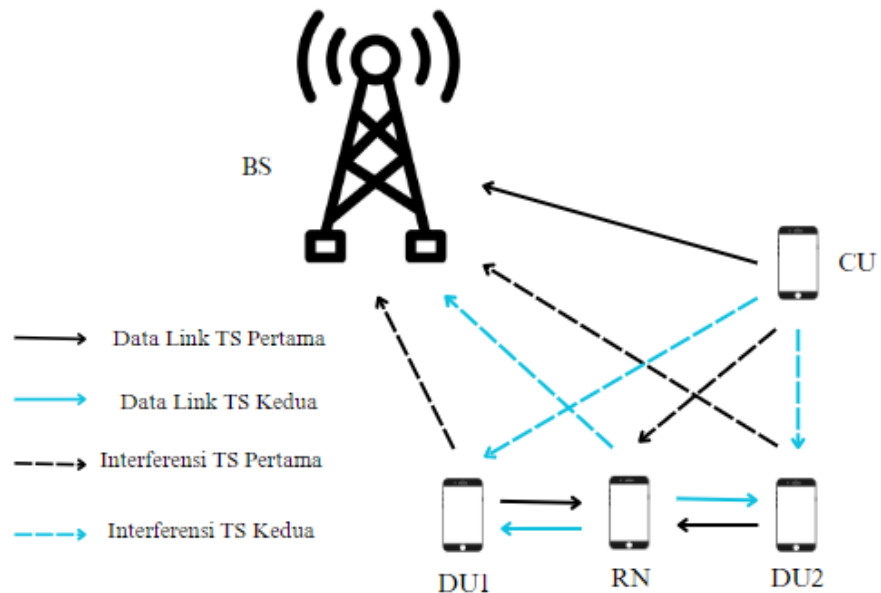


## BAB 3

### MODEL SISTEM DAN SIMULASI

#### 3.1 PEMODELAN SISTEM

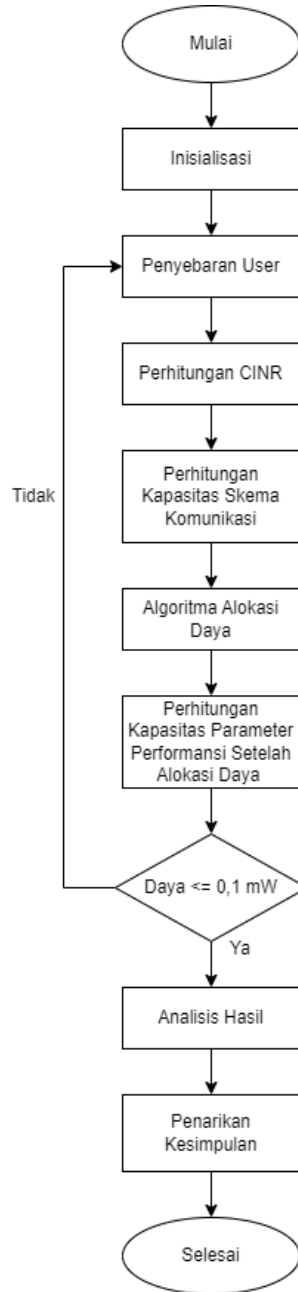
Model sistem pada penelitian ini terdiri dari satu pasangan D2D ( $DU_1$  dan  $DU_2$ ), dan satu *base station* (BS) serta terdapat satu *celuler user* (CU). Ketika  $DU_1$  dan  $DU_2$  berkomunikasi satu sama lain menggunakan frekuensi *uplink* dan alokasi daya yang dialokasikan pada CU. Hal tersebut menimbulkan interferensi antara *link* seluler dengan *link* D2D seperti yang digambarkan pada gambar 3.1. Saat memberikan sumber daya *uplink*, interferensi komunikasi D2D hanya akan mempengaruhi *base station* (BS). Transmisi D2D dibagi menjadi dua *time slots*, saat *time slot* (TS) pertama,  $DU_1$  dan  $DU_2$  akan mengirimkan pesan ke RN, kemudian *relay* akan melakukan protokol *decode and forward* yaitu mengkodekan ulang pesan dan mentransmisikan ulang ke  $DU_1$  dan  $DU_2$  pada *time slot* kedua.



**Gambar 3. 1 Komunikasi Relay Aided D2D**

### 3.2 ALUR SIMULASI

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang diuraikan pada *flowchart* yang terdapat pada gambar 3.2



**Gambar 3. 2 Alur Simulasi**

### 3.2.1 Inisialisasi

Inisialisasi adalah langkah pertama dalam simulasi. Langkah ini melakukan penentuan jumlah perangkat yang digunakan pada penelitian ini, perangkat yang digunakan adalah CU, pasangan D2D, *Relay*, radius pancaran BS, dan jarak D2D ke RN. Model sistem sudah dijelaskan pada gambar 3.2. Setelah proses inisialisasi akan dilanjutkan penyebaran user. Adapun Inisialisai yang dilakukan pada software simulasi pada gambar 3.3.

```
20      %inisialisasi
21 -    r = dd2d; %maksimum radius cell
22 -    minr = 25; %minimum radius BS
23 -    rcu = 200; %Maksimum radius CU
24 -    cu = 1;%jumlah user CU
25 -    d2d = 1; %jumlah pasangan D2D
26 -    d1 = d2d; %d1 sebagai user Dtx
27 -    d2 = d2d; %d2 sebagai user Drx
28 -    maxrd2 = 80;
29 -    minrd = 20;
```

Gambar 3. 3 Potongan Script Inisialisasi

### 3.2.2 Penyebaran User

Tahap ini perangkat CU, pasangan D2D, dan *Relay* disebarkan dalam *cell* dengan cara memanggil fungsi yang telah dibuat seperti pada gambar 3.4. *Relay* ditempatkan diantara perangkat D2D sehingga komunikasi  $DU_1$  dengan  $DU_2$  harus melalui RN yang dapat menjaga kualitas komunikasi tetap berjalan dengan baik.

```
522      %fungsi sebar user
523 -    function [d,theta,y,x] = sebaruser(max,min,j)
524 -    %generate random d
525 -    d = randi([min,max],j,1);
526 -    theta = randi([0,360],j,1)/(2*pi);
527 -    %untuk x & y
528 -    y = d.*sin(theta);
529 -    x = d.*cos(theta);
530 -    end
```

Gambar 3. 4 Potongan Script Fungsi Sebar User

### 3.2.3 Perhitungan CINR

Penelitian ini melakukan perhitungan CINR pada *software matlab* terhadap skema yang akan dijadikan sebagai perbandingan analisis diantaranya perhitungan CINR pada skema *Half Duplex* dan *Full Duplex*, serta perhitungan CINR pada *Relay Aided*.

#### 3.2.3.1 Perhitungan CINR HD

Perhitungan CINR pada skema half duplex dapat dilakukan dengan menjabarkan persamaan 2.1 kedalam persamaan 3.1 dan 3.2

$$\gamma_c = \frac{g_{c,bs}}{P_d \cdot g_{d1,bs} + NW} \quad (3.1)$$

$$\gamma_d = \frac{g_{d1,d2}}{P_d \cdot g_{c,d2} + NW} \quad (3.2)$$

Keterangan :

$\gamma_c$  = CINR pada CU

$\gamma_d$  = CINR pada DU

$p_c$  = *Transmit power* pada CU

$p_d$  = *Transmit power* pada DU

$g_{c,bs}$  = Gain dari CU ke BS

$g_{d1,bs}$  = Gain dari D1 ke BS

$g_{d1,d2}$  = Gain dari D1 ke ke D2

$g_{c,d1}$  = Gain dari CU ke ke D1

$N$  = *Noise*

$W$  = *Bandwidth*

#### 3.2.3.2 Perhitungan CINR FD

Nilai CINR dari D2D pada mode *full duplex* dapat dilakukan dengan menjabarkan persamaan 2.1 kedalam pada persamaan 3.3.

$$\gamma_{di,dj} = \frac{g_{di,dj}}{P_c \cdot g_{ci,dj} + P_{di} + NW} \quad (3.3)$$

Dimana  $(i,j) \in (1,2),(2,1)$ . [5]

Keterangan :

- $\gamma_{di,dj}$  = CINR pada pasangan D2D
- $p_c$  = *Tansmit power* pada CU
- $p_d$  = *Tansmit power* pada DU
- $g_{di,dj}$  = Gain dari D1 ke D2 atau sebaliknya
- $g_{ci,dj}$  = Gain dari CU ke ke DU
- $N$  = *Noise*
- $W$  = *Bandwidth*

Nilai CINR dari CU dapat dilakukan menjabarkan persamaan 2.1 pada persamaan 3.4

$$\gamma_c = \frac{g_{c,bs}}{P_{d1} \cdot g_{d1,bs} + P_{d2} \cdot g_{d2,bs} + NW} \quad (3.4)$$

Keterangan :

- $\gamma_c$  = CINR pada CU
- $p_{d1}$  = *Tansmit power* pada D1
- $p_{d2}$  = *Tansmit power* pada D2
- $g_{c,bs}$  = Gain dari CU ke BS
- $g_{d1,bs}$  = Gain dari D1 ke BS
- $g_{d2,bs}$  = Gain dari D1 ke BS
- $N$  = *Noise*
- $W$  = *Bandwidth*

### 3.2.3.2 Perhitungan CINR RA

Perhitungan CINR pada *relay aided* pada TS pertama dengan CINR DU1 ke *relay* dan DU2 ke *relay* dapat diketahui dengan dengan menjabarkan persamaan 2.1 kedalam persamaan 3.5

$$\gamma_{di,r} = \frac{g_{di,r}}{P_c \cdot g_{c,r} + NW} \quad (3.5)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \gamma_{di,r} &= \text{CINR DU ke relay} \\ p_c &= \text{Tansmit power pada CU} \\ g_{di,r} &= \text{Gain dari DU ke relay} \\ g_{c,r} &= \text{Gain dari CU ke relay} \\ N &= \text{Noise} \\ W &= \text{Bandwidth} \end{aligned}$$

Perhitungan CINR pada TS kedua yaitu *relay* ke DU1 dan *relay* ke DU2 dapat diketahui dengan menjabarkan persamaan 2.1 kedalam persamaan 3.6

$$\gamma_{r,di} = \frac{g_{di,r}}{P_c \cdot g_{c,di} + NW} \quad (3.6)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \gamma_{r,di} &= \text{CINR DU ke relay} \\ p_c &= \text{Tansmit power pada CU} \\ g_{di,r} &= \text{Gain dari DU ke relay} \\ g_{c,di} &= \text{Gain dari CU ke DU} \\ N &= \text{Noise} \\ W &= \text{Bandwidth} \end{aligned}$$

Adapun pada transmisi CU dilakukan perhitungan CINR pada TS 1 dan TS 2 dengan menjabarkan persamaan 2.1 kedalam persamaan 3.7 dan 3.8

$$\gamma_c = \frac{g_{c,bs}}{P_{d1} \cdot g_{d1,bs} + P_{d2} \cdot g_{d2,bs} + NW} ; TS 1 \quad (3.7)$$

$$\gamma_{r,di} = \frac{g_{c,bs}}{P_r \cdot g_{r,bs} + NW} ; TS 2 \quad (3.8)$$

Keterangan :

- $\gamma_c$  = CINR pada CU
- $\gamma_{r,di}$  = CINR *relay* ke DU
- $p_r$  = *Tansmit power* pada *relay*
- $p_{d1}$  = *Tansmit power* pada D1
- $p_{d2}$  = *Tansmit power* pada D2
- $g_{c,bs}$  = Gain dari CU ke BS
- $g_{d1,bs}$  = Gain dari D1 ke BS
- $g_{d2,bs}$  = Gain dari D2 ke BS
- $g_{r,bs}$  = Gain dari *relay* ke BS
- $N$  = *Noise*
- $W$  = *Bandwidth*

### 3.2.4 Perhitungan Kapasitas

Pada tahapan simulasi ini dilakukan perhitungan kapasitas pada *software matlab* pada ketiga skema komunikasi *half duplex*, *full duplex*, dan *relay aided*.

#### 3.2.4.1 Perhitungan Kapasitas HD

Perhitungan kapasitas *half duplex* pada DU and CU dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan pada persamaan 2.5 dan 2.6.

#### 3.2.4.2 Perhitungan Kapasitas FD

Perhitungan kapasitas *full duplex* pada D2D and CU dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan pada persamaan 2.5 dan 2.6.

### 3.2.4.3 Perhitungan Kapasitas RA

Perhitungan kapasitas *Relay Aided* terhadap CU dan D2D dengan menjabarkan persamaan 2.5 kedalam persamaan 3.12 dan 3.13.

$$R_1^{RA} = W \log_2(1 + \min(p_{d_1} \cdot \gamma_{d_1,r}, p_{r_2} \cdot \gamma_{r,d_2})) \quad (3.12)$$

$$R_2^{RA} = W \log_2(1 + \min(p_{d_2} \cdot \gamma_{d_2,r}, p_{r_1} \cdot \gamma_{r,d_1})) \quad (3.13)$$

Keterangan :

$R_1^{RA}$  = Kapasitas *relay* ke D1 dan *relay* ke D2

$R_2^{RA}$  = Kapasitas D2 ke *relay* dan *relay* ke D1

$W$  = *Bandwidth*

$p_{d1}$  = *Transmit power* pada D1

$p_{d2}$  = *Transmit power* pada D2

$p_r$  = *Transmit power* pada *relay*

$\gamma_d$  = CINR pada DU

Pada perhitungan ini  $R_1$  melakukan perhitungan kapasitas terhadap nilai minimum antara SINR D1 ke *relay* maupun *relay* ke D2. untuk  $R_2$  dilakukan perhitungan kapasitas terhadap nilai minimum antara nilai SINR D2 ke *relay* maupun *relay* ke D1. Kemudian dijumlahkan  $R_1$  dan  $R_2$ , maka dengan jumlah keseluruhan tersebut didapatkan nilai kapasitas pada skema simulasi *relay aided*.

### 3.2.5 Algoritma Alokasi Daya

*Optimal solution* didapatkan berdasarkan alokasi daya yang optimal menggunakan algoritma *iterative* yaitu algoritma yang melakukan sistem perulangan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan sehingga alokasi daya pada *relay* dan D2D menjadi optimal [5]. Hasil dari perhitungan daya CU sesuai masukan nilai daya D2D dan *relay* yang telah dialokasi akan menghasilkan nilai yang optimal. Berikut ini merupakan *Pseudo code* menggunakan algoritma *iterative* yang digunakan pada sistem [5]. Adapun script yang digunakan pada software simulasi untuk menerapkan algoritma *iterative* pada gambar 3.5.



**Data :**  $\epsilon = 0,1 \text{ mWatt}$ ,  $P_{d_1} = P_{d_2} = P_{r_1} = P_{r_2} = P_d^{max}$

**Output :**  $P_c = P_{d_1} = P_{d_2} = P_{r_1}$  and  $= P_{r_2}$

1. Lakukan perhitungan pada  $P_c$
2. Dapatkan daya optimal ( $P_{d_1} = P_{d_2} = P_{r_1} = P_{r_2}$ ) berdasarkan kasus CINR persamaan 2.11, 2.12, 2.13, dan 2.14
3. Lakukan perhitungan kembali pada  $P_c$  dengan mensubstitusi solusi sub-optimal kemudian diperoleh dari langkah kedua pada persamaan
4. **If** ( $P_c = P'_c$ )  $> \epsilon$  **then** return to step 2
5. **Else** return  $P_c = P_{d_1} = P_{d_2} = P_{r_1}$  and  $= P_{r_2}$

```
343 %Case 1234
344 - if (cinr_d1_relay_ra <= cinr_relay_d2_ra) && (cinr_d2_relay_ra <= cinr_relay_d1_ra)
345 -     Pd1_ra = PTx_d1_mwatt;
346 -     Pd2_ra = PTx_d2_mwatt;
347 -     Pr2_ra = PTx_d2_mwatt*(cinr_d1_relay_ra/cinr_relay_d2_ra);
348 -     Pr1_ra = PTx_d1_mwatt*(cinr_d2_relay_ra/cinr_relay_d1_ra);
349 - elseif (cinr_d1_relay_ra <= cinr_relay_d2_ra) && (cinr_d2_relay_ra >= cinr_relay_d1_ra)
350 -     Pd1_ra = PTx_d1_mwatt;
351 -     Pr1_ra = PTx_d2_mwatt;
352 -     Pr2_ra = PTx_d2_mwatt*(cinr_d1_relay_ra/cinr_relay_d2_ra);
353 -     Pd2_ra = PTx_d1_mwatt*(cinr_d2_relay_ra/cinr_relay_d1_ra);
354 - elseif (cinr_d1_relay_ra <= cinr_relay_d2_ra) && (cinr_d2_relay_ra >= cinr_relay_d1_ra)
355 -     Pr2_ra = PTx_d1_mwatt;
356 -     Pd2_ra = PTx_d2_mwatt;
357 -     Pd1_ra = PTx_d2_mwatt*(cinr_d1_relay_ra/cinr_relay_d2_ra);
358 -     Pr1_ra = PTx_d1_mwatt*(cinr_d2_relay_ra/cinr_relay_d1_ra);
359 - else (cinr_d1_relay_ra <= cinr_relay_d2_ra) && (cinr_d2_relay_ra >= cinr_relay_d1_ra)
360 -     Pr2_ra = PTx_d1_mwatt;
361 -     Pr1_ra = PTx_d2_mwatt;
362 -     Pd1_ra = PTx_d2_mwatt*(cinr_d1_relay_ra/cinr_relay_d2_ra);
363 -     Pd2_ra = PTx_d1_mwatt*(cinr_d2_relay_ra/cinr_relay_d1_ra);
364 - end
```

**Gambar 3. 5 Potongan Script Algoritma Iterative**

### 3.2.6 Analisa Hasil dan Penarikan Kesimpulan

Hasil dari perhitungan parameter performansi pada *half duplex*, *full duplex*, dan *relay aided* akan dianalisa, setelah mendapatkan hasil analisa akan disimpulkan bagaimana kinerja relay pada sistem komunikasi D2D.

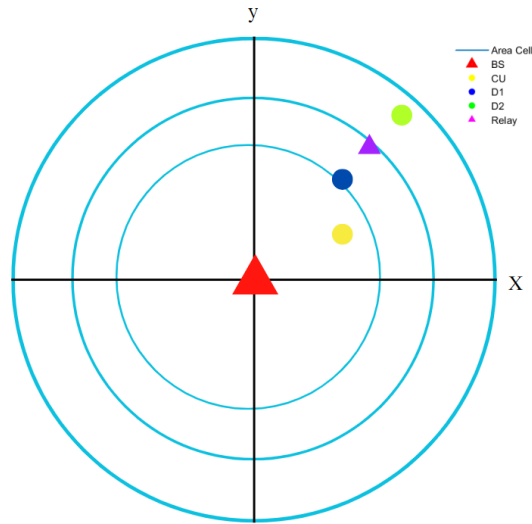
### 3.2.7 Skenario Simulasi

Pada simulasi penelitian ini akan dilakukan analisis berdasarkan variasi jarak pasangan D2D terhadap BS. Adapun parameter simulasi pada table 3.1.

**Tabel 3. 1 Nilai Parameter Skenario Simulasi**

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
Jumlah User CU	1
Jumlah pasangan D2D	1
Radius Sel	450 m
Variasi jarak pasangan D2D terhadap BS	-450, ... 200, 250, 300, 350,450 m
Daya Maksimun CU	24 dBm
Daya Maksimun DU	22 dBm
Daya Maksimun Relay	30 dBm
Pathloss Eksponen	3
Noise	-174 dBm/Hz
Frekuensi Kerja	2.6 GHz
<i>Channel Bandwidth</i>	1 MHz

Variasi jarak dilakukan mulai dari jarak -450 m sampai 450 m dengan penambahan jarak setiap 50 m, digambarkan seperti pada gambar 3.6 dimana sumbu  $x$  dan  $y$  adalah jarak dengan satuan meter.



**Gambar 3. 6** Gambaran skenario simulasi

Hasil ini akan dianalisa berdasarkan empat skema komunikasi yaitu *half duplex*, *full duplex*, dan *relay aided sub optimal*, *relay aided optimal*. Sementara saat proses alokasi daya menggunakan algoritma *iterative* yaitu algoritma yang melakukan sistem perulangan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan sehingga alokasi daya pada *relay* dan D2D menjadi optimal. Parameter yang dianalisa skenario simulasi berupa *data rate*, *sumrate*, *spectral frequency*, *power efficiency*.