sistem kendali daya yang dibutuhkan oleh *user* dan SINR. Simulasi ini memungkinkan analisis mendalam terhadap kinerja sistem komunikasi dalam berbagai kondisi dan skenario yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 3.2 ALUR PENELITIAN

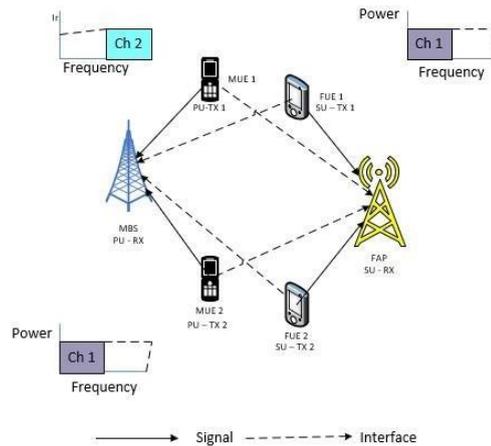
Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan utama untuk mencapai tujuan yang diharapkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Dalam alur penelitian ini, akan tergambar langkah-langkah sistematis yang diikuti selama proses penelitian. Dimulai dengan Pembangkitan data *user* yang berfungsi sebagai objek penelitian, sedangkan untuk pembangkitan data *channel* digunakan untuk mengetahui dampak pada parameter pengukuran, yaitu daya pancar *user* dan ketercapaian SINR. Data *user* dibangkitkan Kemudian Pemodelan sistem jaringan Heterogen. Untuk proses berikutnya menentukan jumlah user. Tahap berikutnya terdapat uji fisibilitas, dalam uji fisibilitas akan dilakukan 2 pengujian yaitu pengujian *eigenvalue* dan pengujian *non-negative power vector*. Pada pengujian *eigenvalue* jika hasil *eigenvalue* tidak  $< 1$  maka hasil *power* vektor akan negatif maka perlu dilakukan uji fisibilitas kembali. Sedangkan jika pada pengujian *eigenvalue* hasilnya  $< 1$  maka hasil *power* vektor akan non-negatif yang artinya sistem yang dibuat dalam kondisi fisibel. Proses berikutnya adalah melakukan *power update* atau pembaruan daya terhadap daya *user* dan SINR *user*. Pada proses ini, menggunakan persamaan *power update Koskie Gajic* yang ada pada persamaan (2.4). Tahap berikutnya melakukan simulasi hasil perhitungan dari percobaan yang dilakukan. Jika dalam melakukan *power update* hasil daya *user* dan SINR *user* sudah mencapai kondisi stabil maka langkah terakhir adalah menganalisis hasil data yang didapat dari percobaan dan dapat memahami tentang kinerja sistem tetapi juga dapat memberikan wawasan berharga untuk pengembangan teknologi.



**Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian**

### 3.3 Pembangkitan Data *User* Dan Data *Channel*

Terdapat 2 jenis data yang menjadi inputan dalam penelitian ini yaitu data *user* dan data *channel* yang dibangkitkan berdasarkan skema jaringan yang telah ditentukan. Pembangkitan data dilakukan dengan cara mengetahui jumlah data *user* dan data *channel* yang digunakan. Posisi atau jarak *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx).



**Gambar 3. 2 Model *User* dan *Channel* pada Jaringan Heterogen [14]**

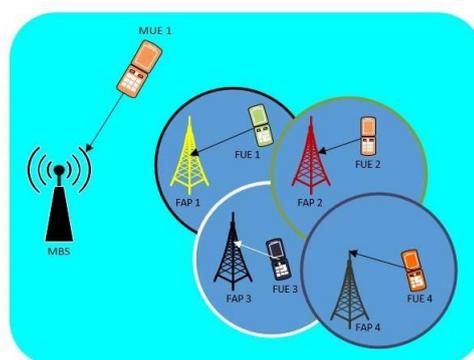
Pada Gambar 3.2 merupakan model *user* dan *channel* pada jaringan Heterogen, *user* dalam penelitian ini terdapat 2 pasang. Pasangan yang pertama berupa *femto user equipment* (FUE) dan *femto access point* (FAP) sedangkan pasangan kedua adalah pasangan *macro user equipment* (MUE) dan *macro base station* (MBS). Pembuatan data *user* bergantung pada jumlah *femtocell* dan *macrocell* yang digunakan dalam topologi jaringan yang disimulasikan. Sehingga jumlah *femtocell* dan *macrocell* menunjukkan jumlah *user* yang dibangkitkan dalam sistem. Pembangkitan data *channel* digunakan untuk mengetahui dampak pada parameter pengukuran, yaitu daya pancar *user* dan ketercapaian SINR target.

### 3.4 Penentuan *User*

Penelitian ini berfokus pada model kendali daya secara mandiri oleh *user* dengan menggunakan pendekatan *game theory* pada *user* yang terdistribusi dan *non-cooperative*. Dalam hal ini jaringan *Heterogen* sangat cocok untuk diterapkan karena *cognitive femtocell* mempunyai karakteristik *user* yang secara cepat berubah keadaan.

Tahapan awal dari penelitian ini adalah penentuan *user* yang akan dijadikan

objek penelitian. Status *user* dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 yakni *user* primer (*primary user*, PU) yang memiliki slot frekuensi (*channel*), dipasangkan dalam bentuk pasangan *macro user equipment* (MUE) dan *macro base station* (MBS), sedangkan untuk *user* sekunder (*secondary user*, SU) yang tidak memiliki lisensi atas *channel* tersebut, berupa pasangan dari *femto user equipment* (FUE) dengan *femto access point* (FAP). Status *user* yang dipilih disesuaikan dengan skenario jaringan yang akan dibangun sebagai asumsi keberadaan *user*.



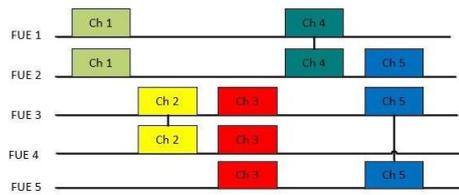
**Gambar 3. 3 Skema *User* dalam Jaringan *Cross-tier* [14]**

Gambar 3.3 merupakan skema *user* dalam jaringan *cross-tier* dimana status *user* yang bermain ada 2 yakni *user* primer atau *user* macro (MBS-MUE) dan *user* sekunder atau *user* femto (FAP-FUE), sehingga *user* macro berperan menjadi *aggressor* (penginterferensi) dari *user* femto pada jaringan *Heterogen*. Skema penggunaan *user* dalam penelitian ini menggunakan skenario 5 *user* yang terdapat 4 *femto user equipment* (FUE) dan 1 *macro user equipment* (MUE).

### 3.5 Pemodelan Sistem Jaringan Heterogen

Pemodelan sistem jaringan *Heterogen* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jaringan *cross-tier*. Jaringan *cross-tier* merupakan jaringan kombinasi yang menyatukan teknologi radio atau tipe *cell* dengan karakteristik yang berbeda. Dalam penelitian ini difokuskan pada dua jaringan yang berbeda tipe yaitu jaringan *macrocell* dengan *femtocell*. Penjelasan mengenai jaringan heterogen lebih lengkap terdapat pada Bab II Subab 2.2.9.

Kedua sistem komunikasi ini (*macrocell* dan *femtocell*) akan mengganggu satu sama lain saat menggunakan saluran yang sama. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan skema *multi-user multi-channel*, seperti ditunjukkan dalam skema penggunaan *channel* yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3. 4 Skema Penggunaan Channel pada 5 User [16]**

Gambar 3.4 merupakan skema penggunaan *channel* yang digunakan pada 5 *user*. Pada skema tersebut *channel* yang digunakan sebanyak 5 *channel* dengan masing-masing *user* menggunakan jumlah *channel* yang berbeda-beda. *Channel* yang digunakan oleh FUE 1 sebanyak 2 *channel* (1 dan 4), FUE 2 sebanyak 3 *channel* (1, 4 dan 5), FUE 3 sebanyak 3 *channel* (2, 3 dan 5), FUE 4 sebanyak 2 *channel* (2 dan 3) dan MUE 5 sebanyak 2 *channel* (3 dan 5).

Berdasarkan Gambar 3.4, maka matriks H dapat dibedakan menjadi 5 macam sesuai jumlah *channel*. H1 adalah matriks *channel* 1 yang digunakan oleh dua *user* yakni FUE 1 dan FUE 2, sehingga ukuran matriks H1 adalah 2x2 (sesuai jumlah *user* yang memakai *channel* tersebut). *User* yang menggunakan *channel* 1 sama dengan *user* yang menggunakan *channel* 4, sehingga matriks H1 akan sama dengan H4. Untuk matriks H lainnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$H1=H4=\begin{bmatrix} h11 & h12 \\ h21 & h22 \end{bmatrix}$$

$$H2=\begin{bmatrix} h33 & h34 \\ h43 & h44 \end{bmatrix}$$

$$H3=\begin{bmatrix} h33 & h34 & h35 \\ h43 & h44 & h45 \\ h53 & h54 & h55 \end{bmatrix}$$

$$H5=\begin{bmatrix} h22 & h23 & h25 \\ h32 & h33 & h35 \\ h52 & h53 & h55 \end{bmatrix}$$

### 3.6 Uji Fisibilitas

Uji fisibilitas pada sistem PCG dilakukan dengan menghitung nilai *eigenvalue matrix H*. setelah melakukan perhitungan nilai *eigenvalue matrix H* hasilnya harus memenuhi perstaratan nilai *matrix*  $|eigenvalue H| < 1$  dan vektor daya non-negatif. Dalam hal ini jika terbukti bahwa nilai *eigenvalue* memenuhi persyaratan ( $|eigenvalue H| < 1$ ), maka kondisi vektor daya non-negatif akan tercapai, yang berarti sistem termasuk fisibel. Sedangkan jika nilai *eigenvalue* tidak

memenuhi syarat, maka kondisi vektor daya akan negatif, yang berarti sistem tidak dalam kondisi fisibel.

### **3.7 Melakukan *Power Update* Koskie Gajic**

Strategi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan persamaan *power update* Koskie Gajic yang mengacu pada persamaan (2.4). Strategi ini digunakan untuk mengendalikan daya *user* di lingkungan yang dinamis, di mana kondisi saluran, kebutuhan pengguna, atau lingkungan jaringan dapat berubah dari waktu ke waktu. Tujuan dari penggunaan strategi ini adalah untuk mengatur daya yang dialokasikan pada setiap pengguna atau perangkat diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan daya yang optimal. Hasil dari suatu strategi *power update* akan berubah ketika kondisi *user* melakukan aktifitas atau berpindah tempat dari awal mula posisi *user*. Sedangkan hasil dari *power update* akan stabil (*nash equilibrium*) ketika *user* tidak melakukan aktifitas dan mencapai nilai tertentu (stabil).

### **3.8 Melakukan *Power Update* Al Gumaiei**

Strategi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan persamaan *power update* Al Gumaiei yang mengacu pada persamaan (2.7). Strategi ini digunakan untuk mengendalikan daya *user* di lingkungan yang dinamis, di mana kondisi saluran, kebutuhan pengguna, atau lingkungan jaringan dapat berubah dari waktu ke waktu. Tujuan dari penggunaan strategi ini adalah untuk mengatur daya yang dialokasikan pada setiap pengguna atau perangkat diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan daya yang optimal. Hasil dari suatu strategi *power update* akan berubah ketika kondisi *user* melakukan aktifitas atau berpindah tempat dari awal mula posisi *user*. Sedangkan hasil dari *power update* akan stabil (*nash equilibrium*) ketika *user* tidak melakukan aktifitas dan mencapai nilai tertentu (stabil).

### **3.9 Nash Equilibrium (NE)**

*Nash equilibrium* atau kesetimbangan *nash* adalah konsep teori permainan yang menentukan solusi optimal dalam menyelesaikan masalah teori permainan dengan karakteristik *non-cooperative*. Pada *Nash equilibrium*, terkait dengan level daya dari *user* lain, maka setiap *user* tidak dapat meningkatkan tingkat utilitasnya dengan melakukan perubahan daya pancar individual. Level daya yang sudah dipilih oleh *user* itu sendiri merupakan *best respon* terhadap daya yang dipilih oleh

*user* lain. Kondisi NE dalam *power update* dapat tercapai jika *user* melakukan *feasibility test* berdasarkan *eigenvalue absolut* dari matriks H yang hasilnya harus kurang dari 1 ( $|eigenvalue\ H| < 1$ ) dan vektor daya non-negatif.

### 3.10 Parameter Simulasi

Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian dengan metode *Game Theory Koskie Gajic* ditunjukkan pada Tabel 3.1 yang mencakup variabel – variabel yang digunakan untuk strategi pengambilan keputusan.

**Tabel 3. 1 Parameter Simulasi Jaringan Heterogen dalam Jaringan Cross - tier**

Parameter	Asumsi
FAP, MBS	4 dan 1
FUE, MUE	4 dan 1
SINR Target FUE, MUE	16,9 dB dan 23,3 dB
Jumlah <i>Channel</i> Maksimal	5
Konstanta $b_i$	1
Konstanta $c_i$	4
<i>Noise user</i>	$10^{-13}$ W
Daya Maksimal FUE dan MUE	1 W dan 5 W
Daya Initial FUE dan MUE	$2,22 \times 10^{-11}$ W

Pada Tabel 3.1 telah ditetapkan parameter yang akan digunakan dalam simulasi *cognitive femtocell* dalam jaringan *cross-tier* dengan menggunakan metode *Game Theory Koskie Gajic*. Percobaan dilakukan dengan jumlah 5 *user* yang terdiri dari (4 FUE, 1 MUE) dengan menggunakan *channel* maksimal 5. Asumsi *noise* untuk semua *user* nilainya sama yaitu  $10^{-13}$  W. Sedangkan untuk nilai asumsi SINR target dan daya maksimal pada FUE dan MUE dibuat berbeda. Nilai SINR target diambil dari Tabel 2.2 yakni menggunakan modulasi 16 QAM dengan nilai SINR target 16,9 untuk FUE sedangkan untuk MUE menggunakan modulasi 64 QAM dengan nilai SINR target 23,3. Penggunaan daya maksimal pada FUE dan MUE sebesar 1 W dan 5 W. Hal ini dibedakan karena adanya kebutuhan MUE dalam mencapai SINR target lebih tinggi dibandingkan dengan FUE.

### 3.11 Analisis Sistem Kendali Daya

Pada penelitian ini akan menganalisis hasil dari penerapan PCG Koskie Gajic dan Al Gumaiei, dalam hal ini meliputi 2 parameter yaitu daya yang dibutuhkan oleh *user* dan SINR target yang dicapai oleh *user*. Analisis ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan daya dalam jaringan komunikasi nirkabel. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan daya transmisi dari pengirim agar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi jaringan saat itu. Dengan mengontrol daya transmisi, jaringan dapat mengurangi konsumsi daya secara keseluruhan, meningkatkan efisiensi, dan meminimalkan interferensi yang ditimbulkan oleh transmisi yang berlebihan.

Parameter daya merujuk pada kekuatan sinyal yang ditransmisikan oleh perangkat pada jaringan komunikasi. Dalam analisis sistem kontrol daya, penting untuk memantau dan mengatur parameter daya secara dinamis, tergantung pada lingkungan jaringan yang berubah-ubah dan kebutuhan transmisi data.

SINR adalah ukuran penting untuk mengevaluasi kualitas sinyal dalam kondisi lingkungan yang berisik. Dalam analisis sistem kontrol daya, SINR digunakan untuk memastikan bahwa kekuatan sinyal yang diinginkan jauh lebih besar daripada interferensi dan kebisingan, sehingga memastikan transmisi data yang andal dan berkualitas tinggi.