

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Kota Malang

4.1.1 Wilayah

Kota Malang memiliki luas wilayah 110,06 km² yang secara geografis terletak 112,06⁰ – 112,07⁰ Bujur Timur dan 7,06⁰ – 8,02⁰ Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang
- Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan tumpang Kabupaten Malang
- Sebelah Selatan : Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang
- Sebelah Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau Kabupaten Malang

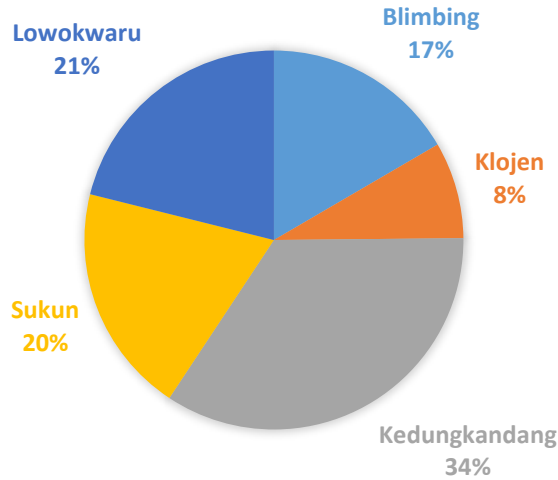
Serta dikelilingi gunung-gunung sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Gunung Arjuno
- Sebelah Timur : Gunung Semeru
- Sebelah Selatan : Gunung Kawi
- Sebelah Barat : Gunung Kelud

Kota Malang terdiri dari 5 Kecamatan yaitu Kedungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru, dan Sukun serta 57 kelurahan. Ketinggian permukaan antara 300 - 1.694 m di atas muka air laut dan secara morfologi dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan morfologi, yaitu satuan morfologi dataran yang menempati bagian tengah dan selatan, satuan morfologi pebukitan bergelombang menempati bagian timur dan utara, dan satuan morfologi pegunungan menempati wilayah bagian barat, utara dan timur.

Luas wilayah setiap Kecamatan berbeda-beda, Kecamatan Blimbing memiliki luas 17,77 km², Klojen 8,83 km², Kedungkandang 36,89 km², Sukun 20,97 km² dan Lowokwaru 22,60 km². Gambar 4.1 menjelaskan perbandingan luas wilayah setiap Kecamatan di Kota Malang.

PROSENTASE LUAS TIAP KECAMATAN KOTA MALANG



Gambar 4.1 Prosentase Luas Tiap Kecamatan

Sumber: BPS Kota Malang (2001)

4.1.2 Penduduk

Jumlah penduduk di Kota Malang cenderung meningkat dari tahun- ke tahun Tabel 4.1 menyatakan jumlah penduduk di setiap Kecamatan di Kota Malang dari tahun 2007 sampai 2015.

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Per Kecamatan di Kota Malang

No	Tahun	Kecamatan					Total
		BLIMBING	KLOJEN	KDKD	SUKUN	LOWOKWARU	
1	2007	158556	117500	150,262	162094	168570	756982
2	2008	171051	126760	162104	174868	181854	816637
3	2009	170673	126480	161746	174482	181452	814833
4	2010	172333	105907	174477	181531	186013	820261
5	2011	198,684	119,656	201,922	203,315	170,765	894342
6	2012	188,314	110,700	193,779	191,255	161,204	845252
7	2013	187,001	107,729	194,071	193,310	162,591	844702
8	2014	191,631	109,000	199,506	198,241	166,633	865011
9	2015	193,179	109,386	202,252	200,720	168,179	873716

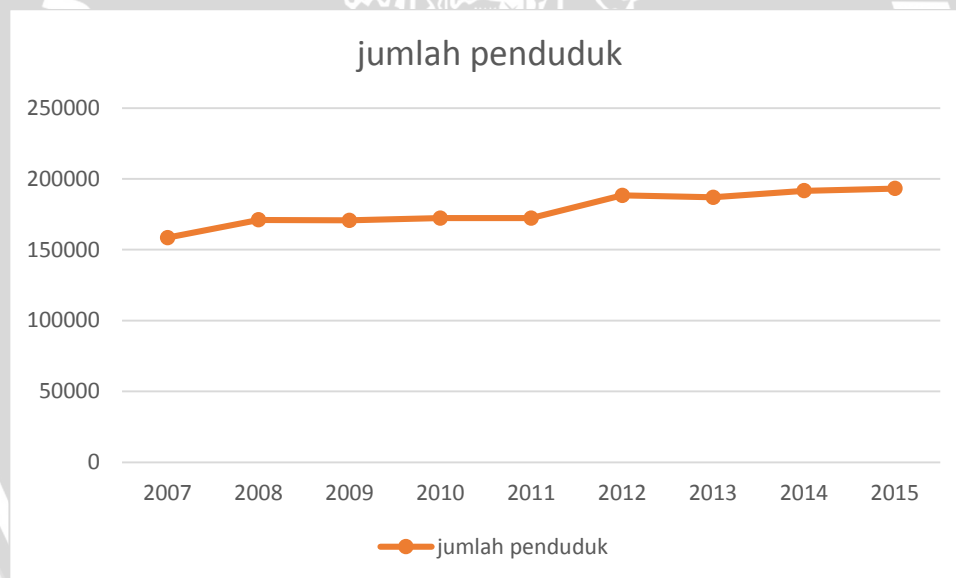
Sumber : Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil (2015)

4.2 Peramalan jumlah pelanggan LTE 2020

Peramalan jumlah pelanggan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan trafik dan kapasitas layanan yang akan diberikan. Peramalan jumlah pelanggan ini meliputi tiga tahap yaitu peramalan jumlah penduduk, perhitungan penduduk usia produktif dan jumlah pelanggan setelah dilakukan perbandingan dengan data *Ericson mobility report*.

4.2.1 Peramalan jumlah penduduk tahun 2020

Data penduduk di Kota Malang selama 9 tahun terakhir yaitu tahun 2011-2015 didapat dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Malang. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2020 menggunakan trend eksponensial seperti dijelaskan pada BAB II. Trend eksponensial dipilih karena data hasil *survey* yang didapat berupa deret meningkat cenderung naik. Perhitungan dilakukan disetiap Kecamatan karena memiliki kepadatan penduduk dan luas area yang berbeda-beda.



Gambar 4.2 Grafik Jumlah Penduduk Per Tahun di Kota Malang
Sumber : Dinas Kependudukan dan Pencatatan sipil (2015)

4.2.1.1. Kecamatan Blimbing

Tabel 4.2 menampilkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan jumlah penduduk menggunakan trend eksponensial.

Tabel 4.2 Perhitungan Jumlah Penduduk Kecamatan Blimbing

No	Tahun	y_i	t_i	t_i^2	$\log y_i$	$t_i \cdot \log y_i$
1	2007	158556	-4	16	5.200182681	-20.80073072
2	2008	171051	-3	9	5.233125618	-15.69937685
3	2009	170673	-2	4	5.232165177	-10.46433035
4	2010	172333	-1	1	5.236368448	-5.236368448
5	2011	198,684	0	0	5.298162895	0
6	2012	188,314	1	1	5.274882608	5.274882608
7	2013	187,001	2	4	5.271843929	10.54368786
8	2014	191,631	3	9	5.282465766	15.8473973
9	2015	193,179	4	16	5.285959914	21.14383965
total			0	60	47.31515704	0.60900104

Selanjutnya menghitung variabel a dan b seperti persamaan (3) pada BAB II.

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{47}{9} \right]$$

$$a = 177980,99$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{\sum t \cdot \log Y}{\sum t^2} \right]$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{0,60900104}{60} \right]$$

$$b = 1,0236465$$

Setelah itu nilai hasil perhitungan a dan b dimasukkan dalam persamaan (2) pada BAB II untuk mendapatkan persamaan trend eksponensial

$$P_t = \alpha + \beta^T$$

$$P_t = 177980,99 + 1,0236465^T$$

Untuk meramalkan jumlah penduduk tahun 2020 di Kecamatan Blimbing maka harus diketahui terlebih dahulu faktor T dengan cara

$$T = t_{\text{mendatang}} - \bar{t}$$

$$T = 2020 - 2011$$

$$T = 9$$

Sehingga untuk mendapatkan jumlah penduduk di tahun 2020 masukkan nilai T ke dalam persamaan eksponensial yang sudah didapat. P_t adalah jumlah penduduk di tahun ke t.

$$P_{2020} = 177980,99 + 1,0236465^9$$

$$P_{2020} = 219646$$

Jadi jumlah penduduk di Kecamatan Blimbing pada tahun 2020 adalah 219646 jiwa.

4.2.1.2. Kecamatan Klojen

Tabel 4.3 menampilkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan jumlah penduduk menggunakan trend eksponensial.

Tabel 4.3 Perhitungan Jumlah Penduduk Kecamatan Klojen

no	tahun	y_i	t_i	t_i^2	$\log y_i$	$t_i \cdot \log y_i$
1	2007	117500	-4	16	5.070037867	-20.28015147
2	2008	126760	-3	9	5.102982231	-15.30894669
3	2009	126480	-2	4	5.10202179	-10.20404358
4	2010	105907	-1	1	5.024924666	-5.024924666
5	2011	119,656	0	0	5.077934481	0
6	2012	110,700	1	1	5.044147621	5.044147621
7	2013	107,729	2	4	5.032332629	10.06466526
8	2014	109,000	3	9	5.037426498	15.11227949
9	2015	109,386	4	16	5.038961741	20.15584697
total		1033118	0	60	45.53076952	-0.44112707

Selanjutnya menghitung variabel a dan b seperti persamaan (3) pada BAB II.

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{45,53076953}{9} \right]$$

$$a = 113001,5$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{\sum t \cdot \log Y}{\sum t^2} \right]$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{-0,44112707}{60} \right]$$

$$b = 0,9832136$$

Setelah itu nilai hasil perhitungan a dan b dimasukkan dalam persamaan (2) pada BAB II untuk mendapatkan persamaan trend eksponensial

$$P_t = \alpha + \beta^T$$

$$P_t = 113001,5 + 0,9832136^T$$

Untuk meramalkan jumlah penduduk tahun 2020 di Kecamatan Klojen maka harus diketahui terlebih dahulu faktor T dengan cara

$$T = t_{mendatang} - \bar{t}$$

$$T = 2020 - 2011$$

$$T = 9$$

Sehingga untuk mendapatkan jumlah penduduk di tahun 2020 masukkan nilai T ke dalam persamaan eksponensial yang sudah didapat. P_t adalah jumlah penduduk di tahun ke t.

$$P_{2020} = 113001,5 + 0,9832136^9$$

$$P_{2020} = 97032$$

Jadi jumlah penduduk di Kecamatan Klojen pada tahun 2020 adalah 97032 jiwa.

4.2.1.3. Kecamatan Kedungkandang

Tabel 4.4 menampilkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan jumlah penduduk menggunakan trend eksponensial.

Tabel 4.4 Perhitungan Jumlah Penduduk Kecamatan Kedungkandang

no	tahun	yi	ti	ti ²	yi . ti ²	ti ⁴	log yi	ti.log yi
1	2007	150,262	-4	16	2404192	256	5.176849165	-20.70739666
2	2008	162,104	-3	9	1458936	81	5.209793731	-15.62938119
3	2009	161746	-2	4	646983.61	16	5.208833291	-10.41766658
4	2010	174,477	-1	1	174477	1	5.241738185	-5.241738185
5	2011	174,477	0	0	0	0	5.241738185	0
6	2012	193,779	1	1	193779	1	5.28730671	5.28730671
7	2013	194,071	2	4	776284	16	5.287960644	10.57592129
8	2014	199,506	3	9	1795554	81	5.299955961	15.89986788
9	2015	202,252	4	16	3236032	256	5.305892825	21.2235713
total		1612674	0	60	10686238	708	47.26006870	0.99048456

Selanjutnya menghitung variabel a dan b seperti persamaan (3) pada BAB II.

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{47,32351415}{9} \right]$$

$$a = 178286,62$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{\sum t \cdot \log Y}{\sum t^2} \right]$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{0,99048456}{60} \right]$$

$$b = 1,0387429$$

Setelah itu nilai hasil perhitungan a dan b dimasukkan dalam persamaan (2) pada BAB II untuk mendapatkan persamaan trend eksponensial

$$P_t = \alpha + \beta^T$$

$$P_t = 178286,62 + 1,0387429^T$$

Untuk meramalkan jumlah penduduk tahun 2020 di Kecamatan Kedungkandang maka harus diketahui terlebih dahulu faktor T dengan cara

$$T = t_{mendatang} - \bar{t}$$

$$T = 2020 - 2011$$

$$T = 9$$

Sehingga untuk mendapatkan jumlah penduduk di tahun 2020 masukkan nilai T ke dalam persamaan eksponensial yang sudah didapat. P_t adalah jumlah penduduk di tahun ke t.

$$P_{2020} = 178286,62 + 1,0387429^9$$

$$P_{2020} = 251010$$

Jadi jumlah penduduk di Kecamatan Kedungkandang pada tahun 2020 adalah 251010 jiwa.

4.2.1.4. Kecamatan Sukun

Tabel 4.5 menampilkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan jumlah penduduk menggunakan trend eksponensial.

Tabel 4.5 Perhitungan Jumlah Penduduk Kecamatan Sukun

no	tahun	yi	ti	ti ²	yi . ti ²	ti ⁴	log yi	ti.log yi
1	2007	162094	-4	16	2593504	256	5.209766939	-20.83906776
2	2008	174868	-3	9	1573812	81	5.242710343	-15.72813103
3	2009	174482	-2	4	697926.83	16	5.241749902	-10.4834998
4	2010	181531	-1	1	181531	1	5.2589508	-5.2589508
5	2011	181,513	0	0	0	0	5.258907735	0
6	2012	191,255	1	1	191255	1	5.281612798	5.281612798
7	2013	193,310	2	4	773240	16	5.286254321	10.57250864

8	2014	198,241	3	9	1784169	81	5.29719348	15.89158044
9	2015	200,720	4	16	3211520	256	5.302590648	21.21036259
total	1658014	0	60	11009	708	47.37973697	0.64641508	

Selanjutnya menghitung variabel a dan b seperti persamaan (3) pada BAB II.

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{47,42899865}{9} \right]$$

$$a = 183829,51$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{\sum t \cdot \log Y}{\sum t^2} \right]$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{0,64641508}{60} \right]$$

$$b = 1,0251174$$

Setelah itu nilai hasil perhitungan a dan b dimasukkan dalam persamaan (2) pada BAB II untuk mendapatkan persamaan trend eksponensial

$$P_t = \alpha + \beta^T$$

$$P_t = 183829,51 + 1,0251174^T$$

Untuk meramalkan jumlah penduduk tahun 2020 di Kecamatan Sukun maka harus diketahui terlebih dahulu faktor T dengan cara

$$T = t_{\text{mendatang}} - \bar{t}$$

$$T = 2020 - 2011$$

$$T = 9$$

Sehingga untuk mendapatkan jumlah penduduk di tahun 2020 masukkan nilai T ke dalam persamaan eksponensial yang sudah didapat. P_t adalah jumlah penduduk di tahun ke t.

$$P_{2020} = 186161,02 + 1,0251174^9$$

$$P_{2020} = 229815$$

Jadi jumlah penduduk di Kecamatan Sukun pada tahun 2020 adalah 229815 jiwa.

4.2.1.6. Kecamatan Lowokwaru

Tabel 4.6 menampilkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan jumlah penduduk menggunakan trend eksponensial.

Tabel 4.6 Perhitungan jumlah penduduk Kecamatan Lowokwaru

no	tahun	yi	ti	ti ²	yi . ti ²	ti ⁴	log yi	ti.log yi
1	2007	162094	-4	16	2593504	256	5.209766939	-20.83906776
2	2008	174868	-3	9	1573812	81	5.242710343	-15.72813103
3	2009	174482	-2	4	697926.83	16	5.241749902	-10.4834998
4	2010	181531	-1	1	181531	1	5.2589508	-5.2589508
5	2011	181,513	0	0	0	0	5.258907735	0
6	2012	191,255	1	1	191255	1	5.281612798	5.281612798
7	2013	193,310	2	4	773240	16	5.286254321	10.57250864
8	2014	198,241	3	9	1784169	81	5.29719348	15.89158044
9	2015	200,720	4	16	3211520	256	5.302590648	21.21036259
total		1658014	0	60	11006958	708	47.37973697	0.64641508

Selanjutnya menghitung variabel a dan b seperti persamaan (3) pada BAB II.

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right]$$

$$a = \text{antilog} \left[\frac{47,11321282}{9} \right]$$

$$a = 173351,89$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{\sum t \cdot \log Y}{\sum t^2} \right]$$

$$b = \text{antilog} \left[\frac{-0,27541893}{60} \right]$$

$$b = 0,9894861$$

Setelah itu nilai hasil perhitungan a dan b dimasukkan dalam persamaan (2) pada BAB II untuk mendapatkan persamaan trend eksponensial

$$P_t = \alpha + \beta^T$$

$$P_t = 173351,89 + 0,9894861^T$$

Untuk meramalkan jumlah penduduk tahun 2020 di Kecamatan Lowokwaru maka harus diketahui terlebih dahulu faktor T dengan cara

$$T = t_{mendatang} - \bar{t}$$

$$T = 2020 - 2011$$

$$T = 9$$

Sehingga untuk mendapatkan jumlah penduduk di tahun 2020 masukkan nilai T ke dalam persamaan eksponensial yang sudah didapat. P_t adalah jumlah penduduk di tahun ke t.

$$P_{2020} = 173351,89 + 0,9894861^9$$

$$P_{2020} = 157622$$

Jadi jumlah penduduk di Kecamatan Lowokwaru pada tahun 2020 adalah 157622 jiwa.

4.2.2 Perhitungan Penduduk Usia Produktif

Usia produktif yang berlaku di Indonesia adalah usia dalam batas 15 tahun-64 tahun (BPS, 2014). Data pada Tabel 4.7 adalah jumlah penduduk berdasarkan kelompok usia dari tahun 2011-2015 di Kota Malang.

Tabel 4.7 Jumlah Penduduk Berdasarkan Kelompok Usia

No	Usia	Jumlah				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	0 - 4 TH	61,351	56,672	58,298	59,418	58,962
2	5 - 9 TH	62,412	64,103	65,240	66,331	67,129
3	10 - 14 TH	60,405	79,329	81,055	69,689	69,346
4	15 - 19 TH	79,300	12,983	13,134	64,876	65,710
5	20 - 24 TH	97,775	13,261	13,360	63,368	63,875
6	25 - 29 TH	76,544	103,118	100,996	69,823	69,101
7	30 - 34 TH	65,882	79,875	74,553	82,417	81,918
8	35 - 39 TH	60,974	81,009	81,335	73,804	75,522
9	40 - 44 TH	57,694	70,841	69,363	67,718	67,964
10	45 - 49 TH	51,291	65,692	66,224	61,888	62,541
11	50 - 54 TH	44,737	57,430	57,269	52,619	53,769
12	55 - 59 TH	33,374	49,645	50,701	44,176	45,501
13	60 - 64 TH	23,098	31,361	32,798	32,089	32,900
14	> 65 TH	45,406	79,933	80,376	56,795	59,478
Total		820,243	845,252	844,702	865,011	873,716
Total Usia Produktif		590,669	565,215	559,733	612,778	618,801
Persen usia produktif		72.01%	66.87%	66.26%	70.84%	70.82%

Sumber : Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil (2015)

Total dan persen usia produktif pada Tabel 4.7 didapatkan dari hasil perhitungan. Total usia produktif didapat dengan menjumlahkan penduduk usia antara 15-64 tahun. Dan persen usia produktif didapat dengan membandingkan total usia produktif dengan total penduduk. Untuk mempermudah definisi tersebut dapat dituliskan dalam Persamaan (4-1).

$$\% \text{ usia produktif} = \frac{\text{Total usia Produktif}}{\text{Total penduduk}} \times 100\% \quad (4-1)$$

Rata-rata persen usia produktif adalah

$$\text{rata - rata \% usia produktif} = \frac{72,01+66,87+66,26+70,84+70,82}{5}$$

$$\text{rata - rata \% usia produktif} = 69,36\%$$

Sehingga dari hasil rata-rata usia produktif dapat disimpulkan bahwa besarnya usia produktif di Kota Malang adalah 69,36%. Tabel 4.8 menyatakan jumlah usia produktif di Kota Malang pada tahun 2020 dengan faktor pengali usia produktif 69,36%.

Tabel 4.8 Jumlah Usia Produktif Tahun 2020

No	Kecamatan	Jumlah	
		Total	Usia Produktif
1	BLIMBING	219646	152351
2	KLOJEN	97032	67303
3	KEDUNGKANDANG	251010	174105
4	SUKUN	229815	159404
5	LOWOKWARU	157622	109329
	TOTAL	955125	662492

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

4.2.3 Perhitungan Pengguna 4G tahun 2020

Berdasarkan survey penetrasi pengguna internet di Jawa Timur mencapai 32,29% dan 85% diantaranya menggunakan telepon seluler untuk mengakses internet (APJII,2014). Ericson Mobility report juga merilis prediksi pengguna 4G/LTE di Indonesia pada 2020 adalah 40% dari jumlah pengguna internet. Prosentase tersebut menjadi landasan dalam penelitian ini untuk mendapatkan jumlah pelanggan 4G/LTE pada tahun 2020 di Kota Malang. Tabel 4.9 menjelaskan jumlah pengguna setelah dikalikan dengan faktor tersebut.

Tabel 4.9 Jumlah Pengguna 4G/LTE Tahun 2020

No	Kecamatan	Jumlah Usia Produktif	Faktor Pengali		
			32,29%	85%	40%
1	BLIMBING	152351	49194	41815	16726
2	KLOJEN	67303	21732	18472	7389
3	KEDUNGKANDANG	174105	56219	47786	19114
4	SUKUN	159404	51471	43751	17500
5	LOWOKWARU	109329	35302	30007	12003
	TOTAL	662492	213919	181831	72732

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

Keterangan :

A adalah 32,29% dari jumlah usia produktif

B adalah 85% dari A

C adalah 40% dari B

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah pengguna 4G/LTE pada tahun 2020 di Kota Malang mencapai 72.732 jiwa.

4.3 Perhitungan Jumlah Cell

Sesuai standart perangkat kapasitas yang dapat dilayani terdapat pada Tabel 4.10. untuk kolom *bandwidth* menyatakan besarnya *bandwidth* yang dialokasikan untuk jaringan 4G/LTE. Sedangkan kolom *Number of RRC Connected user per cell* menyatakan banyaknya pelanggan yang dapat dilayani dalam satu *cell* untuk alokasi bandwidth tertentu. (Huawei technologies, 2014). Bandwidth yang dialokasikan untuk 4G/LTE di Indonesia adalah 10 MHZ (KOMINFO,2012).

Tabel 4.10 Jumlah pelanggan yang dapat dilayani untuk setiap alokasi bandwidth

Bandwidth	Number of RRC Connected user per cell
1,4 MHz	168
3 MHz	360
5 MHz	600
10 MHz/15 MHz/20 MHz	1200

Sumber : Huawei Technologies (2014)

Tabel 4.11 Jumlah *Cell* dan eNodeB yang Dibutuhkan Berdasarkan *Capacity*

No	Kecamatan	Jumlah Pengguna 4G/LTE	Jumlah <i>Cell</i>	Jumlah eNodeB
1	BLIMBING	16726	14	5
2	KLOJEN	7389	6	2
3	KEDUNGKANDANG	19114	16	5
4	SUKUN	17500	15	5
5	LOWOKWARU	12003	10	3
	TOTAL	72732	61	20

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

4.4 Perhitungan Jumlah eNodeB

Maksimum aktif *user* yang dapat dilayani oleh sebuah eNodeB (typeDBS3900) adalah sebanyak 10.800 *user*. Maksimum konfigurasi eNodeB terdiri dari 3 buah LBBP. Dalam perencanaan ini menggunakan konfigurasi minimum hanya menggunakan sebuah LBBP maksimum hanya dapat melayani 3600 *user*.

Dalam Tabel 4.11 sudah dilakukan perhitungan jumlah *cell* pada setiap Kecamatan. Konfigurasi antenna yang digunakan adalah antenna sektoral 120 maka, sebuah eNodeB mampu melayani 3 *cell*. Sebagai contoh perhitungan ENodeB dalam Tabel 4.11 dijelaskan bahwa Kecamatan Blimbing membutuhkan 14 *cell*. Karena satu eNodeB mampu melayani 3 *cell* jadi, di Kecamatan Blimbing membutuhkan,

$$\text{jumlah eNodeB} = \frac{\text{jumlah cel}}{3}$$

$$\text{jumlah eNodeB} = \frac{14}{3}$$

$$\text{jumlah eNodeB} = 4,6667$$

Hasil dibulatkan, sehingga jumlah eNodeB yang dibutuhkan di Kecamatan Blimbing adalah 5 buah.

4.5 Coverage Area

Perhitungan *Coverage Area* bertujuan untuk mengetahui luas wilayah pelayanan untuk sebuah eNodeB. Perhitungan *coverage area* ini meliputi tiga tahap yaitu perhitungan *link budget* dan *path loss*, perhitungan radius *cell*, dan perhitungan *coverage area*.

4.5.2. Link budget dan Path loss

Perhitungan *Link budget* dan *path loss* ini dilakukan pada sisi *Uplink* dan *Downlink*. Dimana sisi *Uplink* saat *User* menjadi *Transceiver* dan eNodeB menjadi *Receiver*, sedangkan sisi *Downlink* sebaliknya *User* menjadi *receiver* dan eNodeB menjadi *transceiver*. Data rate *Uplink* pada *link budget* ini adalah 64 (kbps) dimana ini adalah data rate tercepat pada WCDMA dan data rate untuk *Downlink* adalah 1024 (kbps) dimana ini adalah data rate tercepat untuk jaringan LTE.

Tabel 4.12 *Uplink link budget*

Parameter		Nilai Parameter
Transceiver – User		
a	Max tx power (dBm)	23.0
b	Tx antenna gain (dBi)	0.0
c	Body loss (dB)	0.0
d	EIRP	23.0
Receiver - eNodeB		
e	eNodeB noise figure (dB)	2.0
f	Thermal noise (dB)	-118.4
g	Receiver noise (dBm)	-116.4
h	SINR	7.0
i	Receiver sensitivity	-123.4
j	Interference margin (dB)	1.0
l	Rx Antenna gain (dBi)	18.0
Path loss		144,5

Sumber : Holma Harry & A. Toskala, 2009

Tabel 4.13 keterangan *uplink link budget*

Parameter		Nilai Parameter
Transceiver – User		
a	Maksimum power transmisi pada <i>user</i> . Didentifikasi sesuai device yang digunakan. Diambil nilai rata-rata.	23.0

Parameter		Nilai Parameter
b	Antenna gain pada user tergantung device dan band frekuensi yang digunakan. Nilai maksimum dapat mencapai 5-10 dBi saat user tidak bergerak.	0.0
c	Body loss biasanya untuk link budget suara di mana transceiver diletakkan dengan kepala pengguna.	0.0
d	$EIRP = a + b - c$	23.0
Receiver - eNodeB		
e	eNodeB noise figure (dB) Tergantung pada desain implementasi. Persyaratan kinerja minimum adalah sekitar 5 dB tapi teknisnya dapat lebih baik.	2.0
f	Thermal noise (dB) Hasil perhitungan dari k (konstanta Boltzman) x T (290K) x Bandwidth. Nilai bandwidth tergantung bit rate, dimana nilai bitrate tergantung dari resource block. Diasumsikan resource block untuk 64 kbps. (360 kHz)	-118.4
g	Receiver noise (dBm) = e + f	-116.4
h	SINR nilainya tergantung pada modulasi dan coding, yang lagi-lagi tergantung pada data rate dan pada jumlah blok sumber daya yang dialokasikan. 64 kbps (-7dB)	-7.0
i	Receiver sensitivity = g + h	-123.4
j	Interference margin (dB) dihitung untuk peningkatan tingkat interference terminal disebabkan oleh gangguan dari pengguna lain. Karena LTE uplink ortogonal, tidak ada gangguan intra-cell tapi kita masih perlu margin untuk gangguan sel lainnya. Interference margin dalam	2.0

Parameter		Nilai Parameter
	<p>praktek sangat bergantung pada kapasitas yang direncanakan.</p> <p><i>Interference margin</i> LTE bisa lebih kecil daripada di WCDMA / HSUPA dimana pengguna intra-sel yang tidak Orthogonal. Dengan kata lain, pernapasan sel akan lebih kecil di LTE dibandingkan di CDMA.</p>	
l	Rx <i>Antenna gain</i> (dBi) tergantung pada ukuran antena dan jumlah sektor. 3-sektor antena 1,3 m tinggi pada 2 GHz 18dBi gain. antena ukuran yang sama pada 900 MHz gainnya lebih kecil.	18.0
$Path\ loss = d - i - j + l$		144,5

Tabel 4.14 *Downlink link budget*

Parameter		Nilai parameter
<i>Transceiver – eNodeB</i>		
a	Max tx power (dBm)	46.0
b	Tx <i>antenna gain</i> (dBi)	18.0
c	<i>Cable loss</i> (dB)	2.0
d	EIRP	62.0
<i>Receiver - User</i>		
e	<i>User noise figure</i> (dB)	7.0
f	<i>Thermal noise</i> (dB)	-104.5
g	<i>Receiver noise floor</i> (dBm)	-97.5
h	SINR	-9.0
i	<i>Receiver sensitivity</i>	-106.5
j	<i>Interference margin</i> (dB)	4.0
k	<i>Control channel overhead</i> (dB)	20.0

Parameter	Nilai Parameter
<i>Path loss</i>	145,4

Sumber : Holma Harry & A. Toskala, 2009

Tabel 4.15 Keterangan *Downlink link budget*

Parameter		Nilai parameter
Transceiver – eNodeB		
a	Max tx power (dBm). Untuk makro <i>cell</i> dengan power 20-60 W nilainya berkisar 43-48 dBm	46.0
b	Tx <i>antenna gain</i> (dBi) sesuai pada <i>uplink budget</i>	18.0
c	<i>Cable loss</i> terjadi antara connector dengan antenna. Nilainya tergantung panjang kabel, tebal kabel dan frekuensi kerja. Nilainya berkisar 1-6 dB	2.0
d	$EIRP = a + b - c$	62.0
Receiver - User		
e	<i>User noise figure</i> (dB). Nilainya tergantung frekuensi band dan alokasi bandwidth. Berkisar antara 6-11 dB	7.0
f	<i>Thermal noise</i> (dB) Hasil perhitungan dari k (konstanta Boltzman) x T (290K) x Bandwidth. Nilai bandwidth tergantung bit rate, dimana nilai bitrate tergantung dari <i>resource block</i> . Diasumsikan 50 <i>resource block</i> untuk 1 Mbps. (9 MHz)	-104.5
g	<i>Receiver noise floor</i> (dBm) = $e + f$	-97.5
h	SINR nilainya tergantung pada modulasi dan coding, yang lagi-lagi tergantung pada data rate dan pada jumlah blok sumber daya yang dialokasikan. 1000 kbps (-9dB)	-9.0
i	<i>Receiver sensitivity</i> = $g + h$	-106.5

Parameter		Nilai Parameter
j	<i>Interference margin</i> (dB) dihitung untuk peningkatan tingkat interference terminal disebabkan oleh gangguan dari pengguna lain. Diasumsikan G-faktor 4 dB sehingga besarnya interference margin $10 \cdot \log_{10}(1+10^4/10) = 5,5$ dB	4.0
k	<i>Control channel overhead</i> (dB)	-20.0
<i>Path loss = d - i - j + l</i>		145,5

Sumber : Holma Harry & A. Toskala, 2009

4.5.3. Menghitung cell radius

Pada perencanaan ini dimana jaringan 4G berada pada frekuensi operasi 1800 MHz maka digunakan rumus *cell* radius okumura-hatta karena memiliki range frekuensi yang lebar dan sprsfikasinya memenuhi range frekuensi operasi 4G. karena Kota Malang dikategorikan sebagai daerah urban tipe Kota kecil sehingga akan digunakan rumus *cell* radius untuk daerah urban. Untuk *uplink* perhitungan *cell* radius adalah sebgai berikut.

$$L_{urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) + 3$$

Dimana :

$$h_{BTS} = 30 \text{ m}$$

$$h_{ms} = 1,5 \text{ m}$$

$$a(h_{ms}) = [1,1 \log(f) - 0,7] \times h_{ms} - [1,56 \log(f) - 0,8]$$

$$a(h_{ms}) = [1,1 \log(1800) - 0,7] \times 1,5 - [1,56 \log(1800) - 0,8]$$

$$a(h_{ms}) = 4,321199 - 4,27822$$

$$a(h_{ms}) = 0,042979$$

Sehingga,

$$144,5 = 46 + 33,9 \log(1800) - 13,82 \log(30) - 0,42979 + [44,9 - 6,55 \log(30)] \log(r) + 3$$

$$144,5 = 46 + 110,3537 - 20,41381 - 0,42979 + [35,2248] \log(r) + 3$$

$$144,5 = 138,810 + [35,2248] \log(r)$$

$$[35,2248] \log(r) = 5,684155$$

$$\log(r) = \frac{5,684155}{35,2248}$$

$$\log(r) = 0,161368$$

$$r = 1,45 \text{ km}$$

Untuk perhitungan pada sisi *downlink* sebagai berikut,

$$L_{urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) + 3$$

Dimana :

$$h_{BTS} = 30 \text{ m}$$

$$h_{ms} = 1,5 \text{ m}$$

$$a(h_{ms}) = [1,1 \log(f) - 0,7] \times h_{ms} - [1,56 \log(f) - 0,8]$$

$$a(h_{ms}) = [1,1 \log(1800) - 0,7] \times 1,5 - [1,56 \log(1800) - 0,8]$$

$$a(h_{ms}) = 4,321199 - 4,27822$$

$$a(h_{ms}) = 0,042979$$

Sehingga,

$$145,5 = 46 + 33,9 \log(1800) - 13,82 \log(30) - 0,42979 + [44,9 - 6,55 \log(30)] \log(r) + 3$$

$$145,5 = 46 + 110,3537 - 20,41381 - 0,42979 + [35,2248] \log(r) + 3$$

$$145,5 = 138,810 + [35,2248] \log(r)$$

$$[35,2248] \log(r) = 5,997434$$

$$\log(r) = \frac{5,997434}{35,2248}$$

$$\log(r) = 0,170261$$

$$r = 1,48 \text{ km}$$

Karena radius untuk *uplink* lebih kecil maka, digunakan nilai untuk di dimensikan secara spasial pada ArcGis adalah radius *cell* 1,45 km.

4.5.4. Coverage area eNodeB

Bentuk sel yang digunakan pada system seluler adalah bentuk segi enam. Luas sel dengan bentuk segi enam dapat dinyatakan dengan persamaan segi enam pada BAB II (Ericson, 2000:31).

$$\text{Coverage area} = \frac{3}{2}\sqrt{3} R^2 \text{ (Km}^2\text{)}$$

$$\text{Coverage area} = \frac{3}{2}\sqrt{3} (1,45)^2 \text{ (Km}^2\text{)}$$

$$\text{Coverage area} = 5,47596 \text{ (Km}^2\text{)}$$

Jadi luas pelayan yang dapat dilayani oleh sebuah eNodeB adalah 5,47596 km². Untuk menghitung kebutuhan eNodeB disetiap Kecamatan di Kota Malang dilakukan perhitungan pembagian luas area dengan luas *coverage* eNodeB sesuai pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Jumlah kebutuhan eNodeB berdasarkan *coverage*

No	Kecamatan	Luas Wilayah	Jumlah eNodeB
1	BLIMBING	17.77	3
2	KLOJEN	8.83	2
3	KEDUNGKANDANG	36.89	7
4	SUKUN	20.97	4
5	LOWOKWARU	22.60	4
	TOTAL	107.06	20

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

4.6 Penentuan Lokasi eNodeB

Penentuan lokasi eNodeB menggunakan *software* ArcGIS karena dalam menentukan analisis ini lokasi analisis yang digunakan adalah analisis spasial. ArcGIS memudahkan dalam penggambaran lokasi dan juga menyediakan *database* untuk tiap menara yang digunakan sebagai *transceiver*. Tabel 4.16 menampilkan kebutuhan eNodeB untuk setiap Kecamatan berdasarkan *capacity* dan *coverage*.

Tabel 4.17 Jumlah kebutuhan eNodeB berdasarkan *capacity* dan *coverage*

No	Kecamatan	Luas Wilayah	Jumlah eNodeB	
			<i>capacity</i>	<i>coverage</i>
1	BLIMBING	17.77	5	3
2	KLOJEN	8.83	2	2
3	KEDUNGKANDANG	36.89	5	7

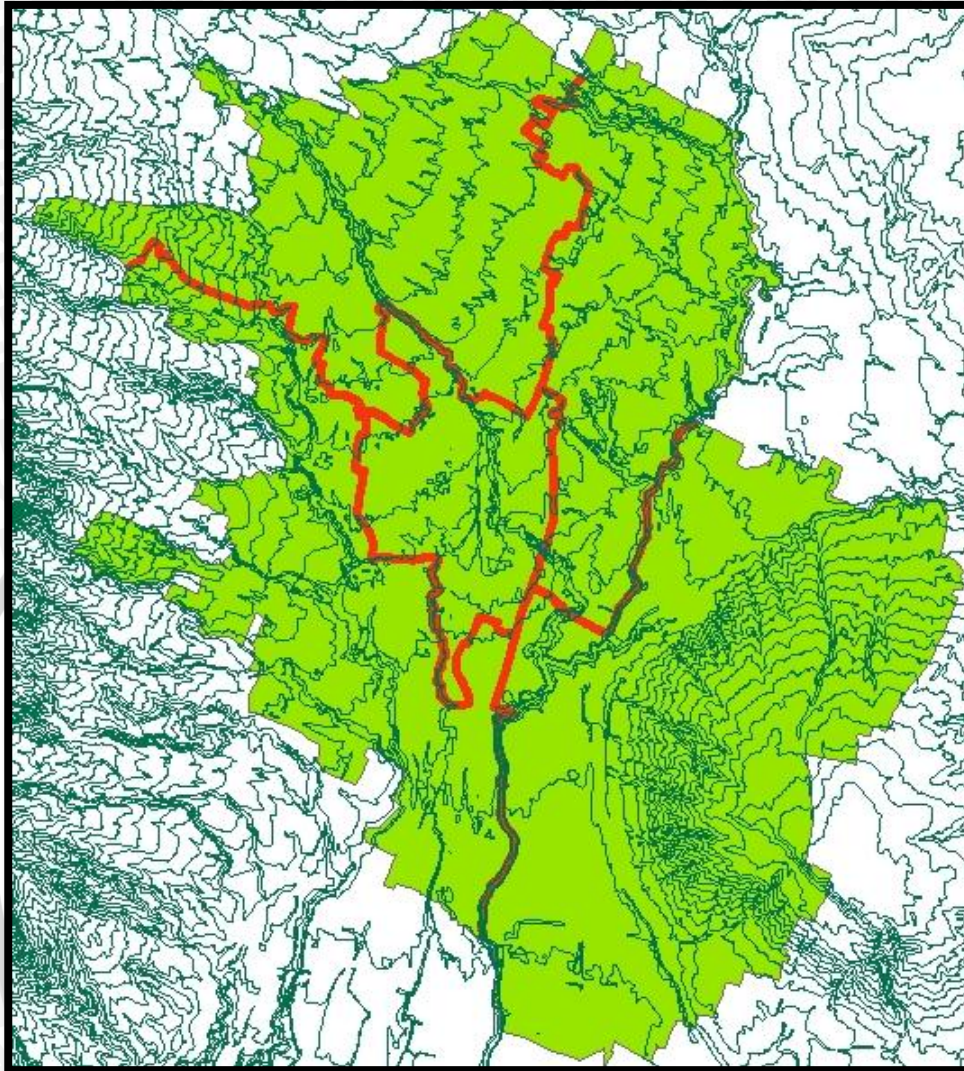
No	Kecamatan	Luas Wilayah	Jumlah eNodeB	
			capacity	coverage
4	SUKUN	20.97	5	4
5	LOWOKWARU	22.60	3	4
	TOTAL	107.06	20	20

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

Terjadi perbedaan jumlah eNodeB berdasarkan *capacity* dan *coverage*. Karena dalam perencanaan awal konfigurasi eNodeB yang digunakan adalah konfigurasi minimum dengan 1 LBBP maka perlu adanya penambahan LBBP di beberapa lokasi.

Penentuan lokasi eNodeB menggunakan *software* ArcGIS karena dalam menentukan analisis ini lokasi analisis yang digunakan adalah analisis spasial. ArcGIS memudahkan dalam penggambaran lokasi dan juga menyediakan *database* untuk tiap menara yang digunakan sebagai *transceiver*. Tabel 4.16 menampilkan kebutuhan eNodeB untuk setiap Kecamatan berdasarkan *capacity* dan *coverage*.

Penempatan eNodeB juga disesuaikan dengan ketinggian dataran di Kota Malang, analisis spasial yang digunakan ditambah satu variabel yaitu variabel kontur tanah. Yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

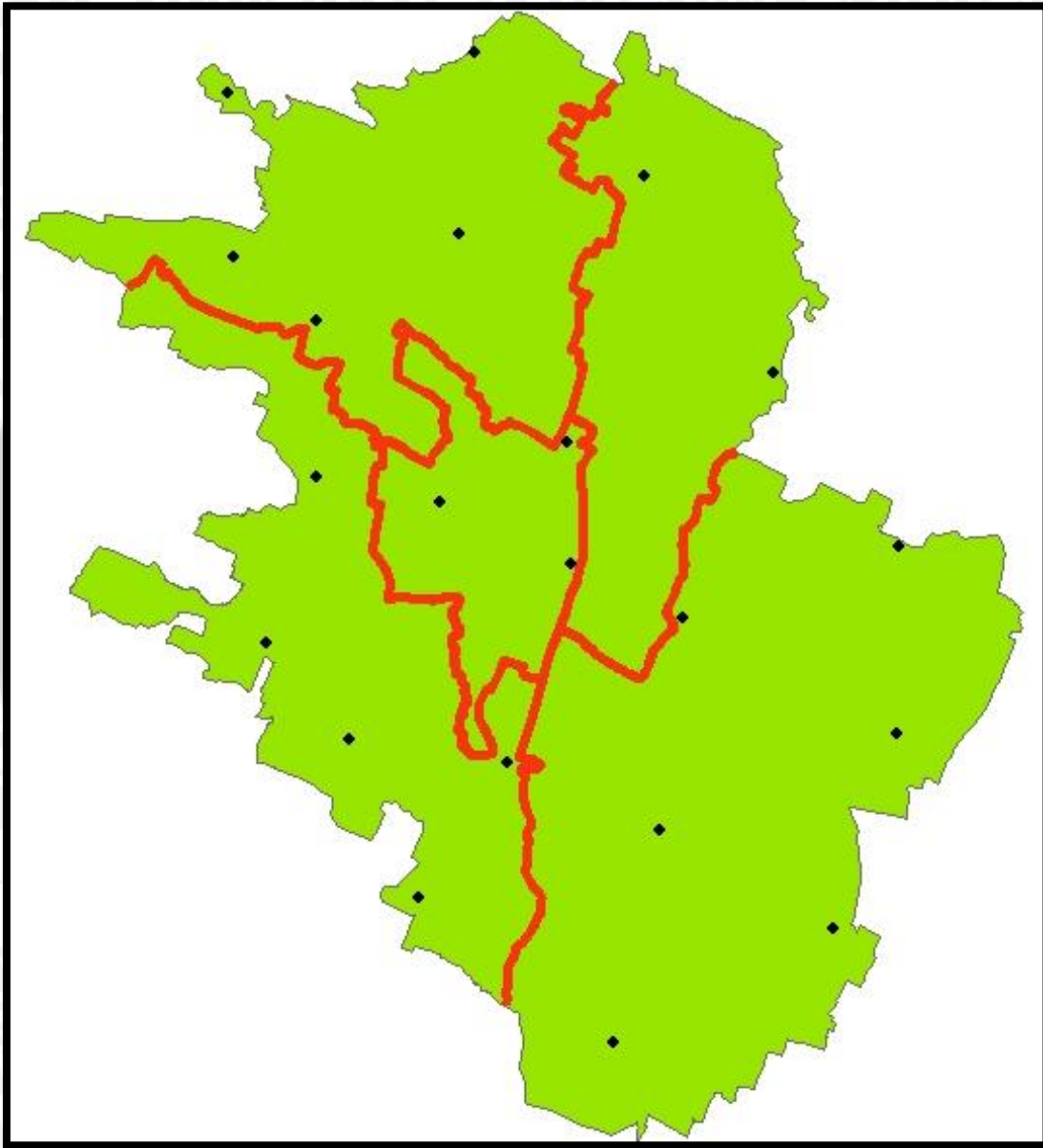


Gambar 4.1 Peta kontur Kota Malang

Sumber : BALITBANG Kota Malang, 2015

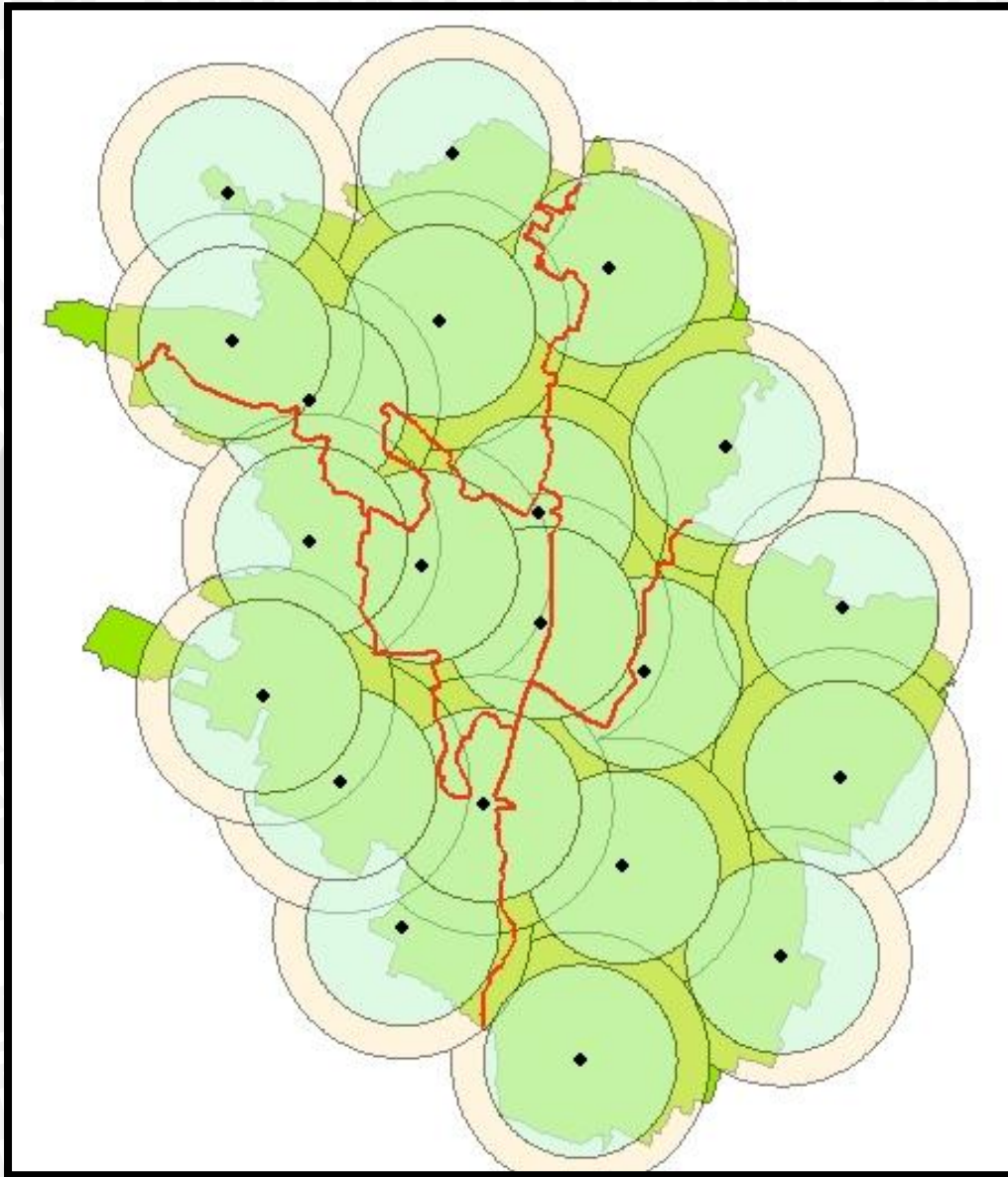


Dengan pertimbangan jumlah eNodeB yang dibutuhkan dan kondisi kontur tanah di Kota Malang rekomendasi peletakan eNodeB dapat digambarkan seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rekomendasi Letak eNodeB di Kota Malang

Gambar 4.3 adalah penampang lokasi eNodeB yang sudah dipilih dengan menyertakan *coverage area* yang dapat dilayani.



Gambar 4.3 Rekomendasi Letak eNodeB Beserta *Coverage* Pelayanannya di Kota Malang

Tabel 4.18 Data Lokasi Rekomendasi Letak eNodeB di Kota Malang

No	Pemilik	Lokasi	Kecamatan	Tinggi menara	X	Y
1	PT. Telkomsel	Jl. Simpang Abd.Qodir.J	Kedungkandang	42	681994	9116900
2	PT.Alim Ampuh Jaya	Jl. Kerapu	Blimbing	35	681453	9122961
3	Telkomsel	Jl.Lowok Suruh	Blimbing	42	683214	9120282
4	Kodim 0818	Jl.Letjen Sutoyo No 14-16	Klojen	32	680386	9119307
5	PT. Satelindo Corporation	Jl. Tasikmadu	Lowokwaru	42	679128	9124667
6	PT.KAI	Jl. Trunojoyo	Klojen	72	680437	9117651
7	Museum Brawijaya	Jl. Kawi	Klojen	62	678641	9118504
8	Identitas Tidak Ada	Jl. Candi panggung Indah.4	Lowokwaru	35	678901	9122177
9	PT. Excelmilindo Pratama	Jl. Raya Tlogomas	Lowokwaru	42	675725	9124102
10	PT.Telkomsel	Belakang UIN Malang	Lowokwaru	42	676965	9120993
11	PT. Nurama Indonesia	Joyogrand No.40	Lowokwaru	42	675818	9121863
12	Jasa Tirta (Water Level Station)	Madyopuro	Kedungkandang	25	684952	9117881
13	Identitas Tidak Ada	Ds Baran Tempuran	Kedungkandang	70	684919	9115332
14	Rekomendasi	Jl wonokoyo	Kedungkandang	40	684045	9112646
15	PT.Telkomsel	Jl. Kali Anyar No. 43	Kedungkandang	42	681661	9113988
16	PT. Nurama Indotama	Jl. Raya Tutut Arjowinangun	Kedungkandang	52	681019	9111080
17	Identitas Tidak Ada	Jl. S Supriyadi	Sukun	32	678347	9113063
18	PT. Telkomsel	Jl. Mergosono	Sukun	42	679572	9114925
19	PT. Protelindo	Sukun Pondok Indah	Sukun	72	677410	9115246
20	PT.Telkomsel	Jl. Gunung Agung No.4	Sukun	42	676967	9118852
21	PT. Indonusa Prakasa	Jl. Mulyorejo	Sukun	62	676280	9116556

Pemilihan lokasi berdasarkan kebutuhan setiap Kecamatan. Diutamakan adalah menara dengan pengguna tunggal. Dan bukan terletak pada daerah depresi lahan sesuai pada peta kontur.

Pada daerah Kecamatan Kedungkandang perlu ditambahkan satu menara. Karena area pelayanan 4 menara lainnya yang diletakkan pada Kecamatan kedung kandang belum mencakup seluruh area. Menara dibangun di Jalan Winokoyo dengan ketinggian 22-100 meter. Ketinggian

menara disarankan minimum 30 meter dengan maksimum ketinggian disesuaikan peraturan daerah Kota Malang Nomor 11 Tahun 2007 tentang mendirikan bangunan. Sehingga antenna pada penelitian ini diletakkan pada ketinggian 30 mdpl.

Lokasi tersebut dipilih dengan pertimbangan bahwa jarak dari 3 lokasi menara terdekat cukup jauh sehingga terjadi blank spot pada area tersebut. Jarak dari menara pada lokasi Jl. Kali Anyar no. 43 adalah 2,735 km, jarak ke lokasi Ds Baran Tampuran 3,853 km, dan jarak ke lokasi Jl. Raya tutur arjowinangun 3,40 km.

Pada Kecamatan Blimbing seharusnya dibutuhkan 5 eNodeB, tetapi ada 3 eNodeB yang ditempatkan bukan di Kecamatan Blimbing. 3 eNodeB tersebut berada di perbatasan Kecamatan Blimbing dengan 3 Kecamatan lainnya yaitu keungkandang, Lowokwaru dan Klojen. Tetapi dengan menempatkan eNodeB pada lokasi tersebut dapat mengcover area di Kecamatan Blimbing.



