



Analisis Performa Sistem *High Altitude Platforms* Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Pengalokasian *Subcarrier*

Amalia Rizqi Utami*, Barokatun Hasanah

*Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan,
Jl. Soekarno-Hatta KM 15, Balikpapan 76127, Indonesia*
*Email Penulis Koresponden: amalia.rizqi@lecturer.itk.ac.id

Abstrak:

Perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi semakin maju, dimana terdapat salah satu teknologi yaitu *High Altitude Platforms* (HAPs). HAPs merupakan teknologi yang sangat modern guna memenuhi kebutuhan akan jaringan internet khususnya di daerah-daerah pelosok yang belum terjangkau oleh jaringan internet. Pada implementasi HAPs dibutuhkan pengaturan dalam pengalokasian seluruh sumber daya radio secara tepat kepada user agar tercapai suatu sistem yang optimal sehingga dapat melayani pengiriman data berkecepatan tinggi secara merata. Oleh karena itu dibutuhkan algoritma pengalokasian sumber daya radio agar mencapai performa sistem yang optimal. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengalokasian sumber daya radio berupa *subcarrier* kepada user yang terdapat dalam sistem. Parameter yang diukur adalah performa kapasitas dengan menggunakan algoritma genetika, sehingga dihasilkan pengalokasian *subcarrier* secara tepat kepada user sesuai dengan kondisi kanal yang dibangkitkan dengan *Channel State Information* (CSI). Simulasi dilakukan dengan memvariasikan jumlah user dan *bandwidth* agar diperoleh hasil yang lebih optimal. Pengalokasian *resource* pada simulasi dengan Algoritma Genetika memperoleh nilai rata-rata kapasitas sistem tertinggi mencapai 9.8049Mbps. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan jumlah user akan mempengaruhi kapasitas. Semakin banyak jumlah user maka nilai rata-rata kapasitas akan menurun. Kapasitas dipengaruhi oleh jumlah *subcarrier* yang dialokasikan dengan Algoritma Genetika, semakin banyak *subcarrier* maka kapasitas akan semakin meningkat.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



Kata Kunci:

*Alokasi Subcarrier;
Resource Block;
Algoritma Genetika;
HAPs;*

Riwayat Artikel:

Diserahkan 5 Januari 2022
Direvisi 16 Maret 2022
Diterima 23 Maret 2022
Dipublikasi 29 April 2022

DOI:

10.22441/incomtech.v12i1.14211

1. PENDAHULUAN

Dari tahun ke tahun kebutuhan manusia akan kapasitas jaringan semakin meningkat. Dapat dilihat juga dari segi teknologi yang ada semakin terus berkembang. Teknologi komunikasi pertama mulai dari AMPS, CDMA, TDMA hingga OFDM. Saat ini jaringan di Indonesia sudah mendukung teknologi bernama *Long Term Evolution* (LTE) di mana teknologi ini didukung dengan teknik *multiplexing* yang disebut *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). OFDM merupakan suatu teknologi *multiplexing* yang dapat membagi-bagi *bandwidth* kanal yang lebar ke dalam beberapa sub-kanal yang saling ortogonal satu sama lain [1]. OFDM memberikan tingkat efisiensi yang tinggi pada kanal transmisi. Teknologi antenna yang dapat mendukung kinerja dari OFDM adalah *Multiple Input-Multiple Output* (MIMO). MIMO dapat menyediakan komunikasi wireless yang sangat handal dengan kemampuan dapat menambah kapasitas yang dapat dilayani, kehandalan yang meningkat, dan menekan kemungkinan interferensi sinyal. Sistem MIMO-OFDM ini dapat menggabungkan beberapa user ke domain frekuensi dan ruang. Teknologi akses jamak yang dapat mendukung teknologi OFDM adalah *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA). OFDMA memungkinkan beberapa user untuk mengirimkan informasi secara bersamaan pada *subcarrier* yang berbeda.

Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah *High Altitude Platform Station* (HAPS) yang merupakan platform komunikasi yang ditempatkan di stratosfer (18-24km di atas permukaan tanah), dengan memanfaatkan tenaga surya untuk beroperasi tanpa gangguan dan menyediakan konektivitas untuk area yang luas (dengan diameter 200km) [2]. HAPS mengalami *delay* propagasi yang rendah (1-2ms) dan pergeseran Doppler dapat diabaikan dibandingkan jika pada satelit *Low Earth Orbit* (LEO). HAPS jauh lebih mudah untuk diluncurkan dan dalam hal perawatan [3]. HAPS dapat mendukung berbagai aplikasi termasuk *broadband* seluler di daerah pedesaan, *Internet of Things* (IoT), keselamatan publik, pabrik otonom dan bantuan bencana [4-7]. Ada banyak proyek dan inovasi HAPS yang sedang berlangsung seperti Google Loon, HAPSMobile dan Airbus Zephyr untuk menyediakan layanan 4G LTE dan 5G ke daerah yang jarang penduduknya. Masih ada beberapa wilayah di Indonesia yang belum mendapat dukungan jaringan yang mendukung OFDMA, salah satu penyebabnya dikarenakan letak geografis wilayah yang membuat susah dibangun infrastruktur jaringan. Oleh karena itu, dirancang sistem pengalokasian *subcarrier* dengan Algoritma Genetika (AG) pada HAPS. HAPS merupakan suatu teknologi stasiun radio dengan menggunakan balon udara. Sehingga dapat lebih menjangkau wilayah di Indonesia yang belum memadai jaringan internet. Biaya investasi dan operasi juga merupakan kendala utama, kurangnya infrastruktur yang mendukung telekomunikasi karena solusi masih mengandalkan komunikasi terestrial (kabel dan nirkabel) dan sistem satelit masih terkendala dalam hal biaya, kapasitas dan kualitas [8-9]. Oleh karena pemanfaatan (HAPS) dapat sebagai alternatif pemecahan masalah.

Pada penelitian [10] telah dilakukan pengalokasian *subcarrier* pada sistem MIMO-OFDMA menggunakan dua buah algoritma yaitu Algoritma Genetika (AG) dan *Subcarrier Allocation* berbasis *proportional fairness*. Pengalokasian yang dilakukan dengan Algoritma Genetika langsung dilakukan dengan mengatur *subcarrier* padahal struktur suatu *subcarrier* itu adalah bagian dari *resource* block. Pengalokasian *resource* dengan algoritma Greedy pada HAPS [11] dengan membagi *resource* ke setiap *user* tetapi tidak membandingkan nilai kapasitas yang

diperoleh. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dibahas mengenai pengembangan dari penelitian sebelumnya, yakni analisis pengalokasian sumber daya radio pada HAPs dengan menggunakan Algoritma Genetika (AG) dengan parameter yang diatur terlebih dahulu adalah *resource* block setelah itu baru diketahui jumlah *subcarrier* yang diperlukan masing-masing pengguna. Hal yang akan dianalisis adalah kualitas kanal transmisi pada sistem MIMO serta pengaruh penambahan jumlah *user* terhadap performanya berdasarkan kapasitas.

2. METODE

2.1. CSI (*Channel State Information*)

Sebelum mengalokasikan sumber daya radio maka dibutuhkan CSI (*Channel State Information*). CSI berisi kondisi *user* yang mempengaruhi *fading*. Sehingga pada kasus *radio mobile communications*, $r(t)$ dapat dibagi dalam dua komponen random variabel, dengan persamaan [12]:

$$r(t) = m(t)xr_0(t)xs(t) \quad (1)$$

Dengan $m(t)$ adalah komponen *large scale fading* dan $r_0(t)$ adalah komponen *small scale fading*. $m(t)$ biasanya dideskripsikan menggunakan *log-normal fading* dan *magnitude* $m(t)$ dideskripsikan oleh distribusi *log-normal*. Magnitude dalam satuan *decibels* yang terdistribusi Gaussian. $r_0(t)$ biasanya disebut dengan *multipath*, sedangkan $s(t)$ adalah sinyal kirim.

Rata-rata *pathloss* $L_p(d)$ sebagai fungsi jarak dari d , yaitu jarak antara *transmitter* dan *receiver*. $L_p(d)$ sering dihitung langsung dalam satuan *decibels* dengan persamaan [12]:

$$L_p(d) (dB) = L_s(d_0)(dB) + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) (dB), d > d_0 \quad (2)$$

$L_s(d_0)(dB)$ adalah *pathloss* pada jarak d_0 dengan kondisi *free space loss* sedangkan n adalah *pathloss exponent*. Nilai *exponent* n didapat dari perhitungan frekuensi, tinggi antena *receiver* dan *transmitter* dan lingkungan propagasi. Untuk area *free space* biasanya menggunakan nilai $n = 2$ sedangkan pada daerah urban menggunakan nilai $n = 2,7 - 3,5$. Untuk lebih detail dapat dilihat pada Tabel 1. Jarak referensi d_0 nilainya tergantung dari besarnya cakupan sel, misalnya 1 km untuk sel yang luas, 100 m untuk *microcells*, dan 1 m untuk kondisi di dalam ruangan.

$$L_s(d_0)(dB) = 32,44 + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(d_{km}) \quad (3)$$

Persamaan *pathloss* di atas hanya berlaku pada kondisi lingkungan radio yang tetap. Padahal dalam keadaan sebenarnya keadaan lingkungan radio bisa saja berubah karena mobilitas *user*, sehingga terjadi variasi nilai *path loss* yang disimbolkan dengan X_σ .

Tabel 1. Nilai *Pathloss Exponent* [13]

Environment	Path Loss Exponent (n)
Free space	2
Urban area cellular radio	2,7-3,5
Shadowed urban cellular radio	3-5
In building line-of-sight	1,6-1,8
Obstructed in building	4-6
Obstructed in factories	2-3

Nilai X_σ didapat dari fungsi *random Gaussian* dengan nilai *mean* dan deviasi tertentu (dalam dB). Untuk nilai *mean* dan standar deviasi pada penelitian kali ini diambil dari [12] yaitu dengan *mean* 0 dan standar deviasi 6-10 dB.

$$L_p(d) \text{ (dB)} = L_s(d_0) \text{ (dB)} + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \text{ (dB)} + X_\sigma \quad (4)$$

Pada [14] diteliti tentang model kanal untuk kemaritiman dengan menggunakan HAPs. Ditentukan nilai d yang berbeda-beda tiap waktu dan nilai random jarak sesaat $d(t)$ dari *transmitter* ke *receiver*. *Small scale fading* terjadi karena sinyal yang diterima adalah superposisi dari beberapa sinyal yang terpantul dan pada *mobile communications* sangat jarang terjadi *small scale fading* dengan distribusi *Rician*, tetapi pada sistem HAPs menggunakan model kanal *Rician* sehingga diteliti bentuk kanalnya pada penelitian ini dengan menggunakan *Rician fading*.

Sinyal yang diterima berasal dari banyak *path* dan diturunkan dengan persamaan tegangan:

$$v(n) = \begin{cases} A\sqrt{P_{rel}(\tau_1)}w(\tau_1), & \text{if } nT_s = \tau_1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Dengan A adalah parameter normalisasi sehingga rata-rata dayanya adalah sama dengan 1. Sedangkan P_{rel} adalah *relative power* dari suatu *path* sebagai fungsi dari *delay profile* τ_1 . Untuk nilai $P_{rel}(\tau_1)$ dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Sedangkan $w(\tau_1)$ adalah fungsi *random Gaussian* dengan *mean* 0 dan standar deviasi 1. Persamaan ini berlaku jika $nT_s = \tau_1$ dan bernilai 0 pada kondisi lainnya.

Untuk menghitung *channel gain* ($H_{i,k}$) pada masing-masing *subcarrier* tiap *user* digunakan persamaan:

$$H_{i,k} = \frac{|V_k(i)|^2}{L_p(d)} \quad (6)$$

Dengan nilai $V_k(i)$ didapat dengan persamaan:

$$V_k(i) = \sum_{r=0}^R v(r) = \sum_{r=0}^R A\sqrt{P_{rel}(\tau_r)}w(\tau_r), \text{ if } nT_s = \tau_r \quad (7)$$

R adalah banyaknya *path*, yang pada penelitian kali ini menggunakan $R=6$ dan untuk mendapatkan *Channel Gain to Noise Ratio* (CNR) masing-masing *user* tiap *subcarrier* digunakan persamaan:

$$CNR_{i,k} = \frac{H_{i,k}}{\sigma^2} \text{ dengan } \sigma^2 = kTB \quad (8)$$

Tabel 2. *Relative Power* sebagai fungsi terhadap *Path Delay* [14]

<i>Path Delay</i> (μs)	0.0	0.2	0.6	1.6	2.4	5.0
<i>Relative Power</i> (dB)	-3.0	0.0	-2.0	-6.0	-8.0	-10.0

Power noise ini digunakan untuk masing-masing *subcarrier* dan B adalah besarnya *bandwidth* tiap *subcarrier*.

Untuk mencari SNR (*Signal to Noise Ratio*) yang digunakan untuk pengalokasian sumber daya radio digunakan persamaan berikut:

$$Y_{i,k} = \frac{(P_k)}{N} \times CNR \quad (9)$$

Dengan P_k adalah *power transmit user* dengan batasan daya 1 watt, sedangkan N adalah banyaknya *subcarrier* yang didapat *user* pada saat pengalokasian. Pada penelitian [15] ditentukan batas nilai CNR adalah 9 dB.

Resource block adalah kumpulan *subcarrier*, maka untuk mendapatkan satu nilai SNR dari sebuah *resource block* perlu menggunakan metode yaitu *Mininum Mean Square Error* (MMSE). Pada penelitian kali ini digunakan dua skenario dengan jumlah *resource block* yang berbeda, yaitu 15 dan 25.

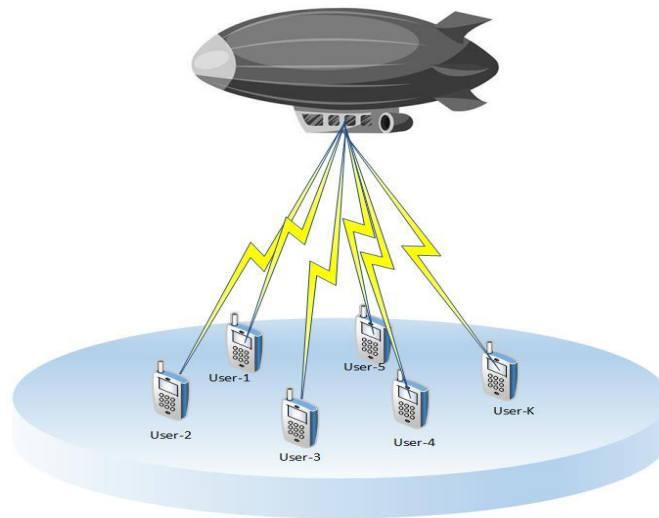
2.2. HAPs

Sistem komunikasi HAPS [16] dapat menyediakan koneksi Internet dari pesawat tak berawak yang terbang di ketinggian sekitar 20 km untuk perangkat seluler seperti ponsel dan tablet. Satu HAPS mampu mencakup area yang lebih luas daripada base station yang digunakan dalam sistem seluler terestrial, yang memungkinkan untuk menyediakan layanan komunikasi dengan biaya yang lebih rendah dengan jumlah HAPs yang terbatas.

Pada penelitian ini, secara umum gambaran sistem terdiri dari komunikasi dengan jangkauan satu site, yang di dalamnya terdapat satu *e-node B* dan beberapa user K. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis strategi pengalokasian sumber daya radio khususnya *subcarrier* kepada masing-masing *user* dalam sel tersebut pada sistem OFDMA seperti pada Gambar 1.

Pada sisi *transmitter* atau *user* yang bergerak *mobile* mengirimkan keadaannya setiap saat kepada *Base Station* (BS) per rentang TTI (*Transmission Time Interval*), sehingga bisa diketahui CSI dari masing-masing *user*. Dan selanjutnya CSI tersebut diolah oleh BS untuk penjadwalan pada *subcarrier* dengan Algoritma Genetika. Kemudian setelah dijadwalkan *user* menempati *subcarrier* masing-masing yang telah ditentukan oleh BS. Dalam penelitian kali ini beberapa *subcarrier* disatukan untuk tujuan kompleksitas yang kecil, kumpulan *subcarrier* biasa disebut *resource*

block. Setelah *user* menempati *resource block* tertentu baru dapat dihitung kapasitas rata-rata sistem.



Gambar 1. Model Perancangan Sistem

2.3. Kapasitas Kanal Tiap *Resource Block*

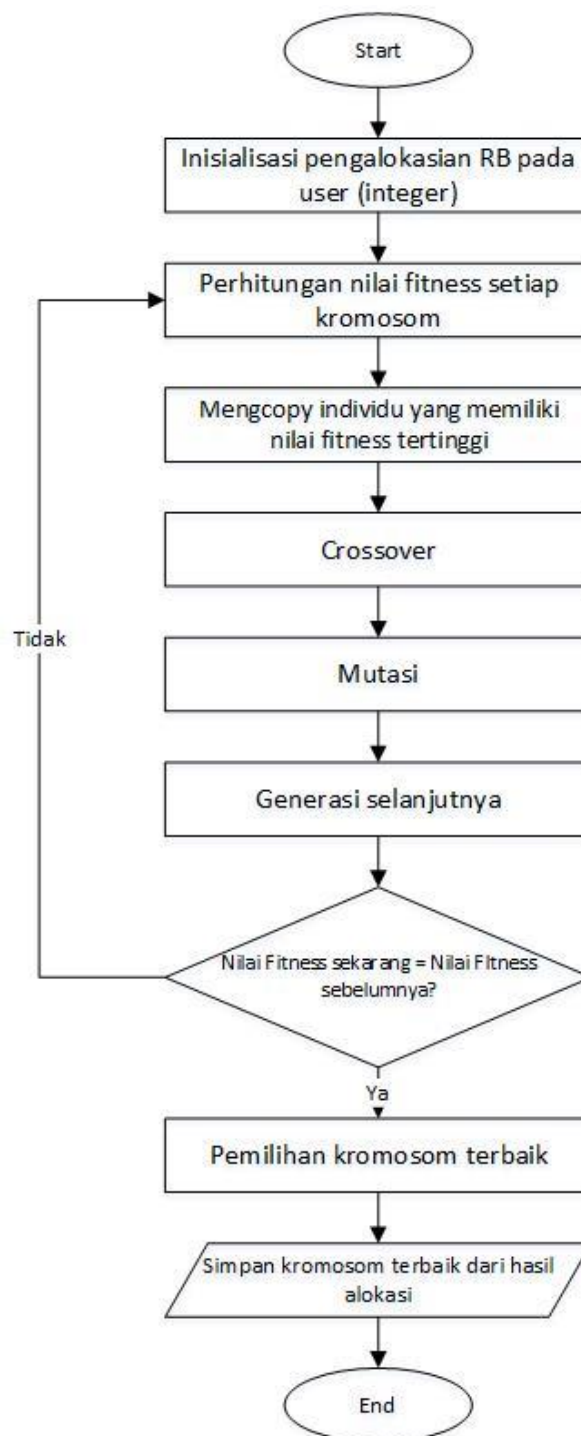
Kapasitas kanal dari suatu sistem dapat dihitung menggunakan formula *Shannon* [17]. Dari hasil pengalokasian beberapa *resource block* untuk *user* k maka dapat diturunkan rumus perhitungan kapasitas kanal dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_k(P_k, I_{RB,k}) = \frac{B |I_{RB,k}|}{N} \log_2 \left(1 + \gamma_k(P_k, I_{RB,k}) \right) \quad (10)$$

$I_{RB,k}$ adalah *resource block* yang dialokasikan untuk masing-masing *user*, satu *user* kemungkinan dapat menempati lebih dari satu *resource block*. Kapasitas kanal juga menjadi hasil dari penelitian sebelumnya [10] yang dapat mengukur kualitas sistem.

2.4. Proses Pengalokasian

Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi Matlab dan proses pengalokasian menggunakan algoritma genetika dengan daya yang dibagi sama rata tiap *resource block*. Jumlah *subcarrier* tiap *resource block* adalah 12. Setiap *user* yang memiliki kondisi SNR terbaik akan mendapatkan lebih banyak *resource block* sehingga kapasitasnya juga semakin besar. Pengalokasian dengan algoritma genetika diharapkan mendapatkan kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan tanpa algoritma genetika. Proses dalam pengalokasian dengan menggunakan algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 2, berikut tahap-tahapnya:



Gambar 2. Flowchart Algoritma Genetika

a. Inisialisasi kromosom

Pada proses pertama ini akan diinisialisasi terlebih dahulu jumlah *resource block* yang tersedia dan jumlah *user* yang tersedia sesuai Tabel 3 dan persamaan 11:

Tabel 3. INISIALISASI KROMOSOM

RB[1]	RB[2]	RB[3]	...	RB[I]
$I_{available_user}$	$I_{available_user}$	$I_{available_user}$	$I_{available_user}$	$I_{available_user}$

$$I_{available_user} = \{1,2,\dots,K\}, I_{available_RB} = \{1,2,\dots,I\} \quad (11)$$

Pada Tabel 3 dipilih $I_{available_user}$ dengan nilai random dari $\{1,2,\dots,K\}$ dimana K adalah maksimum *user* untuk dialokasikan ke dalam *resource block* sebanyak $I_{available_RB}$. Jadi yang dipilih dalam proses pertama ini adalah indeks *user* $\{1,2,\dots,K\}$. Lakukan langkah di atas sebanyak jumlah kromosom yang diinginkan, sehingga akan didapatkan kumpulan kromosom dengan indeks *user* di setiap *resource block*.

b. Evaluasi kromosom

Tahap ini akan menghitung nilai *fitness* tiap kromosom dengan cara menghitung nilai objektif tiap gen.

c. Seleksi kromosom

Nilai *fitness* yang didapatkan sebelumnya akan digunakan untuk seleksi kromosom. Seleksi dilakukan dengan menggunakan metode *roulette wheel*, harus dicari terlebih dahulu nilai kumulatif probabilitas *fitness*:

$$Probabilitas_{fitness_i} = \frac{fitness_i}{\sum_{i=1}^I fitness_i} \quad (12)$$

$$C[1] = Probabilitas_{fitness_1} \quad (13)$$

$$C[I] = Probabilitas_{fitness_1} + \dots + Probabilitas_{fitness_I} \quad (14)$$

Dimana untuk proses yang dilakukan adalah pembangkitan bilangan acak R dengan rentang 0-1. Jika $R[k] < C[1]$ maka untuk pemilihan induk 1 diambil dari kromosom 1 dan untuk kromosom ke- k pemilihan induk dilakukan dengan syarat berikut:

$$C[k] = C[k - 1] < R < C[k] \quad (15)$$

d. *Crossover*

Kedua kromosom akan dipindahsilang jika probabilitas random $R[k] < P_c$. Nilai P_c yang akan digunakan adalah 0.65, 0.75 dan 0.85.

e. Mutasi

Mutasi gen yang akan terjadi sebanyak

$$Total\ mutasi \approx P_{mu} \times jumlah\ gen \quad (16)$$

Indeks gen yang akan dimutasi dipilih secara acak dan akan diganti dengan indeks baru yang akan dipilih secara acak pula.

f. Evaluasi kromosom

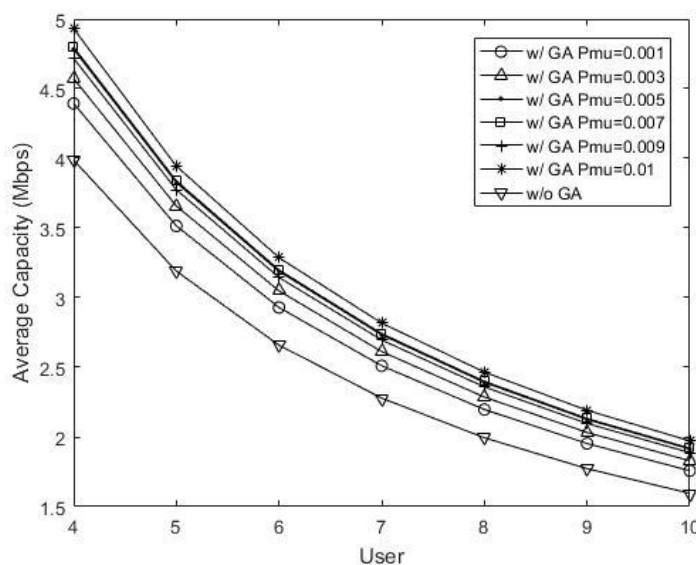
Setelah dilakukan proses di atas maka akan dihitung ulang nilai *fitness* dan akan dilakukan terus proses di atas sehingga mendapatkan kromosom terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

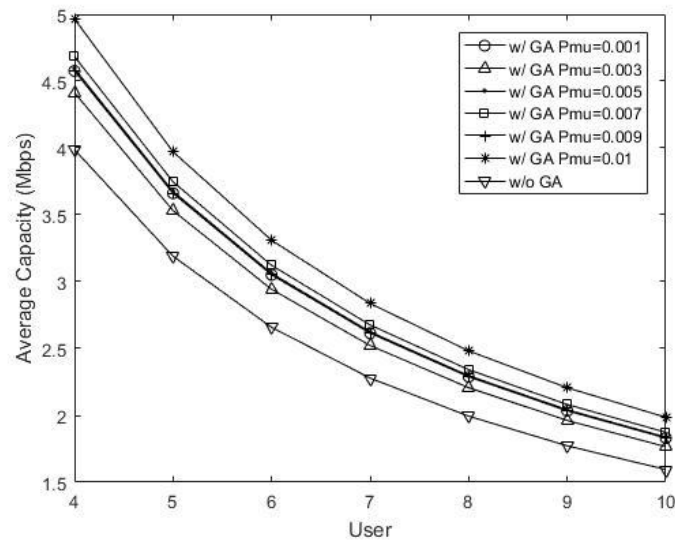
Teknik pengalokasian menggunakan algoritma genetika, yang bertujuan memaksimalkan kapasitas sistem dengan mengalokasikan *resource block* pada *user* dengan CNR yang dapat memaksimalkan kapasitas. Pada simulasi terdiri dari dua skenario sebagai berikut :

3.1. Jumlah *resource block* = 15

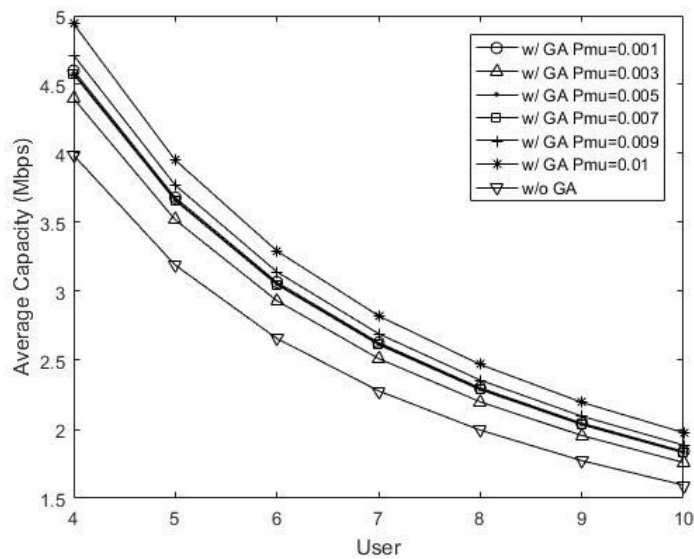
Setelah CNR pada masing-masing *user* diketahui maka CNR tersebut akan menjadi *input* untuk pengalokasian berdasarkan kondisi kanal. Dalam penelitian kali ini digunakan algoritma genetika. Dari hasil CNR yang telah dialokasikan berdasarkan jumlah *user* diperoleh *rate* untuk masing-masing *user*. Setelah dilakukan pengalokasian *resource block* untuk setiap *user* dengan algoritma genetika, didapatkan nilai SNR *user* pada setiap frekuensi dan waktu. SNR ini digunakan untuk mendapatkan nilai kapasitas setiap *user*. Nilai rata-rata kapasitas *user* dengan teorema Shannon, didapat dengan menghitung laju bit maksimum dengan persamaan Shannon. Pengalokasian *resource block* terhadap *user* didapatkan berdasarkan kondisi CSI pada tiap *user*. Rata-rata kapasitas *user* merupakan rata-rata pencapaian kapasitas untuk tiap *user*. Dalam simulasi yang telah dilakukan hasil rata-rata kapasitas *user* diperoleh dengan menggunakan jumlah *user* yang berbeda-beda dan dengan jumlah *resource block* yang berbeda pula. Untuk skenario pertama menggunakan jumlah *resource block* sebanyak 15 dengan *bandwidth* 3 MHz. Diperoleh hasilnya pada [Gambar 3](#), [Gambar 4](#) dan [Gambar 5](#) berikut ini.



Gambar 3. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan $P_c=0.65$, $RB=15$ rician



Gambar 4. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan $P_c=0.75$, $RB=15$ rician



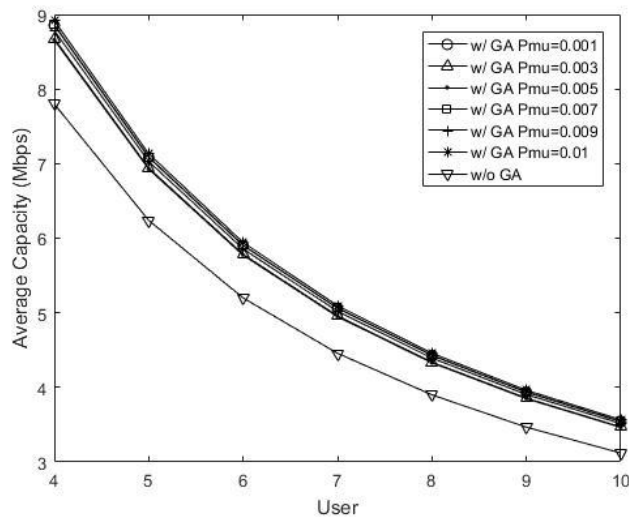
Gambar 5. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan $P_c=0.85$, $RB=15$ rician

Berdasarkan [Gambar 3](#), [Gambar 4](#) dan [Gambar 5](#) di atas nilai rata-rata kapasitas *user* semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah *user*, hal ini disebabkan oleh semakin sedikitnya *resource* yang dapat digunakan oleh *user* tersebut. *Resource* yang terbatas, sedangkan jumlah *user* semakin meningkat mengakibatkan penurunan nilai rata-rata kapasitas perusernya. Pada skenario ini, perolehan kapasitas paling tinggi pada saat 4 *user*. Hal ini dikarenakan *resource* digunakan oleh *user* yang lebih sedikit sehingga 1 *user* bisa mendapatkan pengalokasian lebih dari 1 *resource*. Untuk skenario ini, digunakan $P_c=0.65, 0.75$

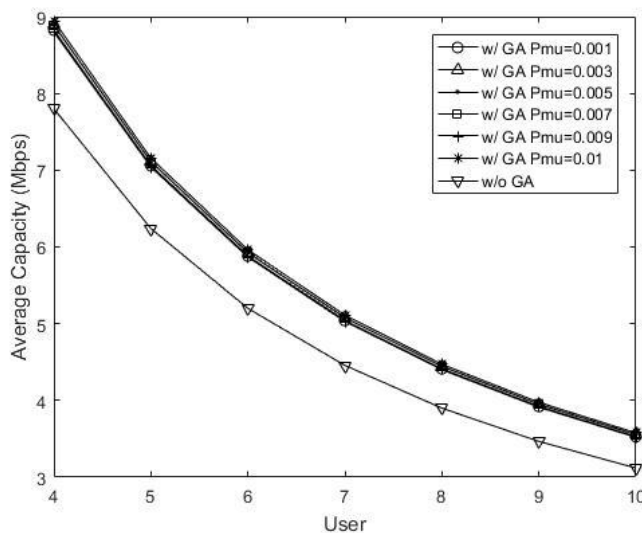
dan 0.85 dengan Pmu yang berbeda-beda= 0.01,0.001,0.003,0.005,0.007 dan 0.009. Dari hasil simulasi di atas diperoleh nilai maksimum pada saat Pmu= 0.01 dan Pc=0.75 mencapai nilai maksimum 4.942805 Mbps. Hal ini dikarenakan nilai Pc berpengaruh terhadap pengalokasian *resource block*, yaitu terjadinya pindah silang antar *resource block*. Pmu juga mempengaruhi berapa kali terjadi mutasi dalam proses pengalokasian *resource block*.

3.2. Jumlah *resource block* = 25

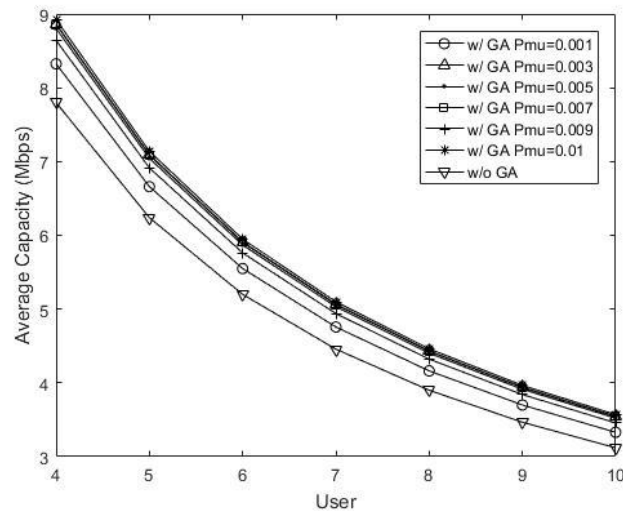
Untuk skenario kedua menggunakan jumlah *resource block* sebanyak 25 dengan *bandwidth* 5 MHz. Diperoleh hasilnya seperti [Gambar 6](#), [Gambar 7](#) dan [Gambar 8](#) di bawah ini.



Gambar 6. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan Pc=0.65, RB=25 rician



Gambar 7. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan Pc=0.75, RB=25 rician



Gambar 8. Kapasitas untuk jumlah *user* berbeda dengan $P_c=0.85$, $RB=25$ rician

Berdasarkan Gambar 6 – Gambar 8 di atas telah dilakukan simulasi dengan $RB=25$ dapat dilihat hasil nilai kapasitas rata-rata yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan $RB=15$ karena semakin banyak jumlah *resource block* maka semakin banyak pula *user* mendapatkan pengalokasian *subcarrier*. Nilai rata-rata kapasitas maksimum mencapai 9.8049 Mbps pada saat $P_{mu}=0.01$ dan $P_c=0.75$. Hal ini dikarenakan nilai P_c berpengaruh terhadap pengalokasian *resource block*, yaitu terjadinya pindah silang antar *resource block*. P_{mu} juga mempengaruhi berapa kali terjadi mutasi dalam proses pengalokasian *resource block*. Pada Tabel 4. ditampilkan perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dimana terdapat kebaruan dan juga peningkatan nilai kapasitas dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

Tabel 4. PERBANDINGAN PENELITIAN SEBELUMNYA

No.	Judul Penelitian	Hasil
1	<i>Adaptive Resource Allocation in MIMO - OFDMA based on Subcarrier Allocation (SA) and (GA)</i>	Pengalokasian <i>resource</i> dilakukan dengan <i>Subcarrier Allocation (SA)</i> and <i>Genetic Algorithm (GA)</i> dihasilkan nilai kapasitas mencapai 11.1 bps.
2	<i>Using Lagrangian Relaxation for Radio Resource Allocation in High Altitude Platforms</i>	<i>Resource</i> dibagikan secara merata terhadap <i>user</i> dengan <i>Lagrangian Relaxation</i> dan <i>Greedy Algorithm</i> pada HAPs, tetapi belum menghitung nilai kapasitas yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Alokasi menggunakan Algoritma Genetika berhasil mengalokasikan *resource block* pada masing-masing *user* dan menghasilkan nilai rata-rata kapasitas yang lebih baik jika dibandingkan tanpa Algoritma Genetika. Pengalokasian *resource* pada simulasi terdapat 2 jumlah *resource block* yang berbeda yaitu 15 dan 25. Pada RB=15, dengan Algoritma Genetika memperoleh nilai rata-rata kapasitas sistem mencapai 4.9428 sedangkan jika tanpa Algoritma Genetika nilai rata-rata kapasitas sistem mencapai 4.0151. Untuk RB=25, dengan Algoritma Genetika memperoleh nilai rata-rata kapasitas sistem mencapai 9.8049 sedangkan jika tanpa Algoritma Genetika nilai rata-rata kapasitas sistem mencapai 7.8051. Hal ini dikarenakan karena pada Algoritma Genetika memperhatikan *constraint* dan memastikan semua user mendapatkan alokasi *resource*.

REFERENSI

- [1] H. Zarrinkoub, *Understanding LTE with MATLAB*. Somerset: Wiley, 2014.
- [2] S. Karapantazis and F. Pavlidou, "Broadband communications via high-altitude platforms: A survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 7, no. 1, pp. 2-31, First Qtr. 2005, doi: 10.1109/COMST.2005.1423332.
- [3] F. Hsieh, F. Jardel, E. Visotsky, F. Vook, A. Ghosh and B. Picha, "UAV-based Multi-cell HAPS Communication: System Design and Performance Evaluation," *GLOBECOM 2020 - 2020 IEEE Global Communications Conference*, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/GLOBECOM42002.2020.9322476.
- [4] A. Mohammed, A. Mehmood, F. Pavlidou and M. Mohorcic, "The Role of High-Altitude Platforms (HAPs) in the Global Wireless Connectivity," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 11, pp. 1939-1953, Nov. 2011, doi: 10.1109/JPROC.2011.2159690.
- [5] F. Hsieh and M. Rybakowski, "Propagation Model for High Altitude Platform Systems Based on Ray Tracing Simulation," *2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2019, pp. 1-5.
- [6] T. S. Rappaport et al., "Wireless Communications and Applications Above 100 GHz: Opportunities and Challenges for 6G and Beyond," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 78729-78757, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2921522.
- [7] Y. Xing and T. S. Rappaport, "Spectrum Coexistence between Active and Passive Systems in Space and on the Ground at Frequencies above 100 GHz (Invited)," in submission to *IEEE Communications Letters*, pp.1-5, Feb. 2021.
- [8] E. Setiawan, "The Potential Use of High Altitude Platform Station in Rural Telecommunication Infrastructure," *2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev)*, 2018, pp. 35-37, doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706563.
- [9] S. Wang, Y. Li, Q. Wang, M. Su and W. Zhou, "Dynamic Downlink Resource Allocation Based on Imperfect Estimation in LEO-HAP Cognitive System," *2019 11th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)*, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/WCSP.2019.8927942.
- [10] K. Sumanthi and M.L. Valarmathi, "Adaptive Resource Allocation in MIMO - OFDMA based on Subcarrier Allocation (SA) and (GA)", *International Journal of Computer Applications*, vol.49, no.19, July 2012.
- [11] A. Ibrahim and A. S. Alfa, "Using Lagrangian Relaxation for Radio Resource Allocation in High Altitude Platforms," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 10, pp. 5823-5835, Oct. 2015, doi: 10.1109/TWC.2015.2443095.
- [12] H. Myung and D. Goodman, *Single carrier FDMA*. Chichester: Wiley, 2008.
- [13] T. Rappaport, *Wireless communications*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2002.
- [14] J. Wang et al., "Wireless Channel Models for Maritime Communications," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 68070-68088, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2879902.

- [15] K. Popoola, D. Grace and T. Clarke, "Capacity and Coverage Analysis of High Altitude Platform (HAP) Antenna Arrays for Rural Vehicular Broadband Services," *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2020-Spring48590.2020.9129557.
- [16] K. Tashiro, K. Hoshino and A. Nagate, "Cylindrical Massive MIMO System for HAPS: Capacity Enhancement and Coverage Extension," *2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring)*, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9449056.
- [17] T. David and V. Pramod., *Fundamentals of Wireless Communications*. Cambridge University Press : UK, 2004.