

# Perencanaan Dan Analisa Kapasitas Jaringan Transport Operator X Dengan Menggunakan Metode Overbooking Area Jombang Rawa

## *Transport Network Capacity Planning And Analysis Operator X Using Overbooking Method In Jombang Rawa Area*

Erna Temmerman Simanihuruk<sup>1</sup>, Alfin Hikmaturokhman<sup>2</sup>, Ade Wahyudin<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>S1Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

---

### Informasi Makalah

Dikirim, 13 Desember , 2017  
Diterima, 30 April , 2018

---

### Kata Kunci:

LTE (Long Term Evolution)  
Roll Out  
Microwave  
Overbooking Calculation

---

### Keyword:

LTE (Long Term Evolution)  
Roll Out  
Microwave  
Overbooking Calculation

---

### INTISARI

Kualitas layanan komunikasi yang berkecepatan tinggi saat ini menjadi kebutuhan bagi pengguna layanan LTE (Long Term Evolution), sehingga terjadi kebutuhan kapasitas trafik yang tinggi. Jombang Rawa merupakan salah satu daerah yang memiliki kapasitas trafik yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, operator X menggelar project jaringan seluler yang bernama roll out project yang bertujuan untuk menyediakan kapasitas jaringan LTE yang cukup bagi pelanggan operator X. Pada project tersebut dilakukan perencanaan kapasitas jaringan transport menggunakan backhaul microwave yang bertujuan untuk mendukung layanan site baru LTE sehingga tidak terjadi kekurangan bandwidth pada jalur site baru. Metode yang digunakan untuk mendapatkan trafik yang sesuai untuk jalur site baru adalah metode perhitungan overbooking. Berdasarkan hasil perhitungan Overbooking dari 102 site, terdapat 22 site yang memerlukan solusi propose kapasitas bandwidth. Dengan menggunakan metode overbooking maka terdapat upgrade konfigurasi sebagai solusi untuk menangani jalur yang mengalami kekurangan trafik.

---

### ABSTRACT

The high quality of high-speed communication services is now a requirement for LTE (Long Term Evolution) users, resulting in high traffic capacity requirements. Jombang Rawa area is one area that has a high traffic capacity. To overcome this problem, X operator rolled out a mobile network project called roll out project that aims to provide sufficient LTE network capacity for operator X customers. In the project, the capacity of the transport network is done using a microwave backhaul which aims to support the new LTE site so that there is no bandwidth shortage in the new site path. The method used to obtain the appropriate traffic for the new site path is the overbooking calculation method. Based on Overbooking calculations of 102 sites, there are 22 sites that require a propose bandwidth capacity solution. Using the overbooking method there is a configuration upgrade as a solution to deal with trafficked paths.

---

### Korespondensi Penulis:

Penulis Ke-1  
S1Teknik Telekomunikasi  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
Jl. D. I. Panjaitan No. 128 Purwokerto 53147  
Email: ernatemmerman@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Pada era modernisasi telekomunikasi menjadi tulang punggung teknologi komunikasi yang memegang peran penting dalam komunikasi yang terjadi pada manusia. Sebagai penunjang berhasilnya pembangunan nasional, peranan telekomunikasi sangat dibutuhkan dalam proses bertukar informasi baik berupa *voice*, *text*, maupun *video* tanpa memandang jarak secara fisik maupun jarak secara geografis. Untuk mendukung sampainya informasi kepada yang dituju dibutuhkan dukungan jaringan komunikasi seluler. Pada saat ini teknologi seluler memiliki perkembangan yang begitu pesat mulai dari layanan teknologi 2G sampai dengan 4G. Dengan perkembangan teknologi seluler hingga 4G maka dapat dipastikan bahwa semakin canggih dan semakin banyak kemudahan yang diperoleh pengguna. Seperti halnya kecepatan akses data yang disediakan oleh teknologi 4G dengan *bandwidth* yang tinggi mengakibatkan meningkatnya kapasitas pengguna teknologi 4G tersebut.

Kualitas layanan komunikasi juga ditentukan oleh okupansi kapasitas layanan 4G. Operator X menggelar jaringan seluler yang bernama *Roll Out Project*, yaitu penambahan *site* baru untuk 4G di Jakarta area Jombang Rawa. Area Jombang Rawa merupakan salah satu area yang memiliki kebutuhan kapasitas jaringan yang tinggi dan memiliki beberapa *link* yang mengalami *overbooking traffic* yang tinggi, sehingga diperlukan perencanaan jaringan *backhaul* yang efektif. Tujuan dari adanya proyek *Roll Out* tersebut adalah untuk menyediakan kapasitas yang cukup untuk pelanggan 4G operator X. Dengan meningkatnya kapasitas pengguna jaringan 4G perlu dianalisa di sisi jaringan transport *microwave*-nya apakah mencukupi untuk menampung kapasitas jaringan 4G operator X tersebut.

Pada penelitian ini, untuk menghitung kebutuhan kapasitas *microwave* menggunakan metode perhitungan *overbooking*. Selain itu membuat simulasi *link budget* menggunakan Pathloss 5.0. Pathloss 5.0 berfungsi sebagai alat bantu yang digunakan untuk komunikasi radio *microwave* seperti halnya membuat simulasi perhitungan *link budget*. Penelitian tersebut terinspirasi oleh penelitian mahasiswa Universitas Telkom Bandung yang berjudul “**Analisis Perencanaan Backhaul Microwave Untuk Radio Komunikasi Pada Kawasan Wisata Kepulauan Seribu**” dimana pada penelitian tersebut membahas perencanaan *media transport backhaul* agar jaringan *LTE* dapat menjangkau Kepulauan Seribu demi terciptanya layanan data berkecepatan tinggi di wilayah tersebut[1]. Sehingga atas dasar tersebut penulis mengambil judul “**PERENCANAAN DAN ANALISA KAPASITAS JARINGAN TRANSPORT OPERATOR X DENGAN MENGGUNAKAN METODE OVERBOOKING AREA JOMBANG RAWA**”. Perencanaan dan analisa ditujukan agar proyek *Roll Out* menjadi lebih baik untuk mendukung kapasitas jaringan *transport* yang dapat terpenuhi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan perancangan jaringan *transport microwave* terdapat beberapa tahapan yang dilakukan mulai dari penentuan lokasi penelitian hingga menganalisa hasil dari perhitungan *overbooking* jalur *site* baru. Berikut tahapan serta penjelasan dalam melakukan perancangan jaringan *transport microwave*:

### 1. Penentuan Lokasi Penelitian

Operator X menggelar jaringan seluler yang bernama *Roll Out Project*, yaitu penambahan *site* baru untuk 4G di Jakarta area Jombang Rawa. Area Jombang Rawa merupakan salah satu area yang memiliki kebutuhan kapasitas jaringan yang tinggi dan memiliki beberapa *link* yang mengalami *overbooking traffic* yang tinggi, sehingga diperlukan perencanaan jaringan *backhaul* yang efektif berbasis *microwave*.

### 2. Pengambilan Data *lookup equipment* Pathloss 5.0

Pada penelitian ini penulis melakukan pengambilan data di PT Alita Praya Mitra, Jakarta Selatan. Adapun data yang didapat yaitu data titik koordinat dan data *lookup Equipment* Pathloss yang akan dimasukkan ke *software* Pathloss 5.0 dan data *LOS survey* salah satu *link*.

### 3. Perancangan *link microwave site* eksisting

Pada perancangan *link microwave site* eksisting, penulis menginput semua data titik koordinat *site* eksisting pada Pathloss 5.0. Dan menghubungkan antara *near site* dan *far end site*. Kemudian menghitung trafik *persite* dan menghitung *overbooking* pada jalur *site* eksisting.

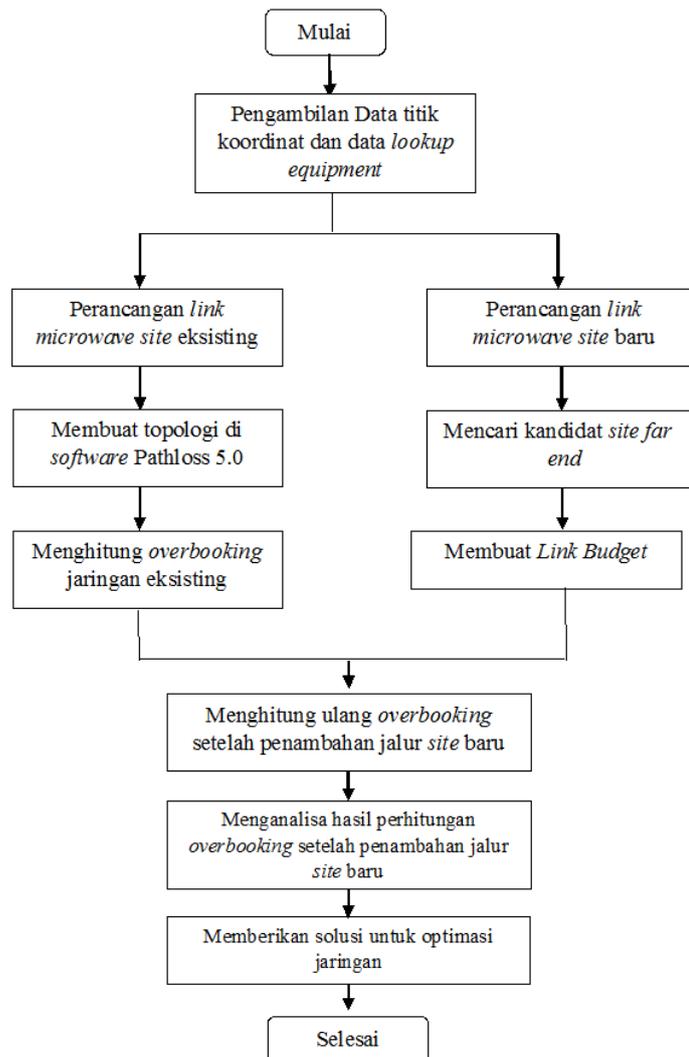
### 4. Perancangan *link microwave site* baru

Pada perancangan *link microwave site* baru, penulis menginput semua data titik koordinat *site* eksisting pada Pathloss 5.0. Dan mencari kandidat *far end site* dan kemudian dihubungkan antara *site* baru dengan *far end site* eksisting. Dalam mencari kandidat *far end site*, *site* tersebut harus merupakan *site* eksisting dan memiliki jarak terdekat dengan *site* baru serta memiliki jumlah *site* eksisting yang terhubung tidak terlalu banyak. Jika *far end site* sudah ditemukan, maka perlu diteliti apakah dalam kondisi *LOS (Line of*

*Sight*) atau tidak. Jika tidak dalam kondisi LOS maka harus mencari kandidat *far end site* yang baru, namun jika kandidat *far end site* sudah dalam kondisi LOS maka selanjutnya adalah membuat *link budget* pada jalur *site* baru.

#### 5. Menghitung ulang *overbooking* setelah adanya jalur *site* baru

Perhitungan ini dilakukan setelah adanya penambahan jalur *site* baru. Perhitungan dilakukan untuk melihat kapasitas trafik pada jalur yang mengalami penambahan beban trafik dari *site* baru. Jika terdapat jalur yang memiliki trafik yang tinggi (melebihi standart *overbooking*), maka akan diberikan solusi berupa *upgrade bandwidth* pada jalur tersebut.



Gambar 1. Flowchart perancangan jaringan transport microwave

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Penentuan *Far End Site*

*Near End Site* merupakan *site* baru yang akan dibangun. Sedangkan *Far End Site* adalah *site* tujuan yang akan dihubungkan dengan *site Near End*. Penentuan *Far End* berdasarkan keadaan LOS (*Line of Sight*) dan kapasitas *site* eksisting. LOS (*Line of Sight*) merupakan keadaan dimana antara pemancar dan penerima mengikuti garis pandang (saling terlihat) tanpa adanya penghalang (*obstacle*). Tabel 1 merupakan hasil penentuan *far end* sesuai dengan syarat LOS.

Tabel 1. Hasil penentuan *Far End Site*

NO	SITE ID NE	SITE NAME ASSIGNMENT	LONGITUDE NE	LATITUDE NE	SITE ID FE	JALUR
1	3473016G9	3G_MANUNGGAL_PERIGI	106.681.192	-627.060.800	1143	Jalur 1
2	3473014G9	3G_POLSEK_CISAUK	106.640.122	-633.121.400	3226	Jalur 2
3	3471566G9	3G_GEDUNG_FROGGIES	106.644.362	-629.945.600	2413587	Jalur 3
4	3471565G9	3G_LANDMARK_GATE	106.650.897	-630.409.200	592	Jalur 4
5	3473018G9	3G_GREEN_COVE	106.658.663	-630.011.700	592	Jalur 5
6	3471294G9	3G_EMINEN_PAGEDANGAL	106.636	-629.066.000	2413587	Jalur 6
7	3473006G	3G_ARIA_PUTRA_BAKTI	10.671.877	-630.750.000	A226	Jalur 7
8	3473001G9	3G_HUTAMA_KARYA	106.667.927	-634.298.000	684	Jalur 8
9	3473010G9	3G_SAMPORA_CISAUK	106.668.108	-631.843.000	1467	Jalur 9
10	3471289G9	3G_FIORE_RAYA	10.664.005	-629.441.000	2413587	Jalur 10
11	3471291G9	3G_FORESTA_ARIA	106.646	-628.857.000	3241	Jalur 11
12	3473011G9	3G_KOMPLEKS_AVANI	106.654	-632.059.000	1467	Jalur 12
13	3471317G9	3G_JAKARTA_NANYANG_SCH	106.652	-628.650.000	1466	Jalur 13
14	3473013G9	3G_BATAN_INDAH	106.668	-632.893.000	1468	Jalur 14

### Hasil Link Budget

Dari parameter-parameter *link budget* yang dihitung, terdapat beberapa parameter *link budget* yang diamati dimana parameter-parameter tersebut menjadi acuan dalam menentukan apakah *link* tersebut sudah memenuhi standart. Parameter yang dimaksud adalah sebagai berikut:

#### a. Received Signal Level (RSL)

*Received Signal Level (RSL)* adalah level daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Nilai RSL dipengaruhi oleh rugi-rugi pada sisi antena penerima dan *gain* antena penerima. Adapun *standart* dari nilai *Received Signal Level (RSL)* adalah maksimal bernilai -35 dBm. Berdasarkan hasil *Received Signal Level* yang diperoleh maka besarnya *Received Signal Level* sudah memenuhi standart. Untuk nilai dari *Received Signal Level* untuk keseluruhan jalur dapat diperhatikan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Received Signal Level* perhitungan dan *report Link Budget Pathloss 5.0*

NO	Jalur	RSL (dBm)	
		Perhitungan (dBm)	Pathloss (dBm)
1	Jalur 1	-	-30,96
2	Jalur 2	-31,0808678	-32,57
3	Jalur 3	-	-33,56
4	Jalur 4	-	-30,86
5	Jalur 5	-	-34,12
6	Jalur 6	-32,9800838	-33,59
7	Jalur 7	-	-33,35
8	Jalur 8	-	-31,9
9	Jalur 9	-	-29,86
10	Jalur 10	-	-30,59
11	Jalur 11	-	-31,69
12	Jalur 12	-	-26,11
13	Jalur 13	-27,0850652	-29,33
14	Jalur 14	-	-30,38

### b. *Fading Margin* (FM)

*Fading Margin* adalah cadangan daya yang digunakan untuk mempertahankan level sinyal yang diterima diatas level ambang batas. Pada perancangan jaringan transmisi *microwave*, level sinyal yang diterima oleh antena penerima harus dipastikan berada di atas level ambang batas dalam kondisi baik maupun buruk. Untuk standart *Fading Margin* sistem komunikasi yang baik adalah minimal 30 dB. Dari hasil perhitungan dan simulasi *link budget* Pathloss 5.0 *Fading Margin* pada keseluruhan jalur sudah memenuhi standart dan *link* komunikasi dapat berjalan dengan baik. Semakin besar nilai *Fading Margin* yang dihasilkan maka sistem komunikasi akan semakin baik. Untuk nilai dari *Fading Margin* untuk keseluruhan jalur dapat diperhatikan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Fading Margin* perhitungan dan simulasi *Link Budget* Pathloss 5.0

NO	Jalur	<i>Fade Margin</i> (dB)	
		Pathloss	Perhitungan
1	Jalur 1	40,04	40,04
2	Jalur 2	38,43	38,43
3	Jalur 3	37,44	37,44
4	Jalur 4	40,14	40,14
5	Jalur 5	36,88	36,88
6	Jalur 6	37,41	37,41
7	Jalur 7	37,65	37,65
8	Jalur 8	39,1	39,1
9	Jalur 9	41,14	41,14
10	Jalur 10	40,41	40,41
11	Jalur 11	39,31	39,31
12	Jalur 12	44,89	44,89
13	Jalur 13	41,67	41,67
14	Jalur 14	40,62	40,62

### c. *Availability*

*Availability* merupakan kemampuan atau kehandalan suatu sistem dalam memberikan pelayanan. Untuk nilai ideal dari *Availability* adalah 100%. Namun nilai ideal tersebut tidak mungkin terpenuhi karena ada yang dinamakan dengan *unAvailability* atau ketidakhandalan sistem dalam memberikan pelayanan. Batas toleransi nilai *Availability* yang diizinkan adalah sebesar 99,999%. Dari Tabel 4 dapat diperhatikan besarnya nilai *availability* pada perhitungan dan simulasi *link budget* Pathloss 5.0 sudah memenuhi standart dan keseluruhan jalur dapat berjalan dengan baik. Untuk nilai dari *Avalability* untuk keseluruhan jalur dapat diperhatikan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Availability* perhitungan dan simulasi *Link Budget* Pathloss 5.0

NO	Jalur	<i>Availability</i>	<i>Availability</i>
		Perhitungan (%)	Pathloss (%)
1	Jalur 1	99,9999911	100
2	Jalur 2	99,99998473	100
3	Jalur 3	99,99997739	100
4	Jalur 4	99,99997122	100
5	Jalur 5	99,99999085	100
6	Jalur 6	99,99999886	100
7	Jalur 7	99,99999405	100
8	Jalur 8	99,99999957	100
9	Jalur 9	99,99999986	100

10	Jalur 10	99,99999573	100
11	Jalur 11	99,99999961	100
12	Jalur 12	99,99999941	100
13	Jalur 13	99,99999643	100
14	Jalur 14	99,99999353	100

### 3. Hasil Perhitungan *Overbooking*

Tabel 5. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi *Overbooking*

No	Site ID	Route path	Capacity Link (before Solu)	link Proposed	after solu	Solusi	Status	
1	35	1435<>0035	126	1,70	300	0,71	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
2	189	1435<>0189	126	4,23	450	1,18	Upgrade 3+0	Sesuai Standard
3	588	1435<>0189<>0588	126	1,70	300	0,71	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
4	224	1435<>0224	126	4,23	450	1,18	Upgrade 3+0	Sesuai Standard
5	594	1435<>0224<>0594	126	1,70	300	0,71	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
6	589	1435<>0589	126	11,83	600	2,48	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
7	593	1435<>0589<>0593	126	2,53	300	1,06	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
8	684	1435<>0589<>0684	126	6,76	600	1,42	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
9	1468	1435<>0589<>0684<>1468	126	1,68	300	0,71	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
10	592	1435<>0592	126	5,88	600	1,24	Upgrade 4+0	Sesuai Standard
11	1143	1435<>1143	126	10,93	600	2,30	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
12	3241	1435<>1143<>3241	126	8,41	600	1,77	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
13	2E+06	1435<>1143<>3241<>24135	126	3,35	450	0,94	Upgrade 3+0	Sesuai Standard
14	1437	1435<>1437	126	9,25	600	1,94	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
15	1467	1435<>1437<>1467	126	5,90	600	1,24	Upgrade 4+0	Sesuai Standard
16	1466	1435<>1466	126	9,28	600	1,95	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
17	3226	1435<>3226	126	10,16	600	2,13	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
18	98	1435<>3226<>0098	126	1,70	300	0,71	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
19	683	1435<>3226<>0683	126	4,25	450	1,19	Upgrade 3+0	Sesuai Standard
20	A226	1435<>A226	126	9,31	600	1,96	Fiber	Tidak Memenuhi Standard
21	A225	1435<>A226<>A225	126	2,55	300	1,07	Upgrade 2+0	Sesuai Standard
22	A243	1435<>A243	126	5,08	600	1,07	Upgrade 3+0	Sesuai Standard

Tabel 5 merupakan tabel yang berisi *site* dan *link* yang memiliki nilai kapasitas trafik diatas dari standart *overbooking* serta solusi yang ditawarkan untuk mengatasi *site* yang memiliki kapasitas trafik tidak sesuai standart *overbooking*. Kolom *Capacity Link Proposed* merupakan besar trafik yang ditawarkan untuk mengatasi *site* yang memiliki nilai kapasitas trafik tidak sesuai standart *overbooking*. Standart dari nilai *overbooking* adalah sebesar 1,4. Dapat diperhatikan dari Tabel 4.23, *route path* 1435<>0035 nilai *overbooking* diatas 1,4. Keadaan *overbooking* tersebut lebih dari standart dikarenakan banyaknya jumlah *site* yang menginduk ke 1435<>0035 sehingga menyebabkan kebutuhan trafikpun semakin besar. Oleh karena itu pada *route path* 1435<>0035 di-*propose* menjadi 300 Mbps dan di-*upgrade* 2+0 pada sistem dan perangkat yang digunakan. *Propose* tersebut bertujuan untuk mengurangi nilai *overbooking* dari *route path* 1435<>0035. Dengan *propose* yang dilakukan sebesar 300 Mbps maka nilai *overbooking* pada *route path* 1435<>0035 dihasilkan sebesar 0,71. Dengan nilai *overbooking* sebesar 0,71 maka *link* komunikasi pada *route path* 1435<>0035 sudah optimal dan tidak mengalami trafik yang berlebihan.

*Route path* 1435<>0189 dalam keadaan *overbooking* eksisting, memiliki nilai *overbooking* diatas 4,23. Keadaan *overbooking* tersebut terjadi dikarenakan banyaknya jumlah *site* yang menginduk ke 1435<>0189 dan hal tersebut menyebabkan kebutuhan trafikpun semakin besar. Oleh karena itu *route path* 1435<>0189 di-*propose* menjadi 450 Mbps dan di-*upgrade* 3+0 pada sistem dan perangkat yang digunakan. *Propose* tersebut bertujuan untuk mengurangi nilai *overbooking* dari *route path* 1435<>0189. Dengan *propose* yang dilakukan sebesar 450 Mbps maka nilai *overbooking* pada *route path* 1435<>0189 dihasilkan sebesar 1,18. Dengan nilai sebesar 1,18 maka *link* komunikasi pada *route path* 1435<>0189 sudah optimal dan tidak mengalami trafik yang berlebihan.

*Route path* 1435<>0592 dalam keadaan *overbooking* eksisting memiliki nilai *overbooking* diatas 5,88. Keadaan *overbooking* tersebut terjadi dikarenakan banyaknya jumlah *site* yang menginduk ke

1435<>0592 dan hal tersebut menyebabkan kebutuhan trafikpun semakin besar. Oleh karena itu *route path* 1435<>0592 di-*propose* menjadi 600 Mbps dan di-*upgrade* 4+0 pada sistem dan perangkat yang digunakan. *Propose* tersebut bertujuan untuk mengurangi nilai *overbooking* dari *route path* 1435<>0592. Dengan adanya *propose* kapasitas pada *route path* 1435<>0592 menjadi 600 Mbps maka dihasilkan nilai *overbooking* sebesar 1,24. Dengan nilai sebesar 1,24 maka *link* komunikasi pada *route path* 1435<>0592 sudah optimal dan tidak terjadi trafik yang berlebihan.

Dari *propose* yang dilakukan terdapat beberapa *route path* yang memiliki nilai *overbooking* lebih besar yaitu 1435<>0589, 1435<>1143, 1435<>1143<>3241, 1435<>1143<>3241<>2413587, 1435<>1437, 1435<>1466, 1435<>3226 dan 1435<>A226 sehingga menyebabkan *propose* 600 Mbps tidak cukup untuk mengatasi *site* yang memiliki nilai *overbooking* diatas standart. Hal ini disebabkan oleh lebih banyaknya *site* yang mengindik ke *site* tertentu sehingga beban kapasitas trafik yang ditampungpun semakin besar. Solusi yang ditawarkan untuk *site* yang tidak cukup untuk di *propose bandwidth* sebesar 600 Mbps yaitu dengan cara melakukan *upgrade Fiber*. *Upgrade fiber* yang dimaksud adalah *site* yang memiliki nilai *overbooking* tidak sesuai standart akan dihubungkan langsung ke jaringan *backbone*. Sehingga dengan melakukan *upgrade Fiber*, maka *overbooking* yang terjadi pada *site* tertentu dapat teratasi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Metode yang digunakan untuk mendapatkan trafik yang sesuai untuk jalur *site* baru adalah metode perhitungan *overbooking*. Dengan menggunakan metode *overbooking* maka terdapat *upgrade* konfigurasi sebagai solusi untuk menangani jalur yang mengalami kekurangan trafik.
2. Berdasarkan hasil perhitungan *Overbooking* dari jumlah 102 *site* terdapat 22 jalur *site* yang memerlukan solusi *upgrade* kapasitas *bandwidth*-nya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfin Hikmaturokhman, "Diktat Kuliah Komunikasi Radio Gelombang Mikro," 2007.
- [2] Alfin Hikmaturokhman, "Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability pada Jaringan Transmisi Microwave Menggunakan Software PATHLOSS 5.0 Studi Kasus di PT. Alita Praya Mitra." Jurnal ECOTIPE 1.2 (2014).
- [3] F. B. Wicaksono, "Analisis Perencanaan Backhaul Microwave Untuk Radio Komunikasi Pada Kawasan Wisata Kepulauan Seribu," Universitas Telkom, 2016.
- [4] Hanif R. Pambudi, "Analisis Perencanaan *Backhaul Microwave U900 Project* di Area Pisangan Baru Menggunakan Perhitungan *Overbooking*," Institut Teknologi Telkom, 2017.
- [5] Lingga Wardana, B. F. Aginsa, A. Dewantoro, I. Harto, G. Mahardika dan A. Hikmaturokhman, 4G *Handbook* Bahasa Indonesia, Jakarta Selatan: www.nulisbuku.com, 2014.
- [6] R. L. Freeman, *Radio System Design for Telecommunications (1-100 GHz)*, New York: Wiley Interscience, 1987.
- [7] R. L. Freeman, *Telecommunication Transmission Handbook*, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1998. Abdullah, E. C. & Geldart, D. (1999) The use of bulk density measurements as flowability indicators. *Powder Technology*, 102, 151-165.

