

**PERENCANAAN COVERAGE dan CAPACITY JARINGAN *LONG TERM EVOLUTION* (LTE)
FREKUENSI 700* MHz PADATOL CIPULARANG (CIKAMPEK-PURWAKARTA-PADALARANG)
MENGUNAKAN METODE *PHYSICAL CELL IDENTITY* (PCI)**

Riano Febrianto¹

Ir.Uke Kurniawan Usman, MT² Dr. Rendy Munadi, Ir., MT.³
^{1,2,3}Fakultas Teknik – Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹rianofebrianto@gmail.com²ukeusman@telkomuniversity.ac.id³rnd@telkomuniversity.ac.id**ABSTRAK**

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan jaringan LTE *outdoor* pada Tol Cipularang (Cikampek-Purwakarta–Padalarang). Perencanaan jaringan LTE ini dilakukan dengan cara perhitungan *coverage* dan *capacity*.

Perhitungan *coverage* digunakan untuk mendapatkan radius daya pancar radio antena atau BTS (*Base Transceiver Station*). Perhitungan *capacity* digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas yang disediakan oleh antena atau BTS, serta mengetahui *throughput* yang akan didapatkan oleh user yang ada di Tol tersebut. Pada penelitian ini juga dilakukan perencanaan trafik yang diperlukan sebagai data pendukung dalam perencanaan jaringan LTE *outdoor* ini. Kemudian dilakukan perencanaan berdasarkan *neighbour relation* dan *physical cell identity* (PCI).

Perencanaan jaringan LTE di jalan tol Cipularang ini disertai dengan simulasi menggunakan software ATOLL. Dengan adanya PCI terutama di daerah utama yaitu sepanjang jalur Tol Cipularang dengan membandingkan sebelum dan sesudah menggunakan metode PCI maka dapat mengurangi level interferensi yang ditunjukkan meningkatnya probabilitas daerah dengan nilai BLER yang kecil yaitu 761 km² menjadi 760 km², kemudian karena interferensi yang berkurang maka nilai rata-rata $C/(I+N)$ naik sebesar 11,09 dB yang sebelumnya 10,96 dB, sehingga *average user throughput* mengalami kenaikan dari 18.842,96 kbps menjadi 19.026,46 kbps.

Kata kunci : LTE, ATOLL, *coverage*, *capacity*, *neighbour relation*, *physical cell identity*, BLER, $C/(I+N)$, *throughput*.

ABSTRACT

This Final Project focus on planning the outdoor LTE network in Cipularang (Cikampek-Purwakarta-Padalarang) Toll-highway. LTE network planning is done by calculating coverage and capacity.

The coverage calculation was used to obtain the radius of the radio transmit power antenna or BTS (Base Transceiver Station). Capacity calculation was used to determine the amount of capacity provided by the antenna or base stations, as well as knowing that throughput will be obtained by the user in the Toll-highway. This research also conducted the traffic planning which required as supporting data in outdoor LTE network planning. Then the planning was based on neighbor relations and physical cell identity (PCI)

LTE network planning was also accompanied by a simulation using software ATOLL. With the PCI especially in potential areas, namely along Cipularang Toll-highway by comparing before and after PCI allocation, it could reduce interference levels which was indicated by increasing the probability of an area with a small BLER value, that is 761 km² 760 km², as the consequence due to the decreasing of interference, the average value of $C / (I + N)$ rose by 11,09 dB which was 10,96 dB previously, the average user throughput increase from 18.842,96 kbps to 19.026,46 kbps.

Key Words : LTE, ATOLL, *coverage*, *capacity*, *neighbour relation*, *physical cell identity*, BLER, $C/(I+N)$, *throughput*.

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia telekomunikasi sekarang ini sangatlah pesat, sehingga dibutuhkan suatu jaringan yang handal yang dapat mengirimkan data dengan kecepatan tinggi dan mendukung semua fitur layanan yang dibutuhkan. Pada saat ini yang mampu memenuhi kebutuhan itu adalah teknologi LTE.

Tol Cipularang adalah salah satu jalan Tol di Indonesia yang memiliki jumlah pengguna yang cukup banyak. Pada saat ini kebutuhan akan layanan seluler yang handal dan stabil dimanapun dan kapanpun merupakan harga yang mutlak. Untuk memenuhi kebutuhan layanan seluler tersebut di tol Cipularang diperlukannya perencanaan jaringan *outdoor* LTE, agar layanan seluler tersebut dapat diakses dengan fleksibel dan optimal.

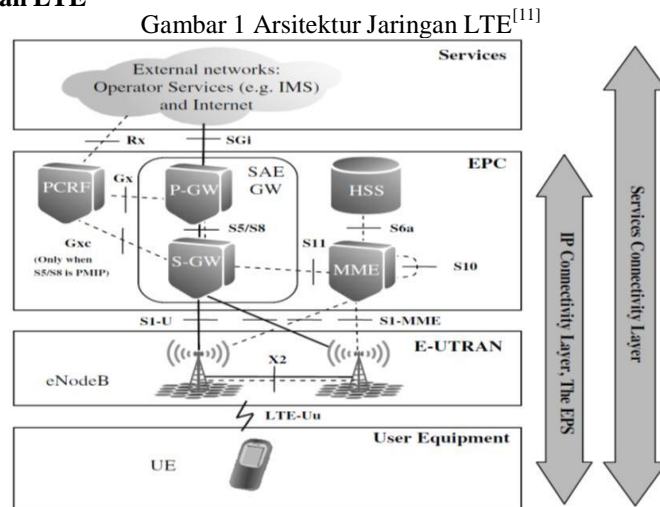
Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan *coverage* dan *capacity* jaringan *outdoor* LTE pada jalan Tol Cipularang dengan menggunakan *software* ATOLL.

2. DASAR TEORI

2.1 Long Term Evolution (LTE) ^[11]

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project (3GPP)*. Pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* dengan bandwidth 20Mhz.

2.2 Arsitektur Jaringan LTE



2.3 Konsep Dasar LTE^[11]

LTE mempunyai *radio acces* dan *core network* yang dapat mengurangi *network latency* dan meningkatkan performansi sistem dan menyediakan *interoperability* dengan teknologi 3GPP yang sudah ada dan non-3GPP.

Dalam LTE terdapat dua bagian, yaitu bagian *Radio Acces Network* dan bagian *Core Network*. Fungsi seperti modulasi, *handover*, dan *header compression* terdapat di bagian *Radio Acces Network*, sedangkan fungsi seperti *Charging* dan *Mobility management* terdapat dibagian *Core Network*. Di dalam kasus LTE, *Radio Acces Network* adalah E-UTRAN dan *Core Network* adalah EPC.

1. E-UTRAN

- E-Node B (*Evolved Node B*)

Peran dari *Radio Acces Network (RAN)* yaitu Node B dan RNC digantikan dengan ENB ini, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dan operasional dari perangkat, selain itu arsitekturnya jauh lebih sederhana. LTE tidak dimaksudkan hanya untuk digunakan melalui E-UTRA, tetapi juga dimaksud untuk digunakan melalui jaringan IP lainnya, termasuk WiMAX dan WiFi, dan bahkan jaringan kabel. Sistem E-UTRAN menggunakan OFDMA untuk *downlink* dan *Single Carrier FDMA (SC-FDMA)* untuk *uplink*.

2. EPC (*Evolved Packet Core Network*)

- MME (*Mobility Management Entity*)

MME merupakan pengontrol setiap node pada jaringan akses LTE. Pada saat UE dalam kondisi *idle*, MME bertanggung jawab dalam melakukan prosedur *tracking* dan *paging* yang di dalamnya mencakup *retransmission*. MME bertanggung jawab untuk memilih SGW (*Serving Gateway*) yang akan digunakan UE saat *intial attach* pada waktu UE melakukan *intra-LTE handover*

- PCRF (*Policy and Charging Rules Function*)

Untuk menangani QoS serta mengontrol *rating* dan *charging*.

- HSS (*Home Subscriber Server*)

Untuk *subscriber management* dan *security*.

- SGW (*Serving Gateway*)

- Mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap *user*.

- Sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi 3GPP lain (2G dan 3G).

- PDN GW (*Packet Data Network Gateway*)

- Menyediakan hubungan bagi UE ke jaringan paket.

- Menyediakan link hubungan antara teknologi LTE dengan teknologi non-3GPP (WiMAX) dan 3GPP2 (CDMA2000 1X dan EVDO).

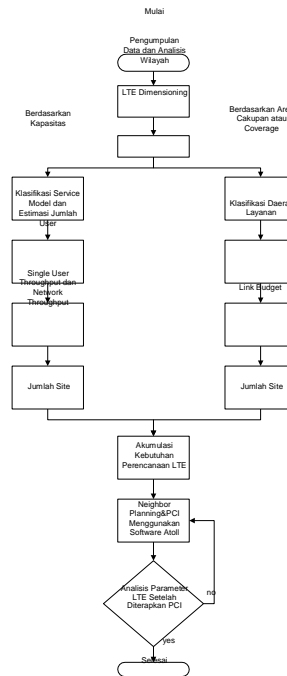
2.4 Perencanaan Jaringan Seluler

Perencanaan jaringan seluler meliputi beberapa sudut pandang, yakni dari sudut pandang *coverage* dan *capacity*.

3. Perencanaan sistem

3.1 Tahapan Perancangan Jaringan

LTE *dimensioning* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu berdasarkan kapasitas dan daerah cakupan wilayah. *Dimensioning* berdasarkan kapasitas melalui tahapan klasifikasi *service model* dan estimasi jumlah *user*, perhitungan *single user* dan *network throughput* dan penentuan jumlah *site*. *Dimensioning* berdasarkan daerah cakupan wilayah melalui tahapan klasifikasi daerah layanan, perhitungan *link budget*, dan penentuan jumlah *site*. Gambar berikut menunjukkan diagram alir dari tahapan perencanaan tersebut.



Gambar 2 Diagram Alir Perancangan

3.2 Profil Tol CIPULARANG (Cikampek–Purwakata–Padalarang)

Jalan Tol Cipularang adalah salah satu tol di Indonesia yang menghubungkan kota Jakarta dan Bandung atau sebaliknya. Tol ini membentang dari Cikampek–Purwakata sampai Padalarang. Tol ini memiliki panjang 60 km.

3.3 Perhitungan Perencanaan

3.3.1 Coverage Planning

Dalam perhitungan *coverage* ini, menggunakan frekuensi 700 Mhz, dan dibagi menjadi arah *downlink* (BS ke UE) dan arah *uplink* (UE ke BS).

Tabel 1 Tabel Downlink Link Budget[5]

Downlink	Parameter	Value	Unit
General	Bandwidth (MHz)	20	A
	Resource Block	100	$B = A * 0,9 / 180$
ENB	Max. Total Tx Power (dBm)	46	C
	sub-carrier power (dBm)	15,21	$D = C - 10 \log(12 * B)$
	Feeder Loss (dB)	3	E
	Antenna Gain (dBi)	15	F
	EIRP per Subcarrier (dBm)	27,21	$G = D - E + F$
UE	SINR (dB)	-9	H
	eNodeB Noise Figure (dB)	7	I
	Thermal Noise (dB)	132,22	$J = 10 \log(1,38 * 10^{-23} * 290 * 15000)$
	Receiver Sensitivity (dBm)	130,22	$K = H + I + J$
	UE Body loss (dB)	0	L
	UE Cable loss (dB)	0	M
	Interference Margin (dB)	4	N
	Min Signal Reception Strength (dBm)	134,22	$O = K + L + M + N$
	Penetration Loss (dB)	18	P
	Shadow Fading Margin (dB)	1,8	Q
	Path Loss (dB)	126,81	$R = G - O - P - Q$

- $$\begin{aligned} \text{MAPL (dB)} &= \text{EIRP per subcarrier (dBm)} - \text{min signal reception (dBm)} - \text{penetration loss(dB)} - \text{shadow fading margin (dB)} \\ &= 27,21 - 134,22 - 18 - 1,8 \\ &= -126,81 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tabel 2 Tabel Uplink Link Budget [5]

Uplink	Parameter	Value	Unit
General	Bandwidth (MHz)	20	A
	Resource Block	100	$B = A \cdot 0,9/180$
	Allocated Resource Blocks	4	C
UE	Max Total Tx Power (dBm)	23	D
	sub-carrier power (dBm)	6,19	$E = D - 10\log(12 \cdot C)$
	Tx Body loss (dB)	0	F
	EIRP per Subcarrier (dBm)	6,19	$H = D - E + F$
EnB	SINR (dB)	-7	I
	UE Noise Figure (dB)	2,3	J
	Thermal Noise (dB)	132,22	$K = 10\log(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 15000)$
	Receiver Sensitivity (dBm)	127,52	$L = I + J + K$
	Receiver Antenna Gain (dBi)	15	M
	UE Cable loss (dB)	0,5	N
	Interference Margin (dB)	1	O
	Min Signal Reception Strength (dBm)	144,02	$P = L + M + N + O$
	Penetration Loss (dB)	18	Q
	Shadow Fading Margin (dB)	1,8	R
	Path Loss (dB)	-157,63	$S = H - P - Q - R$

Setelah mendapatkan nilai *pathloss* untuk masing-masing *uplink* dan *downlink*, maka dibandingkan mana yang terbaik untuk perencanaan ini, maka diambil *pathloss* yang paling kecil, yaitu nilai *pathloss* pada arah *downlink*.

Dengan model propagasi Okumura Hatta yang bekerja pada rentan frekuensi 150 MHz sampai 1500 MHz, didapat :

$$\begin{aligned} PL &= 69,5 + 26,15 \log FMHz - 13,83 \log hT - (3,2(\log 11,75x1,5)^2) \log D \\ &= (-1,1) + (44,9 - 6,55 \log hT) \log D \\ 126,81 &= 69,5 + 26,5 \log 700 - 13,38 \log 30 - (3,2(\log 11,57x1,5)^2) \log D \\ &= (-1,1) + (44,9 - 6,55 \log 30) \log D \\ 126,81 &= 69,55 + 74,4 - 20,42 - 3,87 + 35,22 \log D \\ 126,81 &= 118,65 + 35,23 \log D \\ 7,178 &= 35,22 \log D \\ \log D &= 5,404 \\ D &= 1,599 \text{ KM} \end{aligned}$$

Di dapat jari – jari sel sebesar 1.75 Km untuk satu sel nya.

Pada perencanaan ini menggunakan antena sektoral tepatnya 2 sektor, sehingga dapat mengoptimalkan jaringan LTE pada jalan tol Cipularang, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas cell} &= 2,6x1,3xD^2 \\ &= 2,6x1,3x1,599^2 \\ &= 8,641 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Maka jumlah *site* yang diperlukan adalah :

$$\text{Jumlah site} = 60/8,641 = 6,943 \sim 7 \text{ site}$$

Bedasarkan dari *coverage downlink planning calculation* didapatkan jumlah *site* sebanyak 7 *site* sepanjang jalan Tol Cipularang.

3.4.2 Capacity Planning

Berikut adalah hasil dari *single user throughput minimal* yang diberikan oleh setiap pengguna :

Tabel 3 Tabel Single User Throughput Tol Cipularang

Item	Urban							
	tol km67-km75		tol km75-km83		tol km83-km121		tol km121-km127	
	Downlink	Uplink	downlink	uplink	downlink	uplink	downlink	Uplink
Total Target User	3.312		2.396		8.230		2.656	
Network Throughput (Mbps)	120,49	31,5	87,17	22,8	299,41	78,3	96,63	25,3
Cell Capacity (Mbps)	48	28,8	48	28,8	48	28,8	48	28,8
Site Capacity	96	57,6	96	57,6	96	57,6	96	57,6
Number of Site	2	1	1	1	4	2	2	1
Number of User per Cell	1656	6057	2396	2396	2058	4115	1328	2656
Cell Coverage	4	8	8	8	9,5	19	6	6
Cell R adius	1,087	1,538	1,538	1,538	1,676	2,37	1,332	1,332

Berdasarkan tabel 3 diperoleh 9 site untuk jalur tol Cipularang.

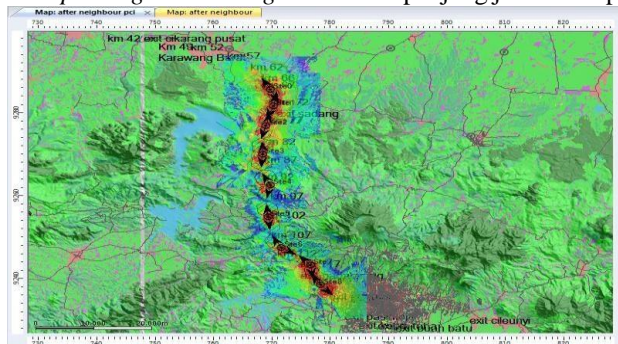
ANALISIS PENGARUH PCI PADA PERANCANGAN LTE

4.1 Perencanaan dan Pengaruh Berdasarkan Physical Cell Identity (PCI)

4.1.1 Distribusi Level Daya Terima dan PCI di jalan TOL Cipularang

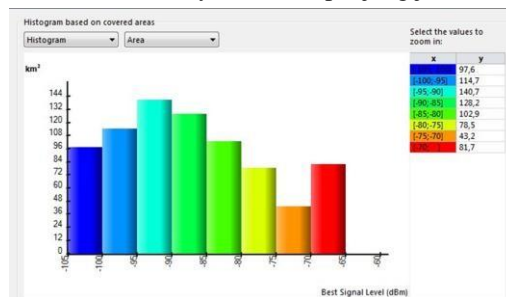
Di sepanjang tol Cipularang 60 km, didapatkan 9 site untuk bisa melayani pelanggan pada daerah ini. Simulasi dengan *software* atoll untuk mengetahui distribusi level daya terima pada daerah tinjauan. Dalam menggunakan *Physical Cell Identity* (PCI) nilai *signal level* tidak ada perubahan antara menggunakan dan tidak menggunakan.

Gambar 3 plotting Site dan Signal Level sepanjang jalan tol cipularang



Sedangkan untuk grafik persebaran signal level berdasarkan luas wilayah yang tercakup dalam area tinjauan rata-rata *signal level* seluruh sel sepanjang jalan tol cipularang sebesar -55,42 dBm adalah sebagai berikut.

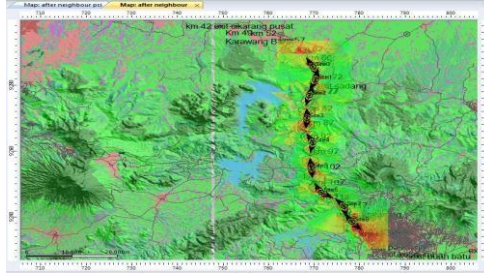
Gambar 4 Grafik Level daya terima sepanjang jalan tol cipularang



4.1.2 Distribusi Carrier to Inteferece Noise dan PCI di Jalan Tol Cipularang

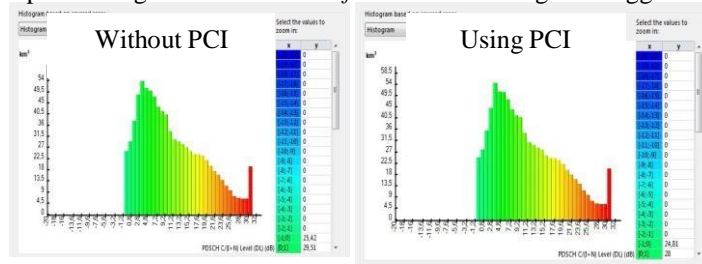
Dalam penggunaan *Physical Cell Identity* (PCI) ini pengaruh interferensi yang didapatkan semakin kecil jika dibandingkan sebelum menggunakan PCI. Karena setiap sel akan diberikan identitas yang berbeda dengan sel lain sehingga mengurangi tingkat interferensi. Dengan menggunakan PCI ini dapat meningkatkan nilai rata-rata $C/(I+N)$ sebesar 0,13 dB.

Gambar 5 carrier to Interference Noise sebelum menggunakan PCI



Sedangkan untuk grafik persebaran Carrier to Interference Noise berdasarkan luas wilayah yang tercakup dalam area tinjauan adalah sebagai berikut.

Gambar 6 perbandingan Carrier to Interference Noise dengan menggunakan PCI

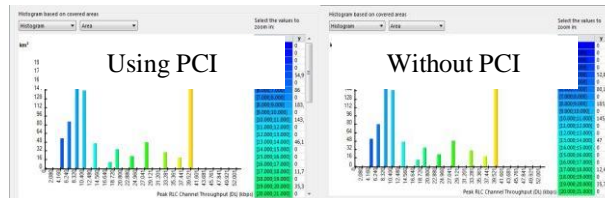


Dari hasil simulasi atoll menunjukkan bahwa dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan nilai rata-rata C/(I+N) sebesar 11,09 dB yang sebelum menggunakan PCI nilai rata-rata sebesar 10,96 dB.

4.1.3 Distribusi Throughput dan PCI di Jalan Tol Cipularang

Di sepanjang tol Cipularang juga dapat diukur nilai parameter throughput yang diterima oleh setiap user.

Gambar 7 Perbandingan peak LRC Channel Throughput dengan menggunakan PCI

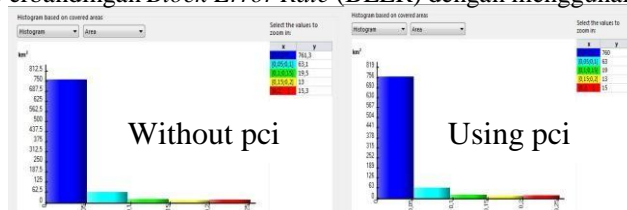


Dari hasil simulasi menggunakan atoll menunjukkan bahwa dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan nilai throughput rata-rata yaitu sebesar 19.026,46 kbps sedangkan tanpa menggunakan PCI nilai rata-rata throughput sebesar 18.842,96 kbps.

4.1.4 Distribusi Quality Indicator dan PCI di Tol Cipularang

Dalam setiap transmisi data sepanjang jalan tol Cipularang ini dapat mengetahui nilai Block Error Rate (BLER) dari hasil simulasi dengan menggunakan software atoll.

Gambar 8 erbandingan Block Error Rate (BLER) dengan menggunakan PCI



Dari segi Block Error Rate (BLER) hasil simulasi atoll menunjukkan bahwa dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan probabilitas suatu daerah dengan nilai BLER semakin bagus yaitu mencapai 761 km² sedangkan tanpa menggunakan PCI hanya mencapai 760 km² di sepanjang tol Cipularang.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pada daerah potensial *urban* dengan *bandwidth* 20 MHz menghasilkan 9 site dan masih mampu melayani sampai 5 tahun kedepan yaitu 2019. Sehingga semakin tinggi *bandwidth* maka kapasitas sistem juga semakin meningkat.
2. Jaringan LTE untuk Tol Cipularang dalam penelitian ini, dari segi kapasitas pada km menampung *user* tiap 1 *site* dengan berbagai macam layanan yang dapat mereka akses.
3. PCI memiliki fungsi memberikan identitas pembeda sel untuk arah *downlink*, sehingga kemungkinan terjadinya interferensi antar sel bisa diminimalisir. Pada daerah sepanjang tol Cipularang penurunan BLER sebesar 1 km².
4. Dari segi *throughput* dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan mencapai 19.026,46 kbps jika dibandingkan dengan tidak menggunakan PCI yaitu sebesar 18.842,96 kbps.
5. Terjadi peningkatan nilai rata-rata kanal PDSCH pada C/(I+N) untuk arah *downlink*, maka didapatkan peningkatan C/(I+N) di sepanjang tol Cipularang sebesar 0,13 dB.
6. Dengan menggunakan PCI tidak berpengaruh besar dalam perubahan parameter RSRP dan *signal level* tetapi sangat berpengaruh besar terhadap nilai C/(I+N), BLER dan *throughput*.

5.2 Saran

Saran yang diajukan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian tentang bagaimana mengalokasikan PCI yang optimal dengan *software* atau aplikasi lainnya, serta diteliti dari jumlah tiap hop maupun *layer* dalam *reuse* PCI kode untuk mengetahui tingkat BLER, SINR, dan parameter lainnya.
2. Perlu adanya skenario lain dalam penentuan PCI seperti pada frekuensi yang berbeda, variasi jarak antar *site* untuk penggunaan kode PCI kembali.
3. Perlu penelitian planning LTE di jalur kereta api dengan menggunakan *frequency reuse* lainnya seperti halnya *frequency reuse 1*, *fractional frequency reuse* dan *soft frequency reuse*.
4. Sebaiknya perancangan dilakukan hingga tahap implementasi dan dilakukan *drivetest*, sehingga mendapatkan hasil yang sebenarnya.
5. Untuk Tugas Akhir selanjutnya perlu dilakukannya perhitungan *budget* untuk perencanaan *indoor*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amirijoo, Mehdi dkk. *Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE*. Ericsson Research, Sweeden.
- [2] Dalinar, Ikha. 2013. "*Analysis Long Term Evolution (LTE) Network Planning at Frequency 700 MHz With Physical Cell Identity (PCI)*". Departemen Elektro dan Komunikasi, Kampus Telkom University : Indonesia.
- [3] Forsk software planning atoll 3.2.1
- [4] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*.
- [5] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*
- [6] PT. Jasa Marga. Data pengguna jalan tol Cipularang tahun 2014
- [7] PT. Smartfren Telkom Tbk, 2015. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*
- [8] Regulator Management at Telkom Indonesia. "Nominal Planning by Capacity : Number of User."
- [9] Uke, Galuh dkk. 2013. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Rekayasa Sains, Indonesia.
- [10] www.fujitsu.com/us/Images/Enhancing-LTE-Cell-Edge.pdf
- [11] <http://www.fwd.co.id/petikan-berita-terkini/2014/07/24/potensi-industri-asuransi-indonesia-besar>
- [12] http://jasamarga.com/id/_layanan-jalan-tol/purbaleunyi.html
- [13] <http://www.slideshare.net/yogismobiletech/jumlah-pelanggan-selular-kuartal-i-tahun-2014?related=1>