

RADIO RESOURCE SCHEDULING PADA SISTEM LTE-ADVANCED ARAH DOWNLINK DENGAN ALGORITMA BERBASIS PROPORTIONAL FAIR

RADIO RESOURCE SCHEDULING IN LTE-ADVANCED SYSTEM ON DOWNLINK CHANNEL WITH PROPORTIONAL BASED ALGORITHM

Muhamad Fithryan¹, Arfianto Fahmi², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹mfithryan@gmail.com, ²arfianto.fahmi@gmail.com, ³bsyihabuddin@gmail.com

Abstrak

Skema *resource scheduling* menjadi sebuah hal yang penting karena digunakan untuk memilih pada *time domain* maupun *frequency domain* yang tepat. Selain itu seiring perkembangannya, terdapat dua tipe *user* yang harus dialokasikan, *LTE user* dan *LTE-A user*. Pada tugas akhir ini telah dilakukan proses alokasi PRB menggunakan algoritma yang berbasis *proportional fair*. Dan terdapat tiga skema yang disimulasikan, yaitu skema *INS*, *INS WF*, dan *INS* termodifikasi. Dari hasil simulasi yang dilakukan, ternyata terjadi peningkatan dan penurunan serta terjadi *trade-off* antara *user throughput* dan *fairness*.

Kata Kunci: *Resource Scheduling, Proportional Fair, LTE, LTE-Advanced, INS.*

Abstract

Resource scheduling scheme becomes an important thing because it is used to select the most efficient in the time domain and the frequency domain. In addition, as the development, there are two types of users that should be allocated, LTE and LTE-A user. This thesis have simulated resource allocation based on proportional fair algorithm. And there are three schemes are simulated, that was INS, INS WF, and INS modified. From the simulation results, it turns out there was an increase and decrease as well as the trade-off between user throughput and fairness.

Keyword: *Resource Scheduling, Proportional Fair, LTE, LTE-Advanced, INS.*

1. Pendahuluan

Third Generation Partnership Project (3GPP) telah mengembangkan solusi untuk menghadapi tantangan yang akan dihadapi dalam *broadband communication* dan menghasilkan *Long Term Evolution (LTE)* atau *3GPP Release 8*. Karena *LTE-A (3GPP Release 10)* merupakan perkembangan dari *LTE (3GPP Release 8)*, maka diperlukan adanya *backward compability*, sehingga dalam sistem yang sudah mendukung *LTE-A*, minimal terdapat dua tipe *user*, yaitu *LTE user (3GPP Release 8)* dan *LTE-A user (3GPP Release 10)*.

Permasalahan muncul ketika *Carrier Aggregation* diterapkan pada sistem yang sudah mendukung *LTE-A*. Permasalahan itu adalah mengenai algoritma / skema yang cocok untuk penjadwalan sumber daya (*resource*

scheduling). Algoritma yang banyak digunakan pada LTE generasi terdahulu (*Release 8*), yaitu algoritma *proportional fair*, dapat diterapkan dalam sistem yang sudah mendukung LTE-A ini. Algoritma *proportional fair* ini dapat diterapkan dalam dua skema, yaitu *Joint Scheduling* dan *Independent Scheduling* [2].

Jika skema INS diterapkan, maka LTE *user* maupun LTE-A *user* hanya dapat meng-assign satu CC pada satu *timeslot*, berarti perlakuan ini sama seperti kepada LTE *user* [1]. Namun, karena tidak semua CC dapat diakses oleh LTE *user*, maka terjadi ketimpangan dari segi *user throughput*. Sedangkan jika skema JS diterapkan, maka LTE-A *user* akan dapat mengakses semua CC sehingga mempunyai *spectral efficiency* yang optimal jika dibandingkan dengan skema INS, namun tingkat kompleksitasnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan skema INS [2]. Kemudian ada perkembangan dari skema INS dengan menggunakan *weighted factor*, dan hasilnya adalah LTE *user* mendapatkan prioritas lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan *user throughput* bagi LTE *user* [2]. Kemudian diusulkanlah skema yang memodifikasi skema INS sedemikian sehingga dapat tercapai *average user throughput* sesuai dengan yang diinginkan.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan pengembangan terhadap skema yang berbasis *independent scheduling*. Harapannya agar mendapatkan tingkat kompleksitas yang tidak terlalu tinggi. Proses simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab R2010b dan untuk proses kuantifikasi data dan penyajian data menggunakan Microsoft Excel 2013.

2. Dasar Teori

2.1. Model Sistem

Sistem dimodelkan dengan sebuah sel tunggal (*single cell*), yang terdiri dari sebuah *Evolve Node B* (eNB) yang melayani sejumlah *user* yang setiap simulasi berbeda-beda jumlahnya. Karena menggunakan sel tunggal, maka interferensi dari sel lain dianggap tidak ada. eNB akan mengalokasikan *Physical Resource Block* (PRB) kepada *user* dengan sistem ini.

Sinyal yang ditransmisikan melalui antena disimulasikan melewati kanal *fading* serta kanal AWGN. Secara umum, pertimbangan penjadwalan sumberdaya (*resource scheduling*) dalam penelitian ini sangat tergantung pada dua hal. Yang pertama adalah kualitas kanal (seberapa bagus kanal yang ditempati oleh suatu *user*), dan yang lain adalah prioritas (mengatur *user* mana yang berhak mendapatkan prioritas tertentu dalam suatu *timeslot*).

Di dalam sistem terdapat dua tipe *user*, yaitu LTE *user* dan LTE-A *user*. Tentu saja LTE-A *user* mempunyai performansi yang lebih baik, mengingat bahwasanya LTE-A *user* adalah perkembangan dari LTE *user*. Kemudian *carrier* dalam simulasi ini juga terbagi menjadi dua, ada LTE-A *carrier component* (CC) yang hanya bisa diakses oleh LTE-A *user* saja, hal ini dikarenakan tidak kompatibelnya LTE-A CC dengan LTE *user*. Dan yang lain adalah LTE CC yang dapat diakses oleh semua tipe *user* (LTE *user* dan LTE-A *user*) [1]. Sistem mempunyai jumlah K *user* dengan J PRB dari I CC.

2.2. Skema INS [1] [2]

Skema INS sebenarnya adalah algoritma *proportional fair* yang diadaptasikan ke dalam sistem yang terdapat beberapa CC di dalamnya, namun hanya bisa mengakses satu CC dalam satu *timeslot*, tidak bisa sekaligus.

Secara singkat, proses alokasi skema INS terbagi ke dalam beberapa step, yaitu

- a. Step 1: Pemilihan CC. User k memilih CC ke-i, sehingga pada *timeslot* itu *user* k hanya mempunyai nilai PF *Metric* pada CC ke-i. nilai PF *metric* dihitung dengan persamaan 3.1

$$PF_k(i) = \frac{R_k(i)}{T_k(i)} \tag{3.1}$$

- b. Step 2: Pengalokasian PRB ke-j kepada *user* yang memiliki nilai PF *Metric* maksimum pada PRB ke-j tersebut. Atau caranya adalah dengan me-nol-kan nilai PF *metric* yang tidak maksimum pada PRB ke-j.
- c. Step 3: *Update* nilai *past throughput* di semua CC dengan menggunakan persamaan 3.2. nilai *past throughput* masing-masing CC bisa berbeda. Jika sebelumnya *user* k dialokasikan pada CC ke-i, maka jika *user* k mendapat alokasi PRB, *past throughput* yang akan ter-*update* adalah yang berada pada CC ke-i.

$$T_k(i+1) = (1 - \frac{1}{T})T_k(i) + \frac{1}{T}R_k(i) \tag{3.2}$$

2.3. Skema INS WF [2]

Secara singkat skema INS WF ini terbagi ke dalam beberapa step, yaitu:

- a. Step 1: Pemilihan CC. *User* k memilih CC ke-i, sehingga pada *timeslot* itu *user* k hanya mempunyai nilai PF *Metric* pada CC ke-i. sebagai tambahannya jika nilai $\alpha > \beta$ maka LTE-A *user* tidak ada kemungkinan di tempatkan pada LTE-CC. Dan jika $\beta > \alpha$ maka perhitungan PF *Metric* untuk LTE *user* dikalikan dengan nilai WF (persamaan 3.3).

$$PF_k(i) \cdot WF = N_k \frac{1-\alpha}{\alpha} \tag{3.3}$$

- b. Step 2: Pengalokasian PRB ke-j kepada *user* yang memiliki nilai PF *Metric* maksimum pada PRB ke-j tersebut. Atau caranya adalah dengan me-nol-kan nilai PF *metric* yang tidak maksimum pada PRB ke-j.
- c. Step 3: *Update* nilai *past throughput* di semua CC dengan menggunakan persamaan 3.2. nilai *past throughput* masing-masing CC bisa berbeda. Jika sebelumnya *user* k dialokasikan pada CC ke-i, maka jika *user* k mendapat alokasi PRB, *past throughput* yang akan ter-*update* adalah yang berada pada CC ke-i.

2.4. Skema INS termodifikasi

Secara singkat skema INS WF ini terbagi ke dalam beberapa step, yaitu:

- a. Step 1: Pengukuran fairness menggunakan Jain's *Fairness Index* (persamaan 3.4), terdapat dua nilai *fairness*, untuk LTE *user* dan untuk LTE-A *user*.

$$FI = \frac{(\sum_i x_i)^2}{n \sum_i x_i^2} \tag{3.4}$$

- b. Step 2: Pemilihan CC. *User* k memilih CC ke-i, sehingga pada *timeslot* itu *user* k hanya mempunyai nilai PF *Metric* pada CC ke-i.
 - Bila terjadi *timeslot* bonus dan *average throughput* LTE *user* di bawah LTE-A *user*, maka LTE-A *user* tidak akan bisa mendapatkan kemungkinan akses LTE CC pada *timeslot* tersebut.
 - Dan bila terjadi *timeslot* bonus dan *average throughput* LTE *user* di atas LTE-A *user*, maka pada *timeslot* tersebut LTE *user* tidak mendapat alokasi PRB.

- c. Step 3: Pengalokasian PRB ke- j kepada *user* yang memiliki nilai *PF Metric* maksimum pada PRB ke- j tersebut. Atau caranya adalah dengan me-nol-kan nilai *PF metric* yang tidak maksimum pada PRB ke- j .
- Jika terjadi *timeslot* bonus, maka *throughput* dari masing-masing *user* akan di-sort dari terbesar sampai terkecil. Bergantung pada nilai *fairness*, beberapa *user* dengan *throughput* total paling tinggi akan di-nol-kan *PF Metric*-nya.
- d. Step 4: *Update* nilai *past throughput* di semua CC dengan menggunakan persamaan 3.2. nilai *past throughput* masing-masing CC bisa berbeda. Jika sebelumnya *user k* dialokasikan pada CC ke- i , maka jika *user k* mendapat alokasi PRB, *past throughput* yang akan *terupdate* adalah yang berada pada CC ke- i .
- Bila terjadi *timeslot* bonus dan *average throughput* LTE *user* di bawah LTE-A *user*, maka LTE *user* tidak akan di-*update past throughput*-nya. Sedangkan untuk LTE-A *user* akan tetap di-*update*.
 - Bila terjadi *timeslot* bonus dan *average throughput* LTE *user* di atas LTE-A *user*, maka LTE-A *user* tidak akan di *update past throughput*-nya.

3. Pembahasan

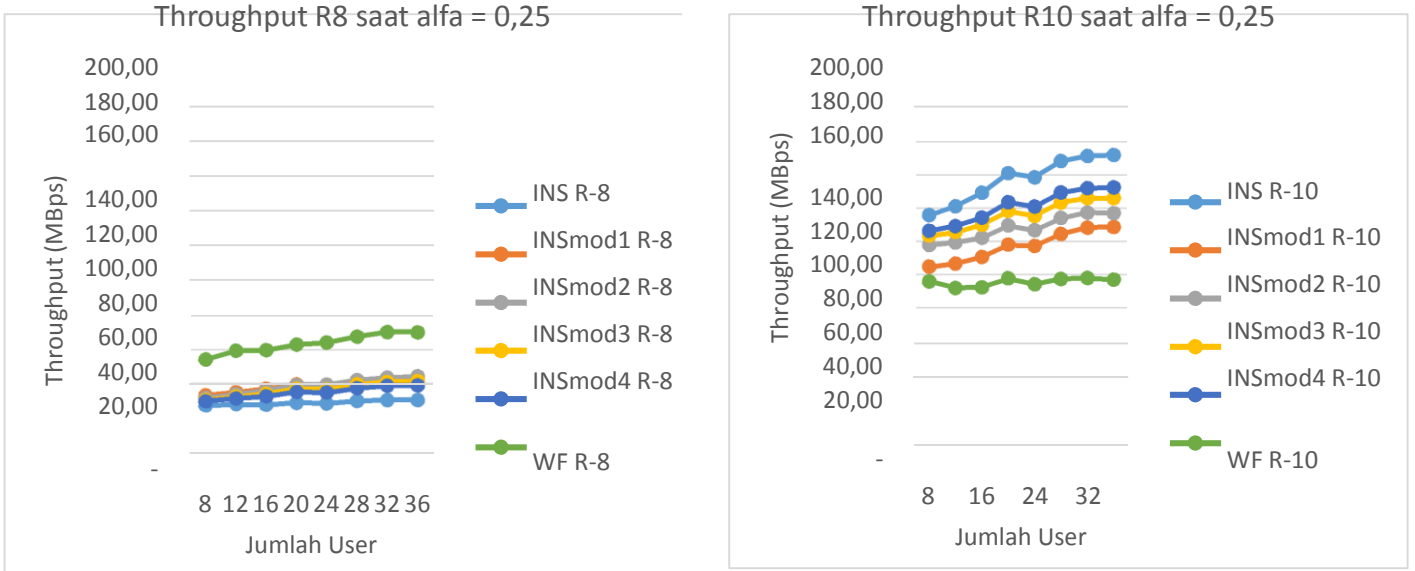
3.1. Parameter Simulasi [1] [2] [3]

Adapun parameter simulasi adalah sebagai berikut:

Parameter	Deskripsi
<i>Site Layout</i>	Sel Tunggal
Jari-jari Sel	1000 m
Konfigurasi Agregasi	4 CCs with 10 Mhz per CC
Jumlah PRB per CC	50 (12 <i>subcarrier</i> per PRB)
Konfigurasi Antena	1x1 (SISO)
Skema Modulasi	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Jumlah <i>user</i>	8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36
Prosentase LTE <i>user</i>	25%, 50%, dan 75%
Kecepatan <i>user</i>	0 ms
<i>Average Window Length</i> (T)	1000
Prosentase LTE CC	50%
Jumlah <i>Timeslot</i>	2000
Target <i>throughput</i>	100%

Adapun target *throughput* yang ingin dicapai 100% adalah karena alasan untuk mengukur performansi dari algoritma INS termodifikasi. Jika nilai dibuat di atas 100%, maka akan menjadi tidak masuk akal mengingat LTE *user* seharusnya tidak mendapatkan lebih dari LTE-A *user*. Berarti 100% ini merupakan nilai tersulit bagi INS termodifikasi, maka karena alasan inilah dipilih angka tersebut.

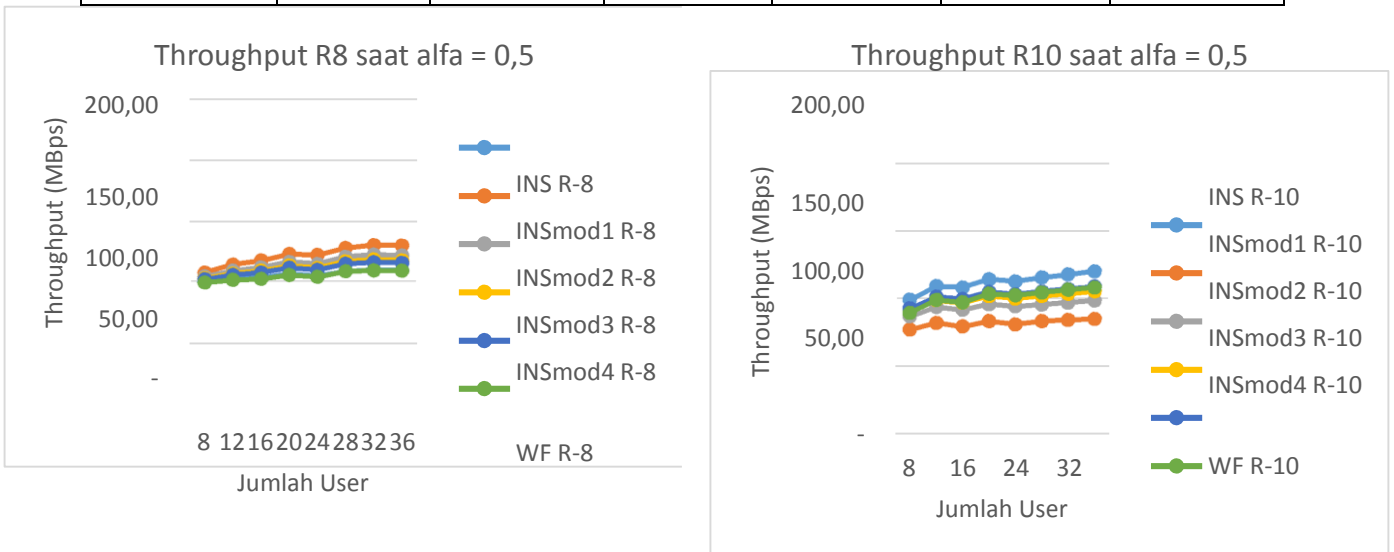
3.2. Analisis Throughput



Gambar 3.1a Throughput Total LTE user dan Gambar 3.1b Throughput Total LTE-A User

Tabel 3.1 Prosentase Average Throughput LTE User dibandingkan dengan LTE-A user saat $\alpha = 0.25$

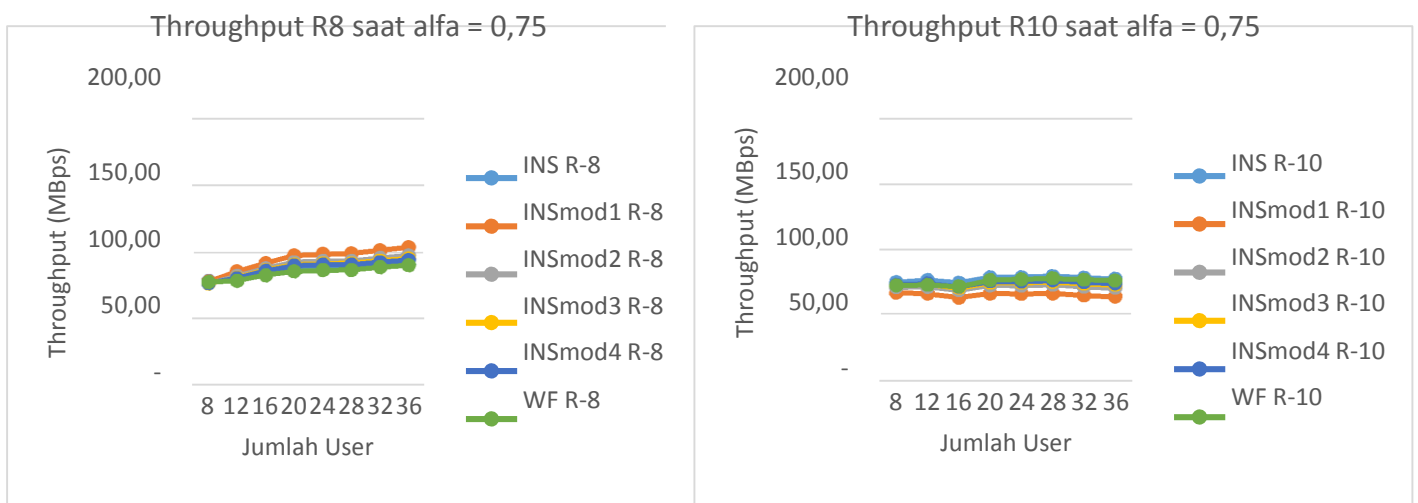
Prosentase Average Throughput LTE user dengan LTE-A user (%) saat $\alpha = 0.25$						
jml user	INS	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	WF
8	59,34	93,88	79,73	73,11	69,79	169,44
12	58,70	97,34	84,38	76,52	71,90	123,58
16	54,76	99,35	88,01	77,93	72,27	93,24
20	52,90	99,99	90,20	79,58	72,83	78,72
24	52,86	100,00	92,48	80,73	73,35	66,73
28	52,44	100,00	93,94	82,14	74,53	60,44
32	52,65	100,01	94,73	83,91	76,14	54,97
36	52,45	100,00	96,37	84,76	76,34	48,83



Gambar 3.2a Throughput Total LTE user dan Gambar 3.2b Throughput Total LTE-A User

Tabel 3.2 Prosentase Average Throughput LTE User dibandingkan dengan LTE-A user saat $\alpha = 0.5$

Prosentase Average Throughput LTE user dengan LTE-A user (%) saat $\alpha = 0.5$						
jml user	INS	INS mod 1	INS mod 2	INS mod 3	INS mod 4	WF
8	50,14	75,52	62,49	57,93	55,85	54,81
12	48,10	79,18	63,02	57,26	54,58	51,61
16	49,02	86,50	67,72	60,92	57,69	53,59
20	48,94	88,87	69,81	62,26	58,68	53,40
24	48,14	90,77	69,03	61,44	57,86	52,40
28	50,57	95,37	74,49	65,79	61,75	55,87
32	50,27	96,97	75,28	66,20	61,94	55,66
36	48,94	96,08	73,17	64,34	60,27	54,50



Gambar 3.3a Throughput Total LTE user dan Gambar 3.3b Throughput Total LTE-A User

Tabel 3.3 Prosentase Average Throughput LTE User dibandingkan dengan LTE-A user saat $\alpha = 0.75$

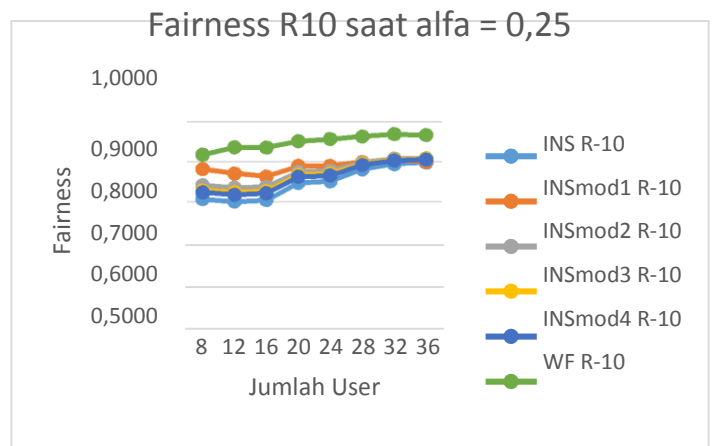
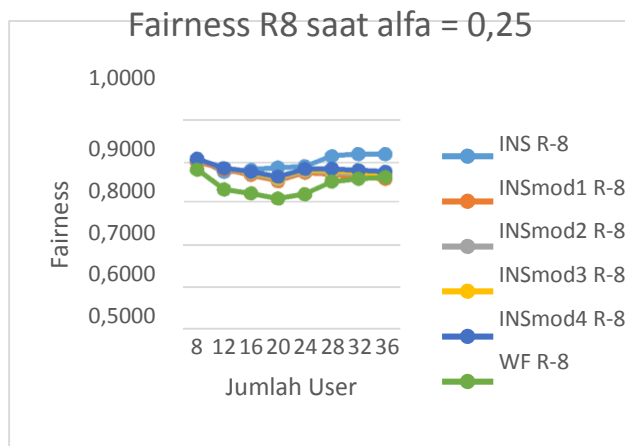
Prosentase Average Throughput LTE user dengan LTE-A user (%) saat $\alpha = 0.75$						
jml user	INS	INS mod 1	INS mod 2	INS mod 3	INS mod 4	WF
8	34,20	38,20	35,12	34,42	34,21	35,04
12	34,07	42,72	37,71	36,19	35,51	35,18
16	37,27	48,35	42,21	40,38	39,52	37,78
20	36,32	48,92	42,12	40,06	39,08	36,66
24	36,52	49,79	42,61	40,47	39,45	36,75
28	35,99	49,76	42,31	40,11	39,04	36,39
32	37,40	52,15	44,19	41,83	40,69	37,87
36	38,49	54,32	45,77	43,24	42,02	38,98

Seperti yang terlihat pada analisis $\alpha = 0.25$, bahwasanya skema INS WF memiliki *throughput* total yang bagus bagi LTE user, tapi ternyata hal itu merupakan hal yang tidak wajar, karena *throughput* rata-rata LTE user nya melebihi LTE-A user sampai dua kali lipat. Sedangkan pada skema INS mempunyai hasil yang lebih masuk akal karena *throughput* rata-rata LTE user nya hanya 50% dari LTE-A user. Yang lebih baik lagi adalah skema INS termodifikasi 1 dan 2 yang dapat menyamai level keduanya, meskipun dapat tercapai saat terdapat banyak user di sistem.

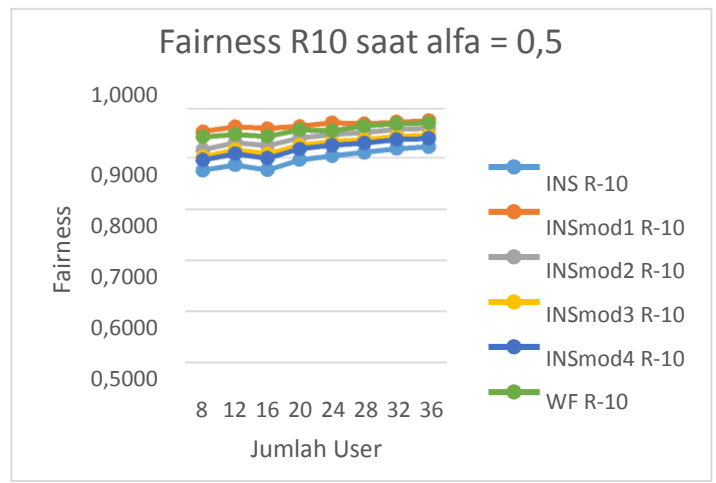
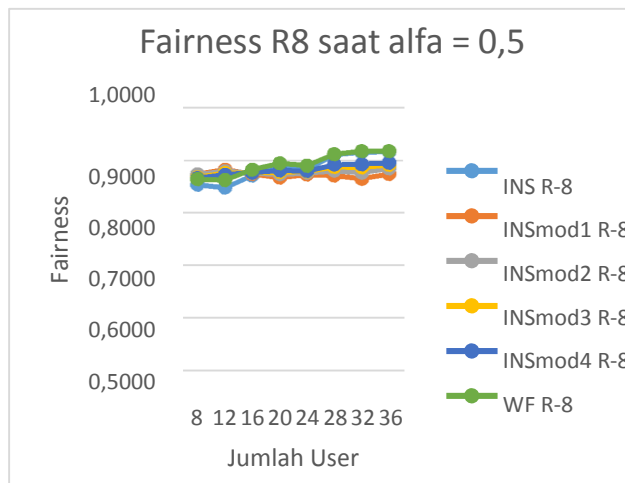
Untuk $\alpha = 0.5$ terlihat *throughput* total bagi skema INS merupakan yang paling tinggi. Tetapi *throughput* rata-rata antar tipe *user*-nya hanya sekitar 50% - 55%, sama seperti skema INS WF. Sedangkan untuk INS termodifikasi 1 mempunyai *average throughput* yang cukup baik, tetapi karena terlalu banyaknya alokasi yang diberikan untuk LTE *user* mengalahkan LTE-A *user* menyebabkan berkurangnya *throughput* secara keseluruhan, karena dialokasikan kepada *user* yang kurang *appropriate*. Skema INS termodifikasi 2, 3 atau 4 menjadi alternatif yang cukup baik jika bersedia mengambil *trade-off* tersebut.

Untuk skema INS termodifikasi pada $\alpha = 0.75$, *average throughput* dari LTE *user* hanya mencapai 55% dari LTE-A *user*. Hal ini karena terlalu banyaknya jumlah LTE *user* yang mendapat jatah alokasi *timeslot* bonus dari LTE-A *user*, sehingga peningkatan tidak terlalu signifikan.

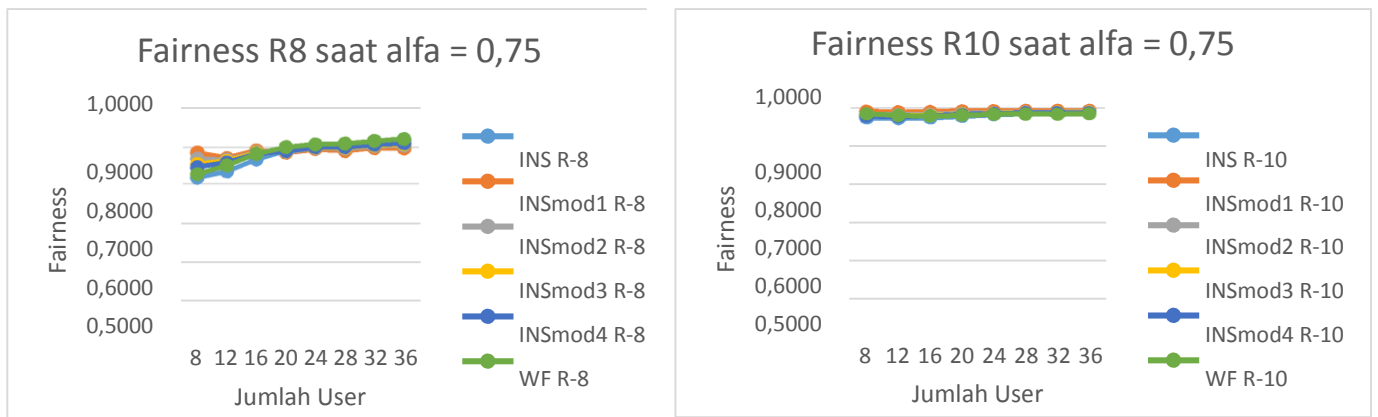
3.3. Analisis Fairness



Gambar 3.4a Fairness LTE user saat $\alpha = 0.25$ dan Gambar 3.4b Fairness LTE-A user saat $\alpha = 0.25$



Gambar 3.5a Fairness LTE user saat $\alpha = 0.5$ dan Gambar 3.5b Fairness LTE-A user saat $\alpha = 0.5$



Gambar 3.6a Fairness LTE user saat $\alpha = 0.75$ dan Gambar 3.6b Fairness LTE-A user saat $\alpha = 0.75$

Dapat disimpulkan secara keseluruhan proporsi user bahwasanya:

- Skema INS memiliki keunggulan *fairness* bagi LTE user pada semua proporsi user. Tetapi cenderung memiliki *fairness* yang paling rendah untuk LTE-A user.
- Skema INS WF memiliki *fairness* yang rendah bagi LTE user, tapi cenderung tinggi bagi LTE-A user pada semua proporsi user.
- Skema INS termodifikasi memiliki *fairness* yang relatif berada di antara kedua skema lainnya. Khusus pada INS modifikasi 1, menjadi skema terbaik bagi LTE-A user saat $\alpha = 0.5$ dan menjadi yang terburuk bagi LTE user pada saat $\alpha = 0.5$ dan 0.75
- Terjadinya perubahan (peningkatan atau penurunan) nilai *fairness* dari skema INS modifikasi dan INS WF adalah karena pengalokasian yang seharusnya dialokasikan kepada LTE-A user, tetapi dialokasikan untuk LTE user, ada yang mengalokasikan secara tepat untuk LTE user yang membutuhkan, ada yang kurang tepat, sehingga terjadi penurunan nilai *fairness*.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan, proses pengalokasian menggunakan INS WF dapat meningkatkan *fairness* secara efektif. Selain itu untuk skema INS termodifikasi dapat meningkatkan *average throughput* antara LTE user dan LTE-A user menjadi seimbang, sehingga setiap tipe user mendapat kesempatan yang relatif sama.

Daftar Pustaka

- [1] L. Chen, W. Chen, X. Zhang dan D. Yang, "Analysis and Simulation for Spectrum Aggregation in LTE-Advanced System," dalam *Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall)*, 2009 IEEE 70th, Anchorage, 2009.
- [2] L.-X. Lin, Y.-a. Liu dan F. Liu, "Resource Scheduling in Downlink LTE-Advanced System with Carrier Aggregation," *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, pp. 44-49, 2012.
- [3] L. Prayogo, "Resource Scheduling Berbasis Proportional Fair pada LTE OFDMA-MIMO Arah Downlink menggunakan Algoritma Greedy Termodifikasi," IT Telkom, Bandung, 2013.