

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan langkah-langkah berikut dalam melakukan penelitian:

1. Studi literatur

Dalam tugas akhir ini, dibutuhkan pengumpulan literatur dan bahan kajian yang terkait dengan permasalahan yang dihadapi. Pengumpulan tersebut dapat meliputi jurnal, buku, artikel, internet, atau sumber lain yang bisa dijadikan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

2. Perancangan sistem

Pembuatan rencana dilakukan berdasarkan penelitian literatur yang sudah terkumpul dengan mempertimbangkan persamaan matematika (model sistem) yang terkait dengan masalah yang sedang dihadapi.

3. Simulasi

Simulasi diterapkan melalui penggunaan perangkat lunak Matlab yang berfungsi untuk memproses data dan membuat grafik hasil simulasi.

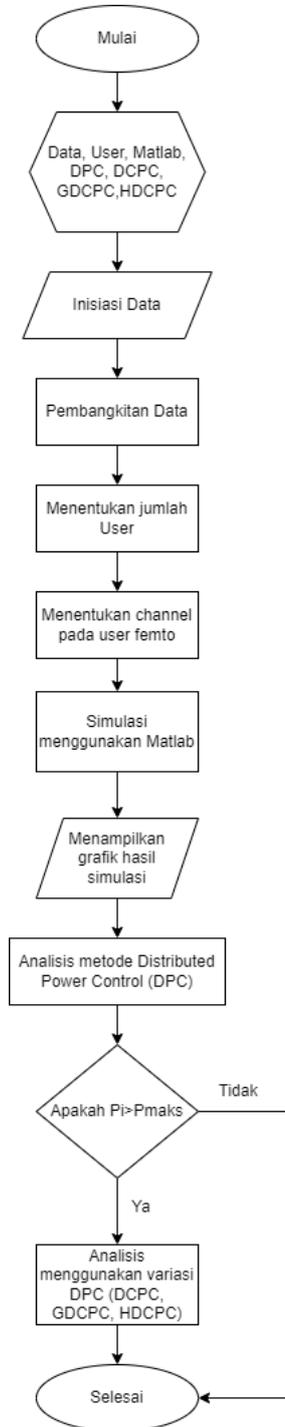
4. Analisis Hasil

Setelah melakukan perancangan dan simulasi, tahapan terakhir adalah membuat sebuah grafik yang mencerminkan hasil dari simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini. Kemudian, langkah terakhirnya adalah menganalisis grafik yang telah dibuat dan menyimpulkan informasi yang terkandung dalam grafik tersebut oleh peneliti.

3.2 Alur Penelitian

Dalam studi "Analisis Variasi Sistem Kendali Daya Terdistribusi DCPC, HDCPC, dan GDCPC pada Jaringan *Co-tier Femtocell*", beberapa percobaan dilakukan dengan menggunakan algoritma DPC. Tahap awal melibatkan pengujian kelayakan jaringan menggunakan metode *Distributed Power Control* (DPC). Kemudian, tahap kedua hingga keempat melibatkan penggunaan metode *Distributed Constrained Power Control* (DCPC), *Half Distributed Constrained Power Control* (HDCPC), dan *Generalized*

Distributed Constrained Power Control (GDCPC) untuk memeriksa variasi yang terjadi saat jaringan *femtocell* diuji coba dengan konvergensi yang melebihi P_{maks} . Informasi lebih lanjut dapat ditemukan di dalam diagram alir yang terlampir.



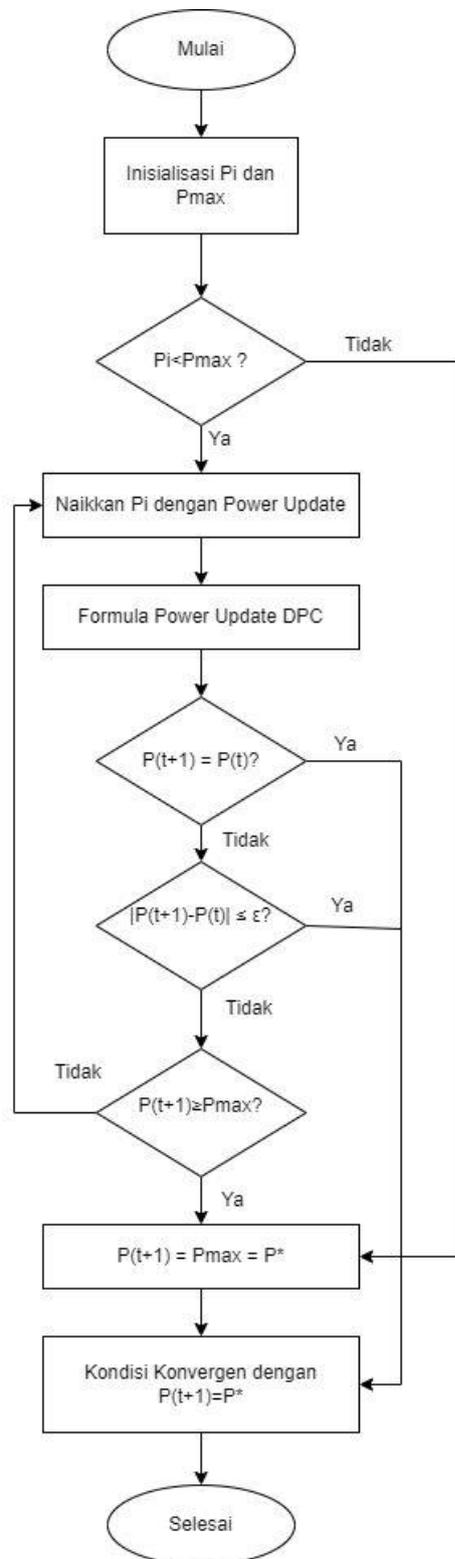
Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Dalam Gambar 3.1, dijelaskan tentang proses penelitian mengenai kendali daya menggunakan metode *Distributed Power Control* (DPC) beserta variasinya yaitu *Distributed Constrained Power Control* (DCPC), *Generalized Distributed Constrained Power Control* (GDCPC), dan *Half Distributed Constrained Power Control* (HDCPC). Langkah pertama adalah menentukan data pembangkitan dengan menginisiasi pengguna dan *channel*. Tahap kedua melibatkan menentukan jumlah pengguna, sedangkan pada tahap ketiga, *channel* pengguna yang digunakan dalam jaringan ditentukan. Kemudian, model sistem ditentukan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab. Selanjutnya, hasil simulasi jaringan *femtocell* dianalisis dengan menggunakan metode DPC. Jika nilai DPC konvergen dan nilai P_i melebihi P_{maks} , maka variasi DPC seperti DCPC, GDCPC, dan HCPC digunakan untuk mengevaluasi kelayakan jaringan dan menganalisis variasi jaringan yang terjadi.

3.3 Alur Penelitian DPC

Untuk menguji kelayakan metode DPC, dilakukan simulasi dengan menggunakan algoritma DPC. Tahap pertama adalah menginisiasi nilai P_i dan P_{max} . Selanjutnya, terdapat dua kemungkinan pada tahap berikutnya. Jika nilai $P_i < P_{max}$ bernilai salah, maka dilakukan persamaan $P(t+1) = P_{max} = P^*$ untuk memastikan bahwa kondisi jaringan sudah konvergen. Namun, jika nilai $P_i < P_{max}$ bernilai benar, maka nilai P_i harus dinaikkan menggunakan *power update* DPC. Setelah itu, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan $P(t+1) = P^*$. Jika kondisi tersebut bernilai benar, maka kondisi jaringan konvergen. Namun, jika kondisinya salah, maka dilakukan perhitungan dengan kondisi nilai dayanya harus bernilai positif dan kurang dari nilai daya total. Jika kondisi ini terpenuhi, maka akan menghasilkan nilai daya yang konvergen. Namun, jika kondisinya tidak terpenuhi, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan $P(t+1) \leq P_{max}$. Jika kondisi ini terpenuhi, dilakukan uji konvergensi daya. Namun, jika kondisinya salah, proses *power update* DPC dilakukan lagi hingga

memenuhi kondisi yang konvergen. Semua tahapan ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Alur Penelitian Metode DPC

3.4 Alur Penelitian DCPC

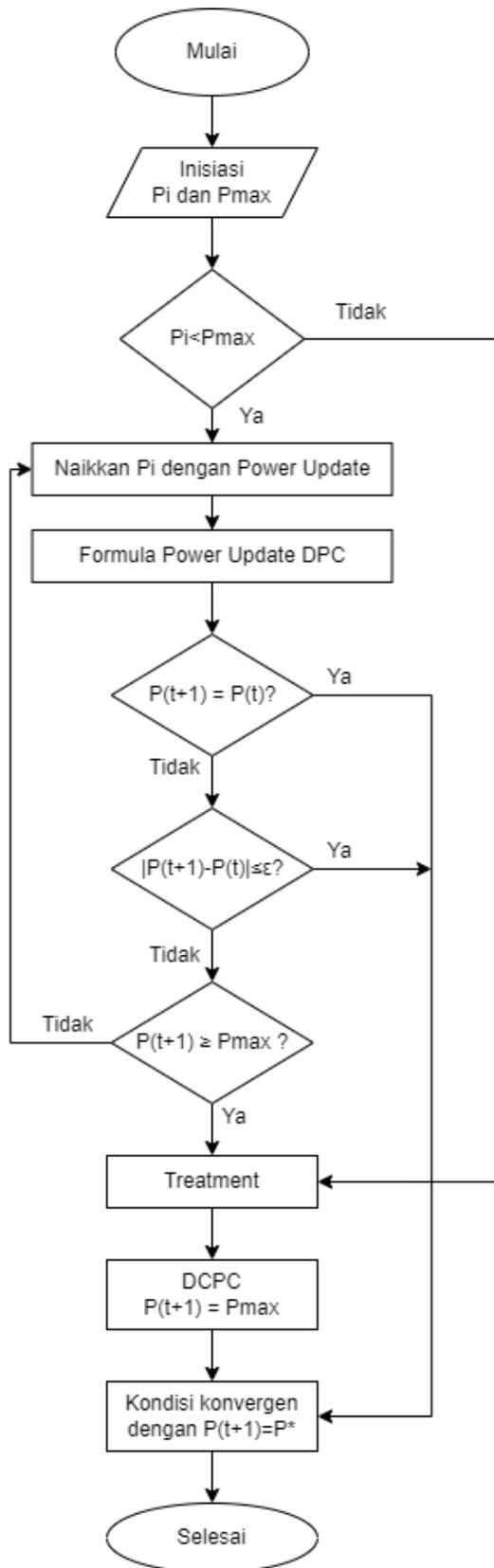
Gambar 3.3 merupakan ilustrasi alur penelitian kontrol daya terdistribusi dengan metode DCPC. Penelitian ini diawali dengan menginisialisasi nilai P_i dan P_{max} yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Setelah memulai nilai P_i dan P_{max} , ada dua kemungkinan yang bisa terjadi.

Pertama, jika nilai P_i lebih besar dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan perhitungan menggunakan persamaan DCPC yang memenuhi $P(t + 1) = P_{max}$ dan kondisi jaringan asimetris atau konvergen. Pada titik ini peneliti melakukan modifikasi pada sistem jaringan dan jaringan konvergen.

Kedua, jika nilai P_i lebih kecil dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan ketiga persamaan yang telah ditentukan untuk sampai pada keadaan jaringan yang konvergen. Pada tahap ini yang merupakan tahap metode DPC, peneliti mengoptimalkan sistem jaringan untuk memastikan konvergensi jaringan.

Selain itu, pada tahap ini, berbagai aspek teknis dan parameter jaringan dievaluasi secara rinci. Ini termasuk analisis kinerja jaringan berdasarkan data yang dikumpulkan dari masing-masing elemen jaringan, seperti daya yang dikonsumsi, kualitas sinyal, dan tingkat interferensi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mencapai konvergensi jaringan secara umum tetapi juga untuk memahami dinamika jaringan secara mendalam.

Secara keseluruhan, metode DCPC digunakan untuk mengontrol pembangkitan daya yang melebihi P_{max} dan memastikan bahwa daya yang dihasilkan sesuai dengan permintaan daya saat ini dari jaringan terdistribusi. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan dapat mencapai efisiensi dan kehandalan yang tinggi dalam sistem jaringan.



Gambar 3. 3 Alur penelitian DCPC

3.5 Alur Penelitian HDCPC

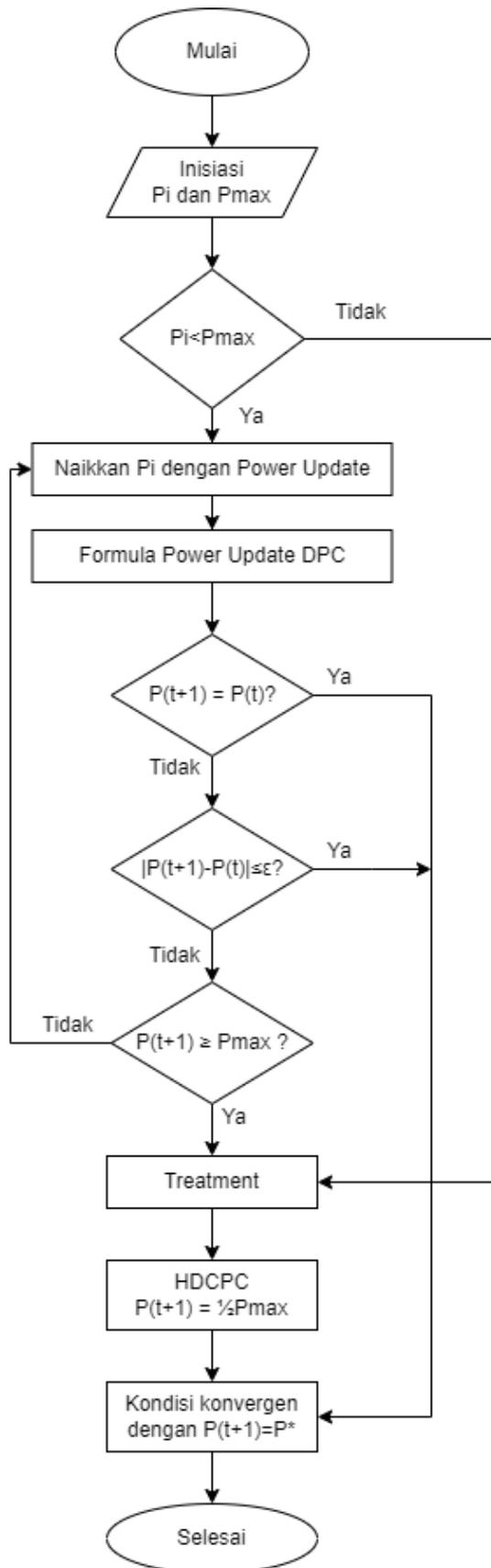
Gambar 3.5 merupakan flowchart alur penelitian kontrol daya terdistribusi dengan metode HDCPC. Sama dengan metode sebelum-sebelumnya Penelitian ini diawali dengan menginisialisasi nilai P_i dan P_{max} yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Setelah memulai nilai P_i dan P_{max} , ada dua kemungkinan yang bisa terjadi.

Perbedaan metode DCPC dan GDCPC dengan HDCPC terletak pada treatment saat kondisi daya melebihi daya maksimal kondisi pertama yaitu, jika nilai P_i lebih besar dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan perhitungan menggunakan persamaan HDCPC yang memenuhi $P(t+1) = \frac{1}{2}P_{max}$ pada kondisi ini daya yang dipakai adalah setengah dari daya maksimal sebagai mitigasi dari metode DCPC yang menggunakan daya maksimal.

Penggunaan HDCPC menunjukkan upaya untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi dan kinerja dalam jaringan komunikasi nirkabel. Dengan mengadopsi pendekatan ini, jaringan dapat mengatasi tantangan yang muncul saat daya pengguna melebihi batas maksimal tanpa harus secara drastis menonaktifkan daya sepenuhnya seperti yang dilakukan oleh GDCPC.

Kedua, jika nilai P_i lebih kecil dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan ketiga persamaan yang telah ditentukan untuk sampai pada keadaan jaringan yang konvergen. Pada tahap ini yang merupakan tahap metode DPC, peneliti mengoptimalkan sistem jaringan untuk memastikan konvergensi jaringan.

Secara keseluruhan, metode GDCPC digunakan untuk mengontrol pembangkitan daya yang melebihi P_{max} dan memastikan bahwa daya yang dihasilkan sesuai dengan permintaan daya saat ini dari jaringan terdistribusi. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan dapat mencapai efisiensi dan kehandalan yang tinggi dalam sistem jaringan.



Gambar 3. 4 Alur penelitian HDCPC

3.6 Alur Penelitian GDCPC

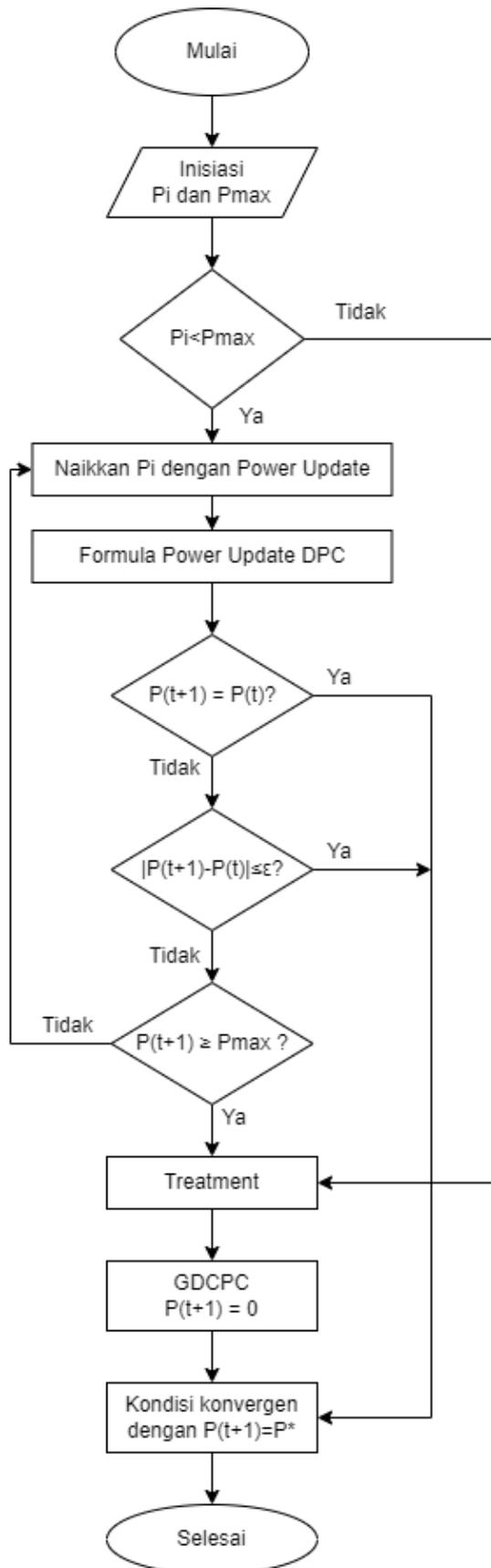
Gambar 3.4 merupakan ilustrasi alur penelitian kontrol daya terdistribusi dengan metode GDCPC. Sama dengan metode sebelumnya Penelitian ini diawali dengan menginisialisasi nilai P_i dan P_{max} yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Setelah memulai nilai P_i dan P_{max} , ada dua kemungkinan yang bisa terjadi.

Perbedaan metode DCPC sebelumnya dengan GDCPC terletak pada treatment saat kondisi daya melebihi daya maksimal kondisi pertama yaitu, jika nilai P_i lebih besar dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan perhitungan menggunakan persamaan GDCPC yang memenuhi $P(t + 1) = 0$ pada kondisi ini daya bisa dikatakan di nonaktifkan karena di nol kan sehingga tidak ada daya yang terdapat pada nilai dayanya.

Penggunaan GDCPC muncul sebagai respons terhadap tantangan yang muncul dalam manajemen daya pada jaringan yang semakin kompleks. Dengan menetapkan nilai daya menjadi nol saat melebihi batas maksimal, GDCPC menawarkan solusi yang lebih tegas dan langsung untuk mengatasi masalah daya yang berlebih. Meskipun pendekatan ini mungkin terlihat lebih drastis, hal ini membantu memastikan bahwa jaringan tidak terbebani oleh penggunaan daya yang tidak terkendali, yang dapat menyebabkan interferensi atau bahkan kerusakan pada jaringan

Kedua, jika nilai P_i lebih kecil dari P_{max} , langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan ketiga persamaan yang telah ditentukan untuk sampai pada keadaan jaringan yang konvergen. Pada tahap ini yang merupakan tahap metode DPC, peneliti mengoptimalkan sistem jaringan untuk memastikan konvergensi jaringan.

Secara keseluruhan, metode GDCPC digunakan untuk mengontrol pembangkitan daya yang melebihi P_{max} dan memastikan bahwa daya yang dihasilkan sesuai dengan permintaan daya saat ini dari jaringan terdistribusi. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan dapat mencapai efisiensi dan kehandalan yang tinggi dalam sistem jaringan.



Gambar 3. 5 Alur penelitian GDCPC

3.7 Pembangkitan Data *User* dan *Channel*

Dalam penelitian ini, ada dua jenis data yang dikumpulkan, yakni data pengguna dan data kanal yang dihasilkan sesuai dengan skema jaringan yang telah ditentukan. Data ini dibuat pada awal program dengan menentukan jumlah pengguna dan jumlah saluran yang akan digunakan. Posisi pasangan pengguna, yaitu transmitter (Transmitter/Tx) dan receiver (receiver/Rx), dipilih secara acak, tetapi tetap berada dalam cakupan *femtocell* pada topologi jaringan *Co-tier* atau dalam cakupan *macrocell* pada jaringan *Co-tier*. Dengan kata lain, posisi pasangan pengguna didistribusikan secara acak namun masih dalam jangkauan tertentu sesuai dengan topologi jaringan yang digunakan.

3.8 Penentuan *User*

Langkah selanjutnya dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pengguna yang akan dijadikan objek penelitian terkait penggunaan teknologi jaringan *femtocell* yang disebut sebagai “*cognitive femtocell*”. Pengguna dalam jaringan radio kognitif secara umum dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu *primary user* (PU) yang memiliki izin untuk mengakses slot frekuensi tertentu, dan *secondary user* (SU) yang tidak memiliki izin tersebut. Pada penelitian ini, *primary user* diwakili oleh pasangan total *user equipment* (MUE) dan *macro base station* (MBS), sedangkan *secondary user* diwakili oleh pasangan *femtosecond user equipment* (FUE) dan *access point. femtocells* (titik akses *femtocell*, FAP). Status pengguna yang ditentukan akan dimodifikasi sesuai dengan skenario jaringan yang akan dibangun berdasarkan asumsi keberadaan.

3.9 Uji Fisibilitas

Untuk menguji fisibilitas sistem DPC dilakukan dengan menghitung matriks *eigenvalue* H yang harus memenuhi persyaratan matriks $|eigenvalue H| < 1$. Jika nilai eigen H negatif atau lebih besar dari 1, sistem dianggap tidak layak atau tidak fisibel. Namun, jika nilai *eigenvalue* H kurang dari 1, sistem dianggap layak atau fisibel. Suatu sistem dianggap layak jika hasil perhitungan vektor daya memenuhi kondisi *non negative power vector* atau

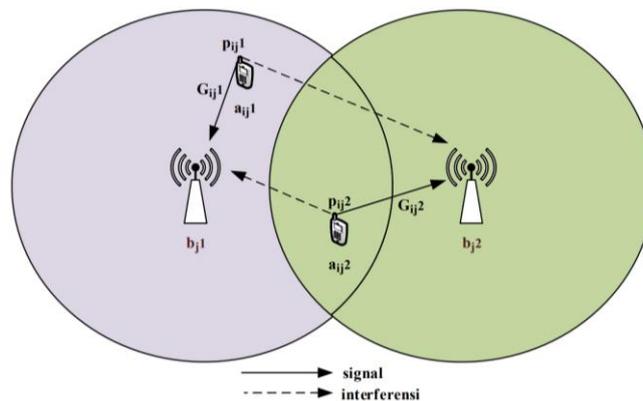
jika hasil perhitungannya positif, sistem dianggap tidak layak jika kondisi vektor daya *non-negatif* tidak terpenuhi. Pada penelitian ini fisibilitas diverifikasi dengan menghitung *matriks eigenvalue H*.

3.10 Uji Konvergensi

Pada metode kontrol daya terdistribusi *femtocell* terdapat dua parameter yang perlu diuji konvergensinya agar jaringan yang terbentuk dapat berkualitas baik. Kedua parameter tersebut adalah daya dan SINR. Konvergensi daya sistem DPC dapat diuji menggunakan Persamaan, sedangkan uji konvergensi SINR target dapat juga dilakukan menggunakan Persamaan. Untuk memastikan bahwa sistem yang dihasilkan memiliki daya konvergen dan SINR, beberapa iterasi harus dilakukan dengan menggunakan persamaan yang sama hingga nilai daya dan SINR yang dihitung mencapai titik konvergensi. Proses ini harus dilakukan beberapa kali untuk memastikan kestabilan daya yang dihasilkan dan nilai SINR.

3.11 Pemodelan Sistem

Dalam penelitian ini, model sistem yang digunakan menunjukkan beberapa pengguna Titik Akses *Femtocell* (FAP) sebagai penerima di setiap node, serta *femtosecond user equipment* (FUE) sebagai pemancar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Sistem model berisi sejumlah *femtocell* yang berdekatan, sehingga setiap *femtocell* dapat mengirimkan sinyal ke FUE.

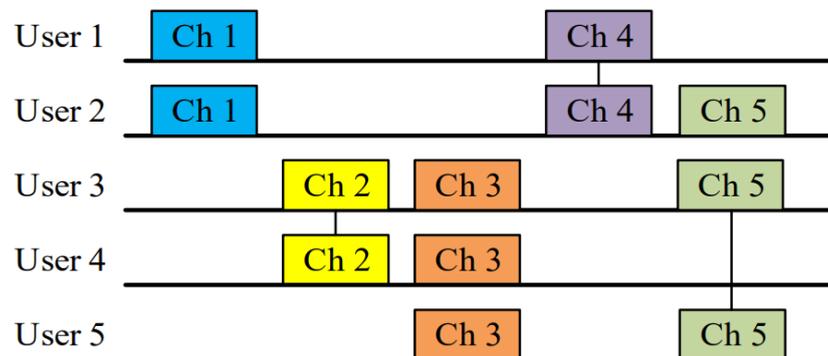


Gambar 3. 6 Model Sistem Jaringan Femtocell

Gambar 3.6 menunjukkan bagaimana link gain dari pengguna pemancar i ke FAP j_1 (a_{ij1}) dan dari pengguna pemancar i ke FAP j_2 (a_{ij2}) ke penerima j_2 (b_{j2}) masing-masing ditunjukkan oleh G_{ij1} dan G_{ij2} . Interferensi dapat terjadi karena pengaruh pengguna lain yang menggunakan saluran yang sama (*resource block*, RB). Monetisasi dari pengguna lain dianggap sebagai gangguan bagi pengguna tersebut. Interferensi yang dirasakan oleh *user* i pada FAP j_1 dan noise yang seragam pada masing-masing *user* dituliskan sebagai I_{ij1} dan σ^2 , dimana P_{ij1} adalah daya transmisi untuk *user* i pada FAP j_1 dan p_{ij2} adalah daya transmisi untuk *user* i pada FAP j_2 (b_{j2}).

3.12 Skema multi-channel 5 User

Skenario ini menyertakan 5 pasang *transmitter-receiver* atau disebut 5 pengguna (kelompok kecil) dalam model sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Skema Channel pada 5 user

Dari Gambar 3.7 terlihat bahwa matriks H dapat dibagi menjadi 5 jenis sesuai dengan jumlah kanal yang digunakan. Matriks H_1 adalah matriks Channel 1 yang digunakan oleh dua *user* yaitu *User1* dan *User2*, sehingga ukuran matriks H_1 adalah 2×2 (sesuai dengan jumlah *user* yang menggunakan channel). Pengguna yang menggunakan saluran 1 juga menggunakan saluran 4, sehingga matriks H_1 dan H_4 sama. Untuk matriks H lainnya dapat dilihat sebagai berikut:

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

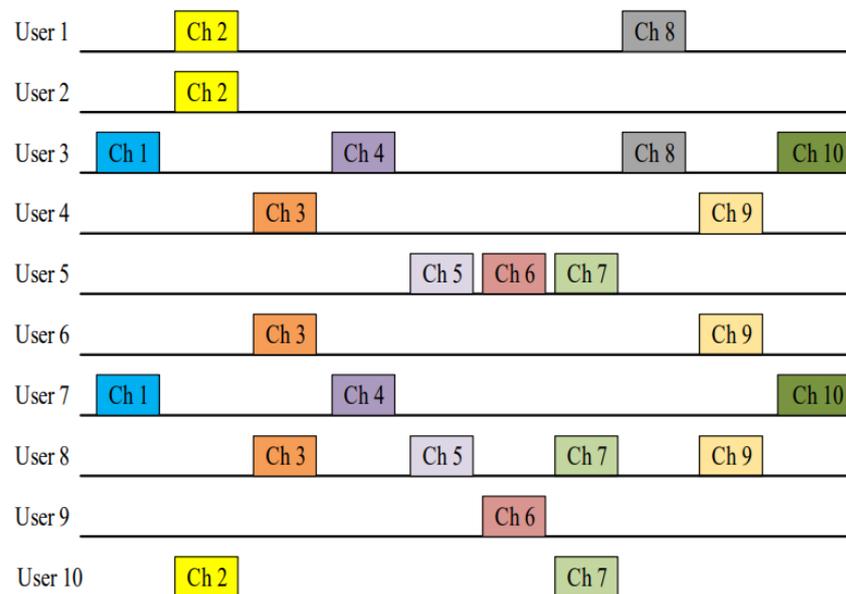
$$H2=\begin{bmatrix} h33 & h34 \\ h43 & h44 \end{bmatrix}$$

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

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

3.13 Skema multi-channel 10 User

Bagian saluran yang digunakan pengguna untuk transmisi dapat dilihat pada Gambar 3.8. Ada *user* yang menggunakan 2 channel secara bersamaan dan *user* yang menggunakan 3 channel secara bersamaan. Pada gambar 3.8. Matriks *linkgain* H dapat dibedakan berdasarkan pengguna yang menggunakan saluran secara bersamaan.



Gambar 3. 8 Skema Channel Untuk 10 User

Matriks *linkgain* H dapat dibedakan berdasarkan pengguna yang menggunakan saluran secara bersamaan. Pada Gambar 3.8 terlihat bahwa terdapat perbedaan jumlah saluran yang digunakan oleh setiap pengguna. Oleh karena itu, matriks *linkgain* H dapat dibagi menjadi 10 jenis berdasarkan jumlah saluran yang digunakan oleh setiap pengguna.

$$\begin{aligned}
H1=H4=H10 &= \begin{bmatrix} h33 & h37 \\ h73 & h77 \end{bmatrix} \\
H2 &= \begin{bmatrix} h11 & h12 & h110 \\ h21 & h22 & h210 \\ h101 & h102 & h1010 \end{bmatrix} \\
H3=H9 &= \begin{bmatrix} h44 & h46 & h48 \\ h64 & h66 & h68 \\ h84 & h86 & h88 \end{bmatrix} \\
H5 &= \begin{bmatrix} h55 & h58 \\ h85 & h88 \end{bmatrix} \\
H6 &= \begin{bmatrix} h55 & h59 \\ h95 & h99 \end{bmatrix} \\
H7 &= \begin{bmatrix} h55 & h58 & h510 \\ h85 & h88 & h810 \\ h105 & j108 & h1010 \end{bmatrix} \\
H8 &= \begin{bmatrix} h11 & h13 \\ h31 & h33 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

3.14 Parameter Simulasi

Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian dengan menggunakan metode *Power Control*. Parameter ini digunakan sebagai nilai referensi yang telah ditentukan dan data input. Daftar parameter dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 3. 1 Parameter Simulasi

Parameter	Value	Sumber	Keterangan
σ^2	$10^{-13}W$	[4]	Noise
γ^{tar}	6,8 dB dan 9,9 dB	[24]	SINR Target
N	5 dan 10	[5]	Jumlah <i>User</i>
K	5 dan 10	[5]	Jumlah kanal
P_{max}	50 mW	[27]	Daya maksimal
P_{in}	$2,22 \times 10^{-16} W$	[4]	Daya awal

Pada Tabel 3.1 parameter yang ditentukan pada penelitian ini akan digunakan untuk menguji konvergensi jaringan pada skema *Distributed Power Control* (DPC) menggunakan skema 5 *user* dan 10 *user*. Parameter ini termasuk nilai target SINR atau γ^{tar} sebesar 6,8 dB dan 9,9 dB. Berdasarkan nilai SIR yang ditentukan. modulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah BPSK dan QPSK.