

Pengaruh Penggunaan Teknik Antena *Multi Input Multi Output (MIMO)* Terhadap Performansi Jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz

Maria Ulfah 1
Jurusan Teknik Elektro,
Program Studi Teknik Elektronika
Politeknik Negeri Balikpapan Jl. Soekarno Hatta Km.8
Balikpapan
maria.ulfah@poltekba.ac.id

Andi Sri Irtawaty 2
Jurusan Teknik Elektro,
Program Studi Teknik Elektronika,
Politeknik Negeri Balikpapan,
Jl. Soekarno Hatta Km.8 Balikpapan
andi.sri@poltekba.ac.id

Abstract— Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi generasi ke empat (4G) yang dikembangkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP). LTE mampu memberikan kecepatan *downlink* sampai dengan 100 Mbps dan *uplink* 50 Mbps. Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan performansi pada rancangan jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz dengan menggunakan antenna MIMO 2X2, 4x4 dan 8x8. Performansi jaringan 4G LTE yang diamati melalui parameter *best signal level*, nilai $C/(N+I)$, *throughput*, RSRP dan BLER dari perancangan yang telah dilakukan.

Penggunaan antenna MIMO 2x2, memiliki jangkauan area 717,258 km², signal level -69.72 dBm, $C/(N+I)$ 5.08 dB, *throughput* 11,803.4 kbps, RSRP sebesar -115.88 dBm dan BLER 0.03. Penggunaan antenna MIMO 4x4, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, $C/(N+I)$ 5.58 dB, *throughput* 11,803.01 kbps, RSRP sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. Penggunaan antenna MIMO 8x8, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, $C/(N+I)$ 6.1 dB, *throughput* 12,564.1 kbps, RSRP sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. Pada penggunaan antenna MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8 dari jangkauan area, ketiga jenis nya tersebut dapat menjangkau wilayah Balikpapan.

Kata kunci: 4G LTE, MIMO, signal level, RSRP

I. PENDAHULUAN (HEADING 1)

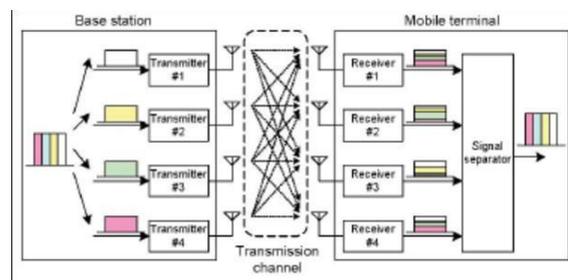
LTE merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA/UMTS. Bandwidth LTE adalah dari 1,4 MHz hingga 20 MHz. Tujuan desain LTE yaitu untuk meningkatkan efisiensi spektrum pada jaringan, sehingga memungkinkan operator untuk menyediakan lebih banyak paket data pada suatu *bandwidth* [1]. Salah satu komponen pendukungnya yaitu dari segi transmisi. Dibutuhkan sistem transmisi yang sesuai dengan karakteristik LTE. Perangkat transmisi yang dimaksud adalah antenna. Antena mikrostrip dipilih karena murah dalam pabrikan, bobotnya ringan dan dimensinya relatif kecil. Dalam teknologi LTE, banyak teknik yang dapat meningkatkan kualitas performansi LTE, salah satunya adalah teknik antenna MIMO yang merupakan sistem jamak antenna baik di sisi *transmitter* maupun di sisi *receiver*.

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara dan sebaliknya. Pada sistem komunikasi radio diperlukan adanya antenna sebagai pelepas energi elektromagnetik ke udara atau ruang bebas, atau sebaliknya sebagai penerima energi itu dari ruang bebas.

Antena menurut IEEE (IEEE Std 145-1983) “*antenna is a means for radiating or receiving radio waves*”. Antena memiliki fungsi:

- *Matching device* yaitu sebuah perangkat yang memiliki tingkat penyesuaian yang baik antara saluran transmisi dengan ruang bebas, atau secara lebih spesifik apabila impedansi saluran sistem *transceiver* “*matched*” dengan impedansi radiasi antenna tersebut.
- *Directional device* yaitu mengarahkan atau mengkonsentrasikan daya elektromagnetik ke arah yang diinginkan dan menekan radiasi ke arah lainnya

Sistem *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* merupakan sistem yang terdiri dari sejumlah terminal (antena) pengirim dan penerima. MIMO menawarkan cara lain untuk memperbesar kapasitas sistemnya.



Gambar 1. Sistem MIMO

Sumber: <http://sipendiagnosa.blogspot.com/2015/10/> [2]

Teknologi MIMO hadir sebagai pengembangan dari teknologi wireless biasa yang menggunakan *Single Input Single Output (SISO)*. Teknologi wireless konvensional yang biasa digunakan hanya menggunakan satu input dan satu output (dengan satu antenna).

Teknologi MIMO menggunakan minimal dua antenna. Semakin banyak antenna yang digunakan tentunya akan semakin baik. Adapun keunggulan antenna MIMO dibandingkan dengan antenna tunggal diantaranya sebagai berikut :

1. Dapat meningkatkan kapasitas baik kapasitas link maupun kapasitas sistem
2. Dapat meningkatkan reliability sinyal dengan memperkecil mutual coupling yang terjadi pada sinyal fading

3. Meningkatkan kehandalan transmisi
4. Memperkecil terjadinya interferensi sinyal
5. Semakin banyak susunan antena MIMO yang digunakan semakin besar pula data rate yang didapatkan.[3]

Berikut parameter-parameter performansi jaringan 4G LTE:

1. RSSI (Received Signal Strength Indicator)

Merupakan power sinyal yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu termasuk *noise* dan *interferensi* (disebut juga *wideband power*) sering juga disebut *signal level* [4]

Tabel 1. Rentang nilai RSSI (signal level) [5]

RSSI	Signal Strength
> -70 dBm	Excellent
-70 dBm to -85 dBm	Good
-86 dBm to -100 dBm	Fair
< -100 dBm	Poor
-110 dBm	No signal

$C / (N + I)$, *Carrier to Noise Interferensi Ratio* merupakan rasio perbandingan antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan noise yang timbul (tercampur dengan sinyal utama) [4]

Tabel 2. Rentang Nilai C/(N+I) [5]

SINR Value	Throughput
> 10	Excellent
6 to 10	Good
0 to 5	Fair
< 0	Poor

3. RSRP (Reference Signal Received Power)

Merupakan sinyal LTE *power* yang diterima oleh *user* dalam frekuensi tertentu. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka semakin kecil pula RSRP yang diterima oleh *user*.

Tabel 3. Rentang Nilai RSRP [5]

RSRP	Signal Strength
> -90 dBm	Excellent
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
< -120 dBm	Poor

4. Throughput

Throughput merupakan besaran kecepatan akses data yang diperoleh user.

5. BLER (Block Error Rate)

Merupakan rasio perbandingan antara total *error block* dengan *total block* dari sebuah transmisi data digital. BLER digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari demodulasi sinyal. BLER masih dianggap baik apabila bernilai < 10% . Semakin besar nilai BLER mengakibatkan gagal demodulasi data digital menjadi informasi.

II. BAHAN DAN METODE

Tahapan dalam penelitian ini meliputi :

A. Tahap 1, Studi Literatur (Heading 2)

Penelitian yang dilakukan penulis adalah melakukan studi bidang antena dan juga beberapa ilmu terkait dari buku yang terdapat di perpustakaan dan juga di internet sebagai tambahan untuk mendapatkan data yang teoritis. Selain itu penulis juga melakukan penelitian dan analisa terhadap judul penelitian yang telah ada sebelumnya.

B. Tahap 2, Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan sebagai bahan dan landasan bagi penulis untuk melakukan perancangan dan analisa. Salah satunya adalah pengumpulan data mengenai parameter apa saja yang akan dianalisa.

C. Tahap 3, Penelitian

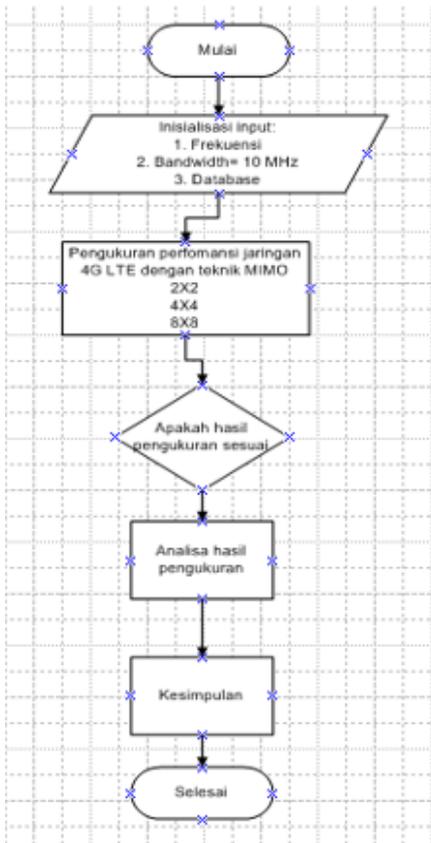
Dalam tahap penelitian dilakukan pengukuran performansi jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz melalui parameter best signal level, nilai $C / (N+I)$, throughput, RSRP dan BLER dengan menggunakan Teknik antena MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8 menggunakan software perancangan jaringan 4G LTE yakni Atoll.

D. Tahap 3, Penelitian

Menganalisa performansi jaringan 4G LTE hasil perancangan jaringan 4G LTE kota Balikpapan meliputi parameter Signal level, $C / (N + I)$, throughput, RSRP, BLER dari Teknik antena MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8.

E. Tahap 3, Penelitian

Tahap terakhir adalah kesimpulan. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisa yang diperoleh.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 4. Data E Node B Kota Balikpapan

No	Name Site	Longitude	Latitude	Support Height (meter)	Azimuth (α, β, γ)
1	Site_1	-1.241513	116.835896	30	0, 120, 240
2	Site_2	-1.225700	116.844734	30	0, 120, 240
3	Site_3	-1.212949	116.858935	30	0, 120, 240
4	Site_4	-1.205411	116.876.107	30	0, 120, 240
5	Site_5	-1.189602	116.884.999	30	0, 120, 240
6	Site_6	-1.171408	116.880.222	30	0, 120, 240
7	Site_7	-1.153287	116.877.683	30	0, 120, 240
8	Site_8	-1.135694	116.881.836	30	0, 120, 240
9	Site_9	-1.117586	116.882.483	30	0, 120, 240
10	Site_10	-1.102766	116.893.352	30	0, 120, 240
11	Site_11	-1.090234	116.907.473	30	0, 120, 240
12	Site_12	-1.086085	116.914.990	30	0, 120, 240
13	Site_13	-1.228983	116.834.423	30	0, 120, 240
14	Site_14	-1.214376	116.845.459	30	0, 120, 240
15	Site_15	-1.201631	116.856.041	30	0, 120, 240
16	Site_16	-1.193455	116.845.311	30	0, 120, 240
17	Site_17	-1.175122	116.849.807	30	0, 120, 240
18	Site_18	-1.167128	116.866.153	30	0, 120, 240
19	Site_19	-1.174756	116.903.317	30	0, 120, 240
20	Site_20	-1.174087	116.924.925	30	0, 120, 240
21	Site_21	-1.109812	116.903.870	30	0, 120, 240
22	Site_22	-1.254339	116.838.380	30	0, 120, 240
23	Site_23	-1.265621	116.837.327	30	0, 120, 240
24	Site_24	-1.274695	116.837.080	30	0, 120, 240
25	Site_25	-1.244486	116.825.809	30	0, 120, 240
26	Site_26	-1.244103	116.815.965	30	0, 120, 240
27	Site_27	-1.252638	116.815.880	30	0, 120, 240
28	Site_28	-1.245903	116.822.611	30	0, 120, 240
29	Site_29	-1.244466	116.844.648	30	0, 120, 240
30	Site_30	-1.243616	116.854.494	30	0, 120, 240
31	Site_31	-1.249033	116.846.865	30	0, 120, 240
32	Site_32	-1.246949	116.856.176	30	0, 120, 240
33	Site_33	-1.260590	116.853.903	30	0, 120, 240
34	Site_34	-1.254354	116.830.471	30	0, 120, 240
35	Site_35	-1.246722	116.826.731	30	0, 120, 240
36	Site_36	-1.247168	116.846.191	30	0, 120, 240
37	Site_37	-1.257958	116.834.505	30	0, 120, 240
38	Site_38	-1.268427	116.841.973	30	0, 120, 240
39	Site_39	-1.240710	116.817.768	30	0, 120, 240
40	Site_40	-1.256.922	116.823.844	30	0, 120, 240
41	Site_41	-1.260532	116.834.677	30	0, 120, 240
42	Site_42	-1.263021	116.841.458	30	0, 120, 240
43	Site_43	-1.256163	116.819.999	30	0, 120, 240
44	Site_44	-1.262369	116.815.527	30	0, 120, 240
45	Site_45	-1.262084	116.817.369	30	0, 120, 240
46	Site_46	-1.263074	116.826.123	30	0, 120, 240
47	Site_47	-1.263810	116.825.285	30	0, 120, 240
48	Site_48	-1.263971	116.827.724	30	0, 120, 240
49	Site_49	-1.267109	116.814.465	30	0, 120, 240
50	Site_50	-1.270379	116.810.581	30	0, 120, 240
51	Site_51	-1.279356	116.817.311	30	0, 120, 240
52	Site_52	-1.277068	116.830.240	30	0, 120, 240
53	Site_53	-1.265460	116.833.446	30	0, 120, 240
54	Site_54	-1.268863	116.820.857	30	0, 120, 240
55	Site_55	-1.275016	116.848.316	30	0, 120, 240
56	Site_56	-1.265490	116.844.189	30	0, 120, 240
57	Site_57	-1.262127	116.853.044	30	0, 120, 240
58	Site_58	-1.268211	116.857.366	30	0, 120, 240
59	Site_59	-1.253760	116.858.539	30	0, 120, 240
60	Site_60	-1.256163	116.867.808	30	0, 120, 240
61	Site_61	-1.245898	116.871.047	30	0, 120, 240
62	Site_62	-1.252687	116.865.877	30	0, 120, 240
63	Site_63	-1.259906	116.859.897	30	0, 120, 240
64	Site_64	-1.239364	116.828.382	30	0, 120, 240

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan E Node B sejumlah 126 yang meliputi 6 kecamatan yang ada di Balikpapan yakni:

- A. Kecamatan Balikpapan utara
- B. Kecamatan Balikpapan selatan
- C. Kecamatan Balikpapan barat
- D. Kecamatan Balikpapan timur
- E. Kecamatan Balikpapan tengah
- F. Kecamatan Balikpapan kota

65	Site_65	-1.223557	116.811.159	30	0, 120, 240
66	Site_66	-1.206934	116.819.480	30	0, 120, 240
67	Site_67	-1.200738	116.829.272	30	0, 120, 240
68	Site_68	-1.191192	116.838.115	30	0, 120, 240
69	Site_69	-1.176096	116.841.270	30	0, 120, 240
70	Site_70	-1.196909	116.796.439	30	0, 120, 240
71	Site_71	-1.183036	116.789.013	30	0, 120, 240
72	Site_72	-1.161686	116.789.727	30	0, 120, 240
73	Site_73	-1.125024	116.782.579	30	0, 120, 240
74	Site_74	-1.106715	116.766.919	30	0, 120, 240
75	Site_75	-1.089324	116.743.440	30	0, 120, 240
76	Site_76	-1.075936	116.764.383	30	0, 120, 240
77	Site_77	-1.050873	116.775.371	30	0, 120, 240
78	Site_78	-1.058768	116.800.092	30	0, 120, 240
79	Site_79	-1.058055	116.822.152	30	0, 120, 240
80	Site_80	-1.055921	116.847.312	30	0, 120, 240
81	Site_81	-1.063702	116.869.355	30	0, 120, 240
82	Site_82	-1.157152	116.830.093	30	0, 120, 240
83	Site_83	-1.097438	116.807.127	30	0, 120, 240
84	Site_84	-1.133604	116.814.511	30	0, 120, 240
85	Site_85	-1.251901	116.931.477	30	0, 120, 240
86	Site_86	-1.243309	116.942.217	30	0, 120, 240

87	Site_87	-1.235177	116.953.206	30	0, 120, 240
88	Site_88	-1.225749	116.962.765	30	0, 120, 240
89	Site_89	-1.215613	116.971.646	30	0, 120, 240
90	Site_90	-1.203918	116.979.302	30	0, 120, 240
91	Site_91	-1.194135	116.989.738	30	0, 120, 240
92	Site_92	-1.183677	116.999.262	30	0, 120, 240
93	Site_93	-1.168788	117.002.656	30	0, 120, 240
94	Site_94	-1.154769	117.005.289	30	0, 120, 240
95	Site_95	-1.142428	116.999.559	30	0, 120, 240
96	Site_96	-1.131922	116.997.049	30	0, 120, 240
97	Site_97	-1.233703	116.924.431	30	0, 120, 240
98	Site_98	-1.214651	116.913.788	30	0, 120, 240
99	Site_99	-1.196801	116.924.432	30	0, 120, 240
100	Site_100	-1.210017	116.942.456	30	0, 120, 240
101	Site_101	-1.209502	116.942.628	30	0, 120, 240
102	Site_102	-1.162605	116.925.837	30	0, 120, 240
103	Site_103	-1.133760	116.934.742	30	0, 120, 240
104	Site_104	-1.110988	116.943.143	30	0, 120, 240
105	Site_105	-1.149432	116.954.473	30	0, 120, 240
106	Site_106	-1.273644	116.860.773	30	0, 120, 240
107	Site_107	-1.273536	116.875.505	30	0, 120, 240
108	Site_108	-1.264878	116.885.558	30	0, 120, 240
109	Site_109	-1.258988	116.915.953	30	0, 120, 240
110	Site_110	-1.252255	116.929.325	30	0, 120, 240
111	Site_111	-1.250452	116.871.985	30	0, 120, 240

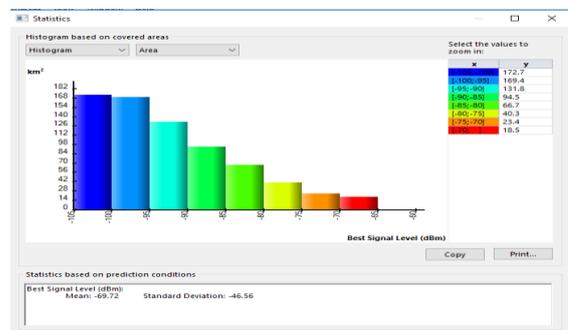
112	Site_112	-1.251139	116.885.890	30	0, 120, 240
113	Site_113	-1.238782	116.875.161	30	0, 120, 240
114	Site_114	-1.222650	116.885.203	30	0, 120, 240
115	Site_115	-1.237838	116.901.597	30	0, 120, 240
116	Site_116	-1.247653	116.909.827	30	0, 120, 240
117	Site_117	-1.211408	116.901.340	30	0, 120, 240
118	Site_118	-1.224451	116.906.490	30	0, 120, 240
119	Site_119	-1.235692	116.919.881	30	0, 120, 240
120	Site_120	-1.246677	116.927.264	30	0, 120, 240
121	Site_121	-1.266446	116.897.322	30	0, 120, 240
122	Site_122	-1.255901	116.905.117	30	0, 120, 240
123	Site_123	-1.256305	116.881.003	30	0, 120, 240
124	Site_124	-1.246487	116.899.983	30	0, 120, 240
125	Site_125	-1.238782	116.906.748	30	0, 120, 240
126	Site_126	-1.269760	116.869.067	30	0, 120, 240

Pada bagian ini digunakan 2 antenna pada sisi transmisi (Tx) dan 2 antenna pada sisi penerima (Rx)

Pada pengukuran *best signal level* dapat diketahui luasan wilayah yang tercakup oleh jaringan 4G LTE 1800 MHz. Dari hasil diperoleh luasan wilayah yang tercakupi adalah 717,258 km². Jika dibandingkan dengan luasan wilayah Balikpapan seluas 503,3 km² maka dengan penggunaan antenna MIMO 2X2 telah dapat menjangkau wilayah Balikpapan.

Name	Surface (km ²)	% of Covered Area
Coverage by Signal Level (DL) 2019 2X2	717.258	100
Best Signal Level (dBm) >= -70	18.507	2.58
Best Signal Level (dBm) >= -75	41.888	5.84
Best Signal Level (dBm) >= -80	82.145	11.453
Best Signal Level (dBm) >= -85	148.833	20.75
Best Signal Level (dBm) >= -90	243.313	33.923
Best Signal Level (dBm) >= -95	375.16	52.305
Best Signal Level (dBm) >= -100	544.603	75.928
Best Signal Level (dBm) >= -105	717.258	100

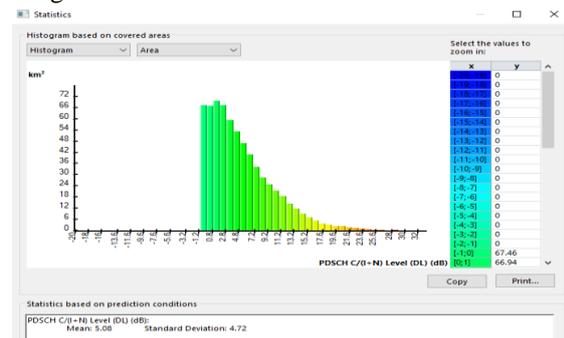
Gambar 3. Generate Report E Node B 2x2



Gambar 4. Histogram

Dari hasil histogram untuk best signal level antenna MIMO 2X2 didapatkan nilai Mean sebesar -69.72 dBm yang termasuk dalam kategori Excellent.

Pada pengukuran C/(N+I) pada gambar 5 didapatkan sebesar 5.08 dB hal ini menunjukkan perbandingan sinyal utama dengan interferensi dan noise dalam kondisi baik.



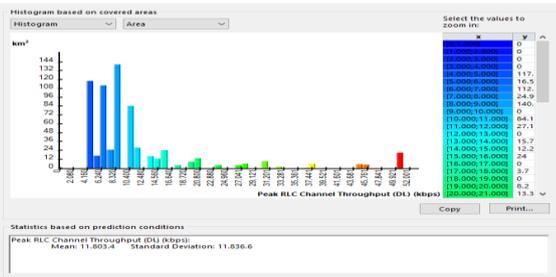
Gambar 5. Hasil parameter C/(N+I)

Pengukuran hasil *throughput* untuk penggunaan antenna MIMO 2X2 diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebesar 11.803.34 kbps.

Dalam pengukuran performansi jaringan digunakan beberapa kondisi sebagai berikut:

- Antenna : 30deg 18dbi Otilt 1800 MHz
- Height : 30 meter
- Azimuth : 0⁰, 120⁰, 240⁰
- Band frekuensi : band 3
- Lebar pita : 10 MHz

Penggunaan Antena MIMO 2X2

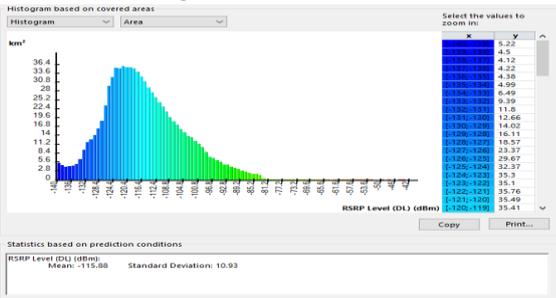


Gambar 6. Hasil parameter *throughput*

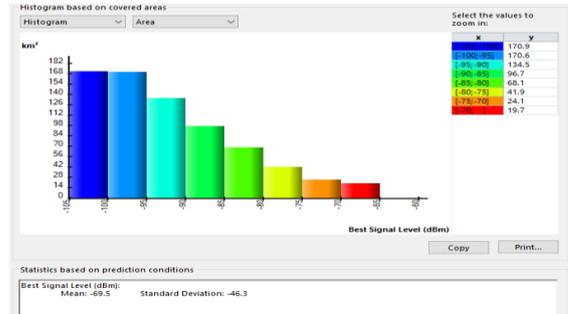
Name	Surface (km ²)	% of Covered Area
Coverage by Signal Level (DL) 2019 4x4	726.432	100
Best Signal Level (dBm) >=-70	19.673	2.708
Best Signal Level (dBm) >=-75	43.765	6.025
Best Signal Level (dBm) >=-80	85.615	11.786
Best Signal Level (dBm) >=-85	153.738	21.163
Best Signal Level (dBm) >=-90	250.4	34.47
Best Signal Level (dBm) >=-95	384.92	52.988
Best Signal Level (dBm) >=-100	555.543	76.476
Best Signal Level (dBm) >=-105	726.432	100

Gambar 9. Generate Report E Node B 4x4

Dari hasil simulasi terlihat nilai rata-rata sinyal LTE power yang diterima oleh *user* sebesar -115,88 dBm yang masih termasuk dalam kategori fair atau normal

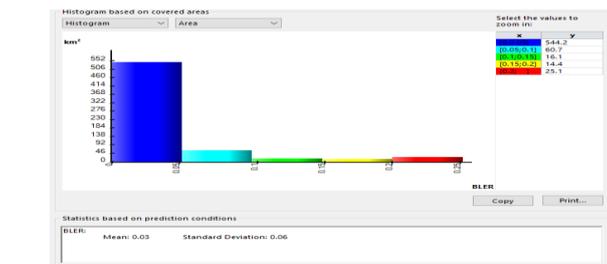


Gambar 7. Hasil parameter RSRP



Gambar 10. Histogram

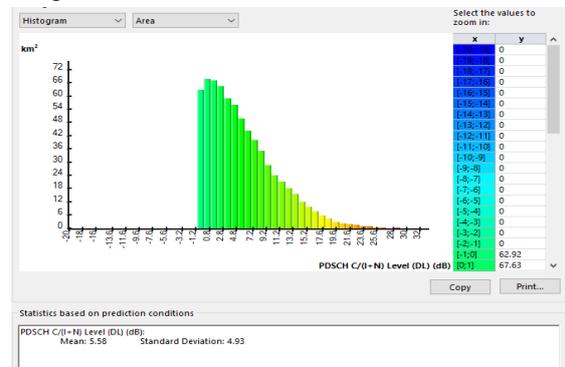
Dari hasil histogram untuk *best signal level* antenna MIMO 4X4 diperoleh nilai *mean* sebesar -69.5 dBm yang termasuk dalam kategori *excellent*.



Gambar 8. Hasil parameter BLER

Dari hasil simulasi terlihat perbandingan total eror blok dengan total blok (BLER) masih pada range baik karena bernilai 0,03.

Pada pengukuran C/(N+I) pada gambar 11 diperoleh sebesar 5.58 dB hal ini menunjukkan perbandingan sinyal utama dengan interferensi dan *noise* dalam kondisi baik.

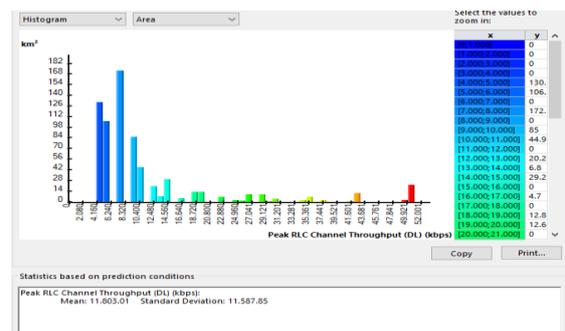


Gambar 11..Hasil Simulasi C/(N+I)

Penggunaan Antena MIMO 4X4

Pada bagian ini digunakan 4 antena pada sisi transmisi (Tx) dan 4 antena pada sisi penerima (Rx). Pada pengukuran *best signal level* dapat diketahui luasan wilayah yang tercakup oleh jaringan 4G LTE 1800 MHz. Dari hasil diperoleh luasan wilayah yang tercakupi adalah 726,432 km². Jika dibandingkan dengan luasan wilayah Balikpapan seluas 503,3 km² maka dengan penggunaan antena MIMO 4X4 telah dapat menjangkau wilayah Balikpapan.

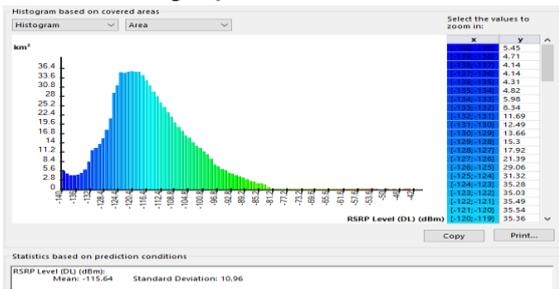
Dari hasil pengukuran nilai *throughput* untuk penggunaan antena mimo 4x4 didapatkan nilai rata-rata *throughput* sebesar 11.803.01 kbps.



Gambar 12. Hasil Simulasi *Throughput*

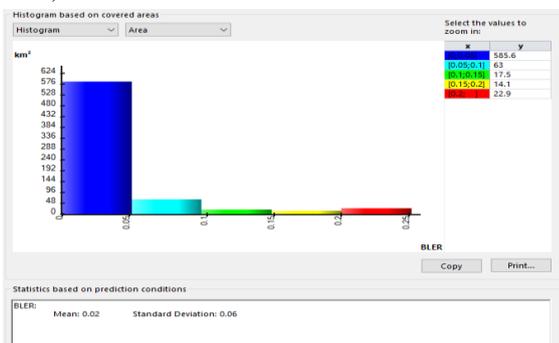
Gambar 15. Hasil Simulasi C/(N+I)

Dari hasil simulasi terlihat nilai rata-rata sinyal LTE *power* yang diterima oleh user sebesar -115,64 dBm yang masih termasuk dalam kategori *fair* atau normal.



Gambar 13. Hasil Simulasi RSRP

Dari hasil simulasi terlihat perbandingan total eror blok dengan total blok (BLER) masih pada range baik karena bernilai 0,02.

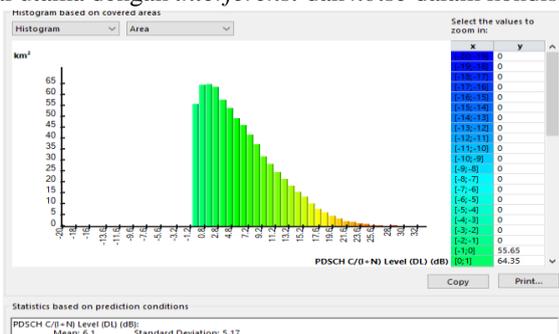


Gambar 14. Hasil Simulasi BLER

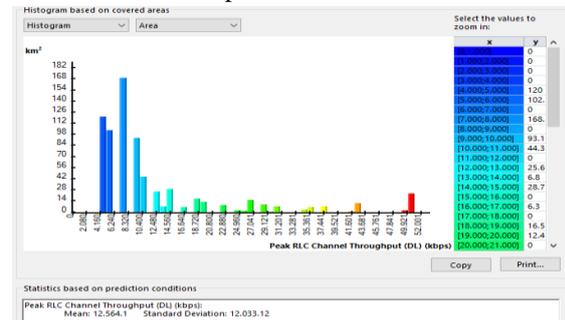
Penggunaan Antena MIMO 8X8

Pada bagian ini digunakan 8 antena pada sisi transmisi (Tx) dan 8 antena pada sisi penerima (Rx). Pada pengukuran *best signal level* dapat diketahui luasan wilayah yang tercakup oleh jaringan 4G LTE 1800 MHz. Dari hasil diperoleh luasan wilayah yang tercakupi adalah 726,432 km². Jika dibandingkan dengan luasan wilayah Balikpapan seluas 503,3 km² maka dengan penggunaan antena MIMO 8X8 telah dapat menjangkau wilayah Balikpapan dan hasil histogram untuk *best signal level* diperoleh *mean* sebesar -69.5 dbm yang termasuk dalam kategori *excellent*.

Dari hasil simulasi jaringan 4G LTE untuk kota Balikpapan terlihat rata-rata nilai C/(N+I) adalah 6.1 dB termasuk dalam kategori *good*. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan sinyal utama dengan *interferensi* dan *noise* dalam kondisi baik

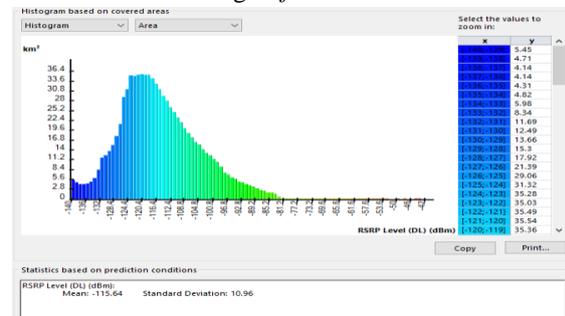


Dari hasil pengukuran nilai *throughput* untuk penggunaan antena MIMO 8X8 diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebesar 12.564.1 kbps.

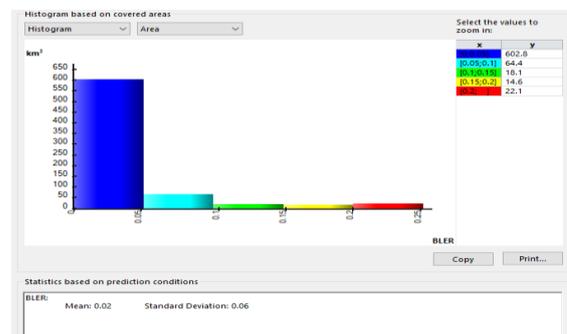


Gambar 16. Hasil parameter *Throughput*

Dari hasil simulasi terlihat nilai rata-rata sinyal LTE *power* yang diterima oleh *user* sebesar -115,64 dBm yang masih termasuk dalam kategori *fair* atau normal.



Gambar 17. Hasil Parameter RSRP



Gambar 18. Hasil Simulasi BLER

Dari hasil simulasi terlihat perbandingan total eror blok dengan total blok (BLER) masih pada range baik karena bernilai 0,02.

Perbandingan Performansi Antena MIMO

Berikut akan ditampilkan perbandingan performansi jaringan 4G LTE 1800 MHz di Kota Balikpapan sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan performansi Antena MIMO

No	Antena MIMO	Coverage Area (km ²)	Best Signal Level (dBm)	C/(N+I) (dB)	Throughput (kbps)	RSRP (dBm)	BLER
1	2 X 2	717.258	-69.72	5.08	11.803.4	-115.88	0.03
2	4 X 4	726.432	-69.5	5.58	11.803.01	-115.64	0.02
3	8 X 8	726.432	-69.5	6.1	12.564.1	-115.64	0.02

IV. KESIMPULAN

Penggunaan Antena MIMO 2x2, memiliki jangkauan area 717,258 km², signal level -69.72 dBm, C/(N+I) 5.08 dB, throughput 11,803.4 kbps, RSRP sebesar -115.88 dBm dan BLER 0.03. Pemakaian antena MIMO 4x4, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, C/(N+I) 5.58 dB, throughput 11,803.01 kbps, RSRP sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. Penggunaan antena MIMO 8x8, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, C/(N+I) 6.1 dB, throughput 12,564.1 kbps, RSRP

sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. Pada penggunaan antena MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8 dari jangkauan area, ketiga jenis nya tersebut dapat menjangkau wilayah Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wardhana.Lingga, Dewantoro. Anton, Harto Isybel, Mahardika. Dika, Hikmaturohman, Alfin, 2014, 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia.
- [2] <http://sipendiagnosa.blogspot.com/2015/10/>
- [3] Nur.maulina, 2018, “ Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x2 dan 4x4 Rectanguler Patch dengan Frekuensi 2300-2390 MHz untuk LTE”, Politeknik Negeri Balikpapan, Balikpapan.
- [4] Nurhasanah. Rizka, Analisis Perencanaan Layanan Data Di Jaringan LTE Pada Ruas Tol Cawang – Cikarang Utama Menggunakan Metode Adaptive Soft Frequency Reuse
- [5] Industrial Networking Solutions Tips and Tricks: Making Sense of Signal Strength/Signal Quality Readings for Cellular Modems
- [6] Ulfah. Maria, 2018, “Optimasi Jaringan 4G LTE Pada Kota Balikpapan” Jurnal Ecotipe Vol.5 No.2