

Analisis Kinerja Algoritma Alokasi Sumber Daya Berbasis Simple *Particle Swarm Optimization* Untuk Sistem Komunikasi *Device To* (*Kinerjance Analysis Of Resource Allocation Algorithm Based On Simple Particle Swarm Optimization For Device To Device Communication Systems*)

1st Muhamad Arung Mawadji
Ridho Robiyantoko
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
muhamadarung@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nachwanma@telkomuniversity.ac.id

3rd Vinsensius Sigit Widhi Prabowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Perkembangan komunikasi seluler terus meningkat seiring dengan kebutuhan masyarakat. Komunikasi D2D menjadi solusi atas permasalahan yang terjadi, pada komunikasi D2D device dapat saling berkomunikasi secara langsung tanpa melalui eNB. Dalam komunikasi D2D menggunakan spektrum yang sama dengan CUE yang dapat meningkatkan efisiensi antar CUE namun dapat menyebabkan interferensi antar ke dua *user* maka dari itu untuk mengurangi interferensi yang terjadi antara CUE dan DUE dengan mengalokasikan sumber daya secara tepat. Pada penelitian ini, melakukan pengalokasian *resource* untuk mengatasi masalah interferensi dengan menggunakan algoritma SPSO dan *Greedy* untuk mengetahui nilai dari parameter kinerja. Dalam penelitian ini menggunakan skenario terhadap proses iterasi pada algoritma SPSO, iterasi yang digunakan yaitu 30, 50 dan 200. Berdasarkan hasil dari skenario, algoritma SPSO dibandingkan dengan algoritma *Greedy* pada iterasi 200, algoritma SPSO menghasilkan parameter kinerja terbaik dengan nilai *sumrate* $1,3310 \times 10^8$ bps dengan selisih 0,01% dari algoritma *Greedy* yaitu $1,3211 \times 10^8$ bps, efisiensi spektral 12,3239 bps/Hz dengan selisih 0,09% dari algoritma *Greedy* yaitu 12,2328 bps/Hz, efisiensi daya $2,1285 \times 10^3$ bps/mWatt dengan selisih 0,02% dari algoritma *Greedy* yaitu $2,1125 \times 10^3$ bps/mWatt, untuk nilai *fairness* pada iterasi 200 algoritma *Greedy* memiliki kinerja yang lebih baik yaitu di 0,91% untuk *fairness* CUE, 0,99% untuk *fairness*

D2D dan 0,92% untuk *fairness* total.

Kata kunci— Algoritma SPSO, *Device to Device*, Algoritma *Greedy*, *Resource Allocation*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan komunikasi seluler terus meningkat seiring dengan kebutuhan masyarakat, hal itu menyebabkan terjadinya beban trafik pada evolved Node B (eNB) yang disebabkan oleh banyaknya pengguna jaringan. Dalam jaringan 5G memiliki teknologi yaitu Device to Device (D2D) dimana fitur ini memiliki keunggulan yang mampu mengatasi permasalahan yang terjadi pada eNB yaitu beban *traffic*.

Komunikasi Device to Device (D2D) merupakan teknologi dalam komunikasi seluler generasi kelima (5G) yang dapat berkomunikasi secara langsung tanpa melalui eNB [1]. Komunikasi D2D merupakan komunikasi antar *device* secara langsung tanpa melibatkan eNodeB. Dalam komunikasi D2D menggunakan spektrum dipakai oleh Cellular User Equipment (CUE) yaitu overlay dan underlay [2]. Dalam sistem overlay, komunikasi antara D2D user Equipment (DUE) menggunakan sejumlah spektrum yang telah ditentukan untuk komunikasi. Pada penelitian ini spektrum yang digunakan yaitu dengan sistem underlay, dalam sistem underlay menggunakan spektrum yang sama dengan CUE, karena itu CUE membagi sumber daya spektrum yang dimiliki ke

pasangan DUE dengan menggunakan sistem tersebut dapat meningkatkan efisiensi dan sistem throughput. Akan tetapi dengan menggunakan sistem underlay dapat menyebabkan interferensi antara pengguna seluler dan pengguna D2D maka dari itu untuk mengurangi adanya interferensi perlu pengalokasian sumber daya yang tepat.

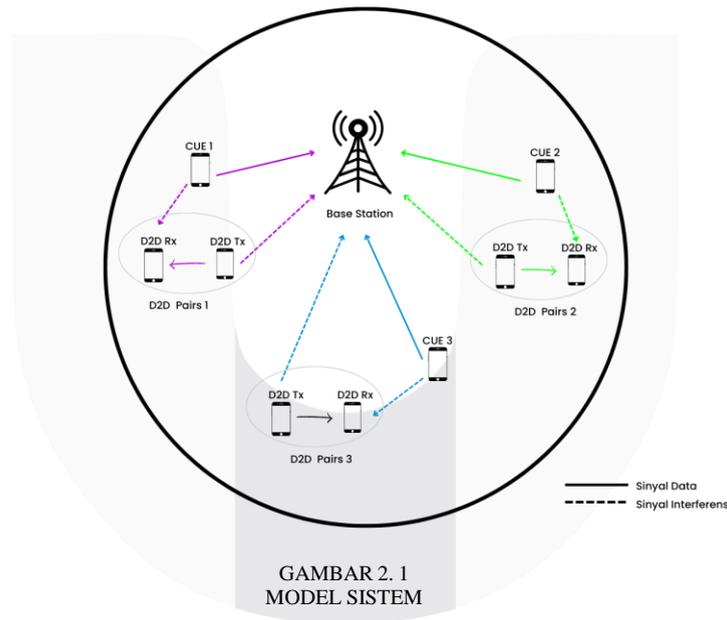
Suatu cara yang dapat mengurangi interferensi yaitu dengan pengalokasian *Resource Block* dan memaksimalkan *throughput system*. Pada penelitian ini solusi yang dicapai untuk dapat meminimalkan interferensi dengan mengalokasikan RB menggunakan algoritma *Simple Particle Swarm Optimization* (SPSO) [3]. Algoritma SPSO merupakan algoritma cara kerjanya mirip dengan algoritma PSO yaitu mencari nilai terbaik dengan cara mengevaluasi generasi berdasarkan nilai dari *objective function* dari seluruh *Resource Block* (RB). karena algoritma PSO merupakan algoritma yang konvergen prematur atau sulit untuk menemukan solusi lokal [4], kemudian pengalokasian *resource* dengan memilih nilai dari *sumrate* terbesar

hingga setiap CUE dan pasangan D2D sudah mendapatkan *resource*. Oleh karena itu solusi agar dapat meminimalkan interferensi yang terjadi dengan pengalokasian *resource* secara benar dan mengetahui kualitas dari parameter kinerja seperti *sumrate*, efisiensi spektral, efisiensi daya dan *fairness*.

II. METODE

A. Model Sistem dan Kanal

Pada penelitian ini sistem dimodelkan dengan sel tunggal, yang di dalamnya terdiri dari CUE dan pasangan D2D TX dan RX. CUE dan pasangan D2D didistribusikan secara acak di area cakupan BS dengan radius *cell* yaitu 500 meter. Gambar 1 menunjukkan komunikasi D2D *underlying* pada arah *uplink*, dimana pasangan D2D memerlukan *resource* dari CUE, tiap pasangan D2D menempati 1 *resource* yang sama dengan CUE. Hal ini menyebabkan interferensi yang ditunjukkan dengan garis putus putus. Interferensi dirasakan oleh BS dan CUE.



B. Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan nilai perbandingan daya yang diterima *receiver* dengan jumlah *noise* dan

interferensi yang terjadi. SINR yang diterima BS dengan pengaruh interferensi dari pasangan D2D dikalkulasi dengan persamaan

$$SINR_{CUE,l} = \frac{P_{CUE,l}}{N_o + P_{TX,u}} \quad (1)$$

Dalam SINR BS arah Uplink $P_{cue,l}$ merupakan daya terima dari CUE ke BS dalam satuan mWatt, N_o merupakan Noise dalam satuan mWatt, dan

Dalam SINR pasangan D2D $P_{tx,u}$ daya terima D2D Tx ke Rx dalam satuan mWatt, sedangkan $P_{Cu,l}$ daya terima dari CUE ke D2D Rx dalam satuan mWatt.

Menggunakan model kanal *Urban Micro System*

$$G_{u,l} = PL_{u,l} - \mu_{u,l} \quad (3)$$

$PL_{u,l}$ merupakan *path loss* yang dijelaskan dengan persamaan (4) $\mu_{u,l}$ merupakan variabel berdistribusi

$$PL_{u,l} = 22 \times \log_{10}(d) + 28 + 20 \times \log_{10}(f_c) \quad (4)$$

dimana d merupakan jarak dari pengirim ke penerima dalam satuan meter sementara f_c adalah frekuensi carrier dalam GHz.

III. ALGORITMA YANG DIAJUKAN

A. Algoritma *Greedy*

Algoritma *Greedy* merupakan algoritma membentuk solusi langkah per langkah dengan mencari nilai maksimum pada setiap langkahnya, dalam proses pengalokasian RB ke pasangan D2D pertama memilih kapasitas SINR terbesar yang dimiliki oleh CUE pertama. Pasangan D2D yang lain tidak dapat menggunakan *resource* yang sama yang telah dipakai oleh pasangan D2D sebelumnya. Proses ini dilakukan sampai semua *user* telah teralokasi.

B. Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritma *Particle Swarm Optimization*

$$V_i^{g+1} = c1.w1.rand() \times S^{pbest} - S^g + c2.w2.rand() \times S^{gbest} - S_{ig} \quad (5)$$

C. Simple Particle Swarm Optimization (SPSO)

Apabila nilai iterasi belum mencapai nilai maksimal, karena pada algoritma PSO sulit untuk menemukan solusi yang lebih luas dan nilai menjadi tidak optimal, untuk sisa dari jumlah D2D pada algoritma SPSO akan melakukan proses dengan pengambilan nilai dari *sumrate* terbesar pada sisa D2D yang belum teralokasi.

Iterasi dilakukan sebanyak 3 kali dengan nilai 30, 50, dan 200 sampai menemukan solusi terbaik. hingga dapat menemukan solusi terbaik, parameter P_{best} merupakan nilai dari kapasitas personal, G_{best} merupakan kapasitas sistem yang paling baik, C merupakan konstanta bilangan yang ditetapkan, dan nilai dari *objective function* dinyatakan pada f yang dimana merupakan (*sumrate* sistem - kapasitas SNR

$P_{tx,u}$ merupakan daya terima dari D2D Tx ke BS.

Adapun SINR pasangan D2D dengan pengaruh interferensi dari CUE dapat dengan persamaan

$$SINR_{D_{u,l}} = \frac{P_{tx,u}}{N_o + P_{cue,l}} \quad (2)$$

(UMi) dengan mempertimbangkan *path loss* dan *shadowing* menggunakan persamaan

rayleigh.

(PSO) proses nya dengan mencari nilai terbaik dengan cara meng evaluasi generasi berdasarkan nilai dari *objective function* dari seluruh *Resource Block* (RB).

Proses algoritma PSO dimulai dengan menginisialisasi jumlah partikel, kecepatan, dan posisi. Kemudian posisi awal pada tiap partikel dalam disebar secara acak. Kemudian nilai *fitness* setiap partikel ditafsir menurut fungsi (*objective function*) yang ditetapkan. Jika nilai *fitness* setiap partikel pada iterasi pertama lebih baik dari P_{best} dan G_{best} , maka P_{best} dan G_{best} atur untuk posisi saat ini. Menghitung kecepatan pada iterasi berikutnya dengan persamaan (5). Partikel bergerak ke proses awal untuk mengulangi sesuai dengan iterasi dari PSO.

CUE), sehingga dapat memaksimalkan kapasitas sistem.

D. Parameter Simulasi

Pada pekerjaan ini proses alokasi *resource* dilakukan menggunakan algoritma *Greedy* yang kemudian dibandingkan dengan SPSO. Proses alokasi dilakukan dengan memvariasikan jumlah iterasi pada algoritma SPSO. Tabel 1 menunjukkan parameter simulasi yang digunakan.

Selanjutnya dihitung parameter kinerja setiap algoritma yang digunakan. Parameter kinerja yang dihitung yaitu *sumrate*, *spectral efficiency*, *power efficiency*, *fairness* dan total daya. *Sumrate* menunjukkan banyak data yang ditransmisikan dalam satu detik. Persamaan (6) dan (7) digunakan dalam proses perhitungan *sumrate*.

$$C_{u,l} = B_{rb} \cdot \log_2(1 + SINRC_{u,l}) \quad (6)$$

$$D_{u,l} = B_{rb} \cdot \log_2(1 + SINRD_{u,l}) \quad (7)$$



TABEL 1.
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Value
Radius eNB (m)	500
Jarak D2D (m)	20
Jumlah CUE	60
Jumlah D2D user	10-50
Frekuensi (Mhz)	2300
Daya pancar CUE (dBm)	30
Daya pancar DUE (dBm)	23
Bandwidth RB (Hz)	180000
Bandwidth system (MHz)	12
Model path loss	UMi Path loss
Model kanal	Rayleigh
TTI	1500
Model path loss	UMi path loss
TTI	1500
Jumlah partikel	10
Congnitive Constant (C1)	2
Social Constant (C2)	2
Inertia Constant	0.8

dimana $C_{u,l}$ merupakan *data rate* dari CUE dan $D_{u,l}$ merupakan *data rate* dari D2D, B_{rb} adalah *bandwidth* dari *resource block*, $SINRC_{u,l}$ merupakan SINR dari eNB dan $SINRD_{u,l}$ merupakan SINR dari D2D.

Efisiensi spektral merupakan parameter *kinerjansi* yang menunjukkan jumlah bit yang ditransmisikan untuk setiap satuHz. Persamaan untuk perhitungan efisiensi spektral adalah sebagai berikut

$$ES = \frac{SR}{B_{rb}} \quad (8)$$

SR merupakan nilai dari *sumrate* Brb merupakan *bandwidth* dari *system*.

Efisiensi daya menunjukkan seberapa efisien daya yang digunakan dalam mentransmisikan data yang ditransmisikan dalam 1 watt. Persamaan (9) digunakan untuk mengetahui nilai efisiensi daya pada *system*

$$ED = \frac{SR}{P_{total}} \quad (9)$$

SR merupakan nilai *sumrate*, P_{total} merupakan daya total antara CUE dan D2D, persamaan 10 merupakan menghitung dari daya total.

$$P_{total} = (PD \cdot D) + (PC \cdot C)$$

PD merupakan daya yang dimiliki oleh pasangan D2D dan D merupakan jumlah D2D, dan PC merupakan daya yang dimiliki oleh CUE dan C merupakan jumlah CUE.

Fairness merupakan nilai keadilan untuk mendapatkan sumber daya yang sama antar pengguna D2D. Nilai *fairness* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

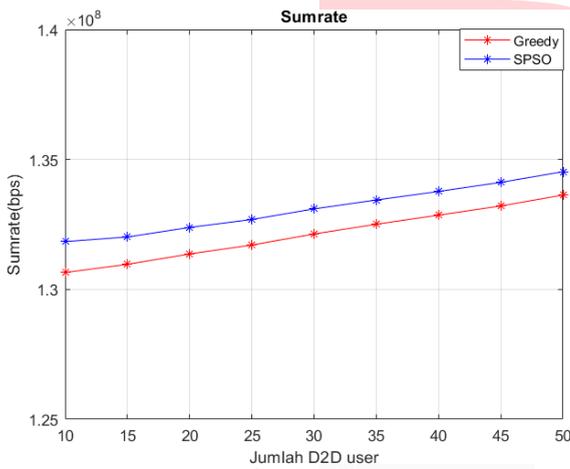
$$F = \frac{\left(\sum_{u=1}^U \sum_{l=1}^L x_{u,l} \cdot \mu_{u,l} \right)^2}{N \cdot \sum_{u=1}^U \sum_{l=1}^L (x_{u,l} \cdot \mu_{u,l})^2}$$

$x_{u,l}$ merupakan nilai matriks CUE dan D2D user dan $\mu_{u,l}$ merupakan nilai dari *sumrate*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sumrate

Sumrate merupakan penjumlahan antara *data rate* yang ada pada CUE dan D2D. Pada gambar 2 dapat menunjukkan hasil *sumrate* yang mengalami peningkatan dalam penambahan jumlah pasangan D2D dengan algoritma SPSO dan *Greedy*. Hal ini karena setiap penambahan pasangan D2D maka kapasitas / *data rate* juga akan semakin meningkat sehingga nilai dari *sumrate* akan semakin meningkat juga.



TOTAL DATA RATE PADA ITERASI 20

Tabel 2 menunjukkan nilai rata rata dari *sumrate* pada 2 algoritma yaitu SPSO dan *Greedy* Hasil yang didapatkan dengan algoritma SPSO lebih tinggi daripada dengan algoritma *Greedy*. Karena pada algoritma SPSO dengan menggabungkan pengalokasian *resource* terbaik sehingga hasil kapasitas merupakan yang terbaik dan hasil dari *sumrate* juga akan baik. Sementara dalam proses algoritma *Greedy* dilakukan sekali sehingga *resource* yang dipilih merupakan *resource* dengan nilai kapasitas terbesar. Nilai dari SPSO lebih tinggi dari *Greedy* yaitu $1,3310 \times 10^8$ bps sementara *Greedy* di $1,3211 \times 10^8$ bps.

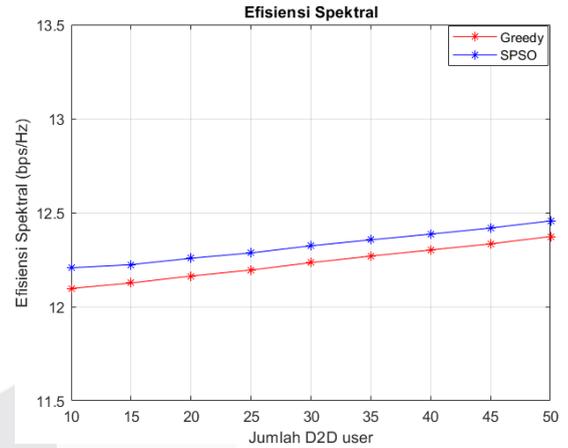
TABEL 2.
NILAI SUMRATE PADA ITERASI 200

Jumlah Variasi D2D	Total <i>sumrate</i> (bps)	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	1,3065 × 10 ⁸	1,3184 × 10 ⁸
15	1,3097 × 10 ⁸	1,3202 × 10 ⁸
20	1,3136 × 10 ⁸	1,3238 × 10 ⁸
25	1,3171 × 10 ⁸	1,3269 × 10 ⁸

	× 10 ⁸	× 10 ⁸
30	1,3213 × 10 ⁸	1,3310 × 10 ⁸
35	1,3251 × 10 ⁸	1,3344 × 10 ⁸
40	1,3286 × 10 ⁸	1,3377 × 10 ⁸
45	1,3321 × 10 ⁸	1,3412 × 10 ⁸
50	1,3363 × 10 ⁸	1,3453 × 10 ⁸
Rata Rata	1,3211 × 10 ⁸	1,3310 × 10 ⁸

B. Efisiensi Spektral

Efisiensi spektral yaitu merupakan *sumrate* sistem yang dapat ditransmisikan dengan menggunakan *bandwidth* dalam satuan hertz. Hasil efisiensi spektral yang mengalami peningkatan dalam penambahan jumlah pasangan D2D dengan algoritma SPSO dan *Greedy*, hal ini dapat terjadi karena semakin bertambah nya jumlah D2D maka akan mempengaruhi kapasitas total / *sumrate* dan akan meningkat pula nilai dari efisiensi spectral.



GAMBAR 3.
EFISIENSI SPEKTRAL PADA ITERASI 200

Tabel 3 merupakan nilai rata rata dari efisiensi spektral pada 2 algoritma yaitu SPSO dan *Greedy* Hasil yang didapatkan dengan algoritma SPSO lebih tinggi daripada dengan algoritma *Greedy*. Karena pada algoritma SPSO dengan menggabungkan pengalokasian *resource* terbaik sehingga hasil kapasitas merupakan yang terbaik dan hasil dari *sumrate* juga akan baik. Sementara dalam proses algoritma *Greedy* dilakukan sekali sehingga *resource* yang dipilih merupakan *resource* dengan nilai kapasitas terbesar. Nilai dari SPSO lebih tinggi dari *Greedy* yaitu $12,3239$ bps/Hz sementara *Greedy* di $12,2328$ bps/Hz.

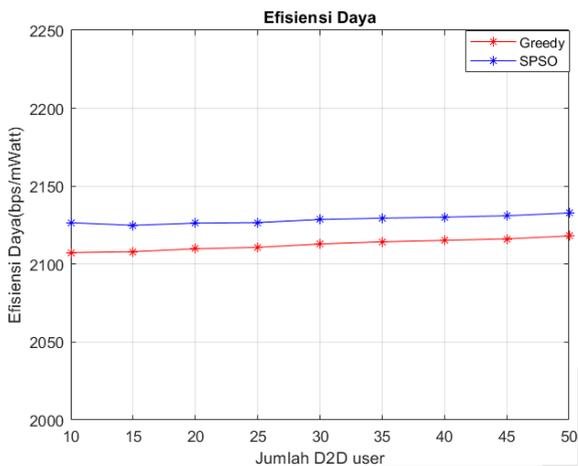
TABEL 3.
NILAI EFISIENSI SPEKTRAL PADA ITERASI 200

Jumlah Variasi D2D	Efisiensi Spektral (bps/Hz)	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	12,0971	12,2072
15	12,1264	12,2237
20	12,1633	12,2578
25	12,1951	12,2861
30	12,2344	12,3239
35	12,2693	12,3556
40	12,3017	12,3861
45	12,3344	12,4184
50	12,3733	12,4564
Rata Rata	12,2328	12,3239

Jumlah Variasi D2D	Efisiensi Daya (bps/mWatt)	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	$2,1074 \times 10^3$	$2,1266 \times 10^3$
15	$2,1080 \times 10^3$	$2,1249 \times 10^3$
20	$2,1098 \times 10^3$	$2,1263 \times 10^3$
25	$2,1108 \times 10^3$	$2,1267 \times 10^3$
30	$2,1129 \times 10^3$	$2,1286 \times 10^3$
35	$2,1143 \times 10^3$	$2,1295 \times 10^3$
40	$2,1152 \times 10^3$	$2,1301 \times 10^3$
45	$2,1162 \times 10^3$	$2,1311 \times 10^3$
50	$2,1181 \times 10^3$	$2,1328 \times 10^3$
Rata Rata	$2,1125 \times 10^3$	$2,1285 \times 10^3$

C. Efisiensi Daya

Efisiensi daya merupakan *sumrate* yang ditransmisikan dalam satu watt. Hasil efisiensi daya yang mengalami peningkatan dalam penambahan jumlah pasangan D2D dengan algoritma SPSO dan *Greedy*, hal ini dapat terjadi karena semakin bertambahnya jumlah D2D maka akan mempengaruhi kapasitas total / *sumrate* dan akan meningkat pula nilai dari efisiensi daya.



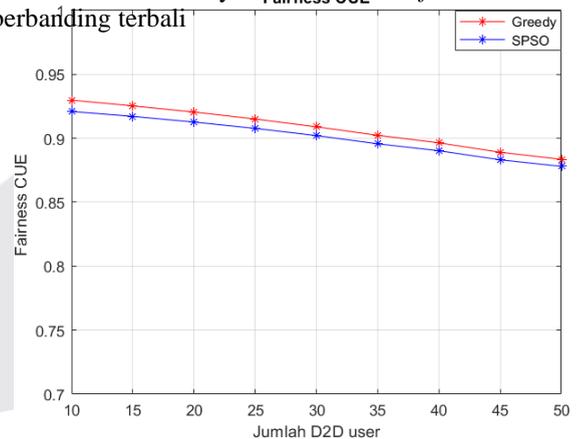
GAMBAR 4. EFISIENSI DAYA PADA ITERASI 200

Tabel 4 merupakan nilai rata-rata dari efisiensi daya pada 2 algoritma yaitu SPSO dan *Greedy*. Hasil yang didapatkan dengan algoritma SPSO lebih tinggi daripada dengan algoritma *Greedy*. Karena pada algoritma SPSO dengan menggabungkan pengalokasian *resource* terbaik sehingga hasil kapasitas merupakan yang terbaik dan hasil dari *sumrate* juga akan baik. Sementara dalam proses algoritma *Greedy* dilakukan sekali sehingga *resource* yang dipilih merupakan *resource* dengan nilai kapasitas terbesar. Nilai dari SPSO lebih tinggi dari *Greedy* yaitu $2,1285 \times 10^3$ bps/mWatt sementara *Greedy* di $2,1125 \times 10^3$ bps/mWatt.

TABEL 4. NILAI EFISIENSI DAYA PADA ITERASI 200

D. Fairness CUE

Fairness CUE adalah kesamarataan atau keadilan dari yang akan dirasakan dari sisi CUE dipengaruhi oleh jumlah pada CUE dan nilai *sumrate* CUE. Semakin bertambahnya *user*, maka nilai *fairness* akan berbanding terbalik.



GAMBAR 5. FAIRNESS CUE PADA ITERASI 200

Tabel 5 merupakan nilai dari *fairness* CUE pada 2 algoritma yaitu SPSO dan *Greedy* dengan bertambahnya pasangan D2D. Nilai rata-rata *fairness* CUE pada algoritma SPSO lebih kecil dari algoritma *Greedy* yaitu 0,9009 sementara untuk algoritma *Greedy* yaitu 0,9079 dikarenakan pada algoritma *Greedy* memiliki nilai *sumrate* yang lebih

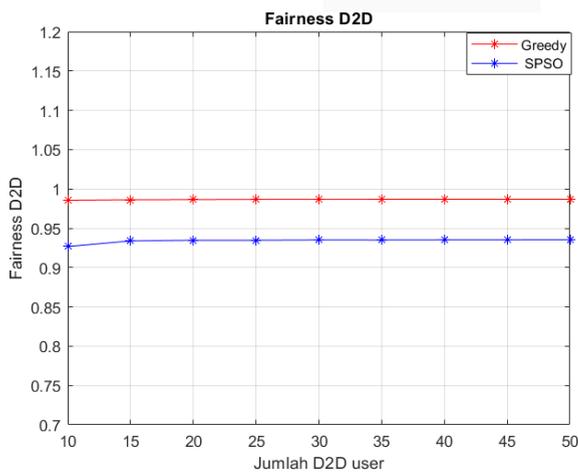
kecil daripada algoritma SPSO, dan nilai *fairness* CUE mengalami penurunan karena kapasitas CUE yang kecil dibagi dengan jumlah *user*.

TABEL 5
NILAI FAIRNESS CUE PADA ITERASI 200

Jumlah Variasi D2D	Fairness CUE	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	0,9299	0,9210
15	0,9254	0,9172
20	0,9205	0,9127
25	0,9151	0,9078
30	0,9090	0,9021
35	0,9024	0,8957
40	0,8965	0,8903
45	0,8891	0,8832
50	0,8836	0,8781
Rata - Rata	0,9079	0,9009

E. Fairness DUE

Fairness D2D adalah kesamarataan atau keadilan yang akan dirasakan dari sisi DUE dipengaruhi oleh jumlah pada DUE dan nilai *sumrate* DUE. Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai yang konstan dari *fairness* DUE dengan menggunakan algoritma SPSO dan *Greedy*.



GAMBAR 6.
FAIRNESS DUE PADA ITERASI 200

Pada tabel 6 merupakan nilai dari *fairness* DUE pada 2 algoritma yaitu SPSO dan *Greedy* dengan bertambahnya pasangan D2D. Nilai rata rata *fairness* DUE pada algoritma SPSO lebih kecil dari algoritma *Greedy* yaitu 0,9340

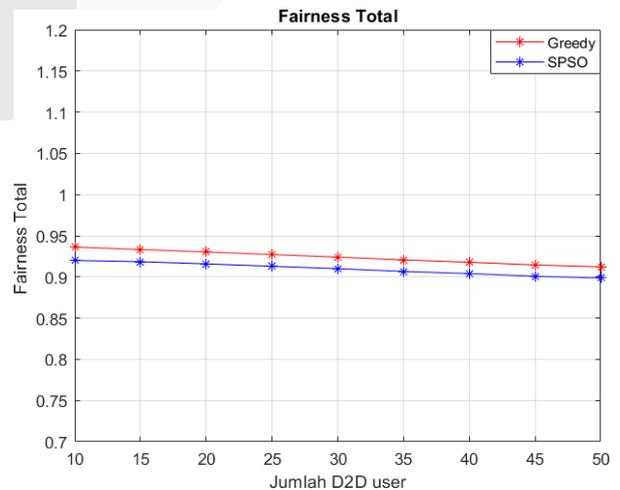
sementara untuk algoritma *Greedy* yaitu 0,9865 dikarenakan pada algoritma *Greedy* memiliki nilai *sumrate* yang lebih kecil daripada algoritma SPSO, dan nilai *fairness* DUE mengalami sedikit peningkatan karena kapasitas dari DUE yang besar dibagi dengan jumlah D2D *user*.

TABEL 6
NILAI FAIRNESS DUE PADA ITERASI 200

Jumlah Variasi D2D	Fairness DUE	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	0,9856	0,9267
15	0,9862	0,9339
20	0,9864	0,9347
25	0,9866	0,9347
30	0,9866	0,9351
35	0,9867	0,9350
40	0,9868	0,9352
45	0,9868	0,9353
50	0,9868	0,9354
Rata - Rata	0,9865	0,9340

F. Fairness Total

Fairness total merupakan kesamarataan / keadilan yang didapatkan pada sisi CUE dan DUE dalam memperoleh resource yang didapat dengan nilai kapasitas CUE dan DUE dan jumlah dari CUE dan D2D



GAMBAR 7.
FAIRNESS TOTAL PADA ITERASI 200

Hasil yang didapatkan dengan algoritma *Greedy* lebih tinggi dari algoritma SPSO karena nilai *fairness* CUE dan DUE yang lebih besar dari algoritma SPSO, dan nilai nya turun karena dipengaruhi oleh *fairness* CUE, DUE, *sumrate*, jumlah *user* dan D2D *user*. Pada tabel 7 merupakan hasil dari nilai *fairness* total pada ke 2 algoritma SPSO dan *Greedy*, untuk nilai rata rata pada algoritma *Greedy* lebih tinggi pada algoritma SPSO sebesar 0,9240 sementara pada algoritma SPSO sebesar 0,9097.

TABEL 7.
NILAI FAIRNESS TOTAL PADA ITERASI 200

Jumlah Variasi D2D	Fairness Total	
	<i>Greedy</i>	SPSO
10	0,9363	0,9199
15	0,9333	0,9184
20	0,9303	0,9158
25	0,9271	0,9129
30	0,9239	0,9100
35	0,9206	0,9067
40	0,9178	0,9041
45	0,9145	0,9008
50	0,9122	0,8987
Rata-Rata	0,9240	0,9097

V. KESIMPULAN

- A. Hasil simulasi dengan menggunakan algoritma SPSO dan *Greedy* dapat menghasilkan parameter kinerja yang baik. Hal tersebut dikarenakan algoritma SPSO dapat mengalkasikan *resource* secara optimal, sehingga hasil dari kapasitas dan *sumrate* merupakan nilai yang terbaik
- B. Hasil simulasi menggunakan algoritma SPSO dan *Greedy* dapat menghasilkan nilai parameter kinerja yang terbaik pada skenario ke tiga yaitu di 200 iterasi pada algoritma SPSO, karena semakin bertambahnya iterasi maka semakin optimal dalam pengalokasian *resource* sehingga hasil yang didapatkan merupakan yang terbaik, pada algoritma SPSO dapat memiliki keunggulan pada peningkatan kapasitas seperti *sumrate*, efisiensi spektral, efisiensi daya karena optimal dalam pengalokasian *resource* sementara untuk *greedy* memiliki keunggulan pada *fairness* baik dari sisi CUE, DUE dan total
- C. Berdasarkan hasil dari skenario yang telah digunakan, algoritma SPSO mampu memberikan parameter kinerja yang baik dibandingkan dengan algoritma *Greedy* pada

iterasi 200, algoritma SPSO menghasilkan parameter kinerja terbaik dengan nilai *sumrate* 1, 3310 × 108 bps dengan selisih 0, 01% dari algoritma *Greedy* yaitu 1, 3211 × 108 bps, efisiensi spektral 12, 3239 bps/Hz dengan selisih 0.09% dari algoritma *Greedy* yaitu 12, 2328 bps/Hz, efisiensi daya 2, 1285 × 103 bps/mWatt dengan selisih 0.02% dari algoritma *Greedy* yaitu 2, 1125 × 103 bps/mWatt, untuk nilai *fairness* pada iterasi 200 algoritma *Greedy* memiliki kinerja yang lebih baik yaitu di 0, 91% untuk *fairness* CUE , 0, 99% untuk *fairness* D2D dan 0, 92% untuk *fairness* total

A. Saran

1. Menambahkan algoritma perbandingan dan skenario pengujian yang lain agar dapat mengetahui nilai dari parameter kinerja.

REFERENSI

- [1] N. Alam and S. Mehfuz, "Research challenges on device to device communication: A technology for next generation cellular network," *2018 Int. Conf. Comput. Power Commun. Technol. GUCON 2018*, pp. 217–222, 2019, doi: 10.1109/GUCON.2018.8675045.
- [2] R. A. Mulyadi and U. K. Usman, "Komunikasi Device-to-Device pada Jaringan Seluler 5G menggunakan mmWave," *Avitec*, vol. 2, no. 1, pp. 65–73, 2020, doi: 10.28989/avitec.v2i1.614.
- [3] T. H. Tan, B. A. Chen, and Y. F. Huang, "Kinerjance of resource allocation in device-to-device communication systems based on evolutionally optimization algorithms," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 8, 2018, doi: 10.3390/app8081271.
- [4] M. Kurniawan and N. Suciati, "Modifikasi Kombinasi Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm untuk Permasalahan Fungsi Non-Linier," *INTEGER J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1998, pp. 31–40, 2017.

