

BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Kota Malang

Kota Malang adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Luas wilayah kota Malang adalah 110,06 km² yang secara geografis wilayah Kota Malang berada antara 07°46'48" - 08°46'42" Lintang Selatan dan 112°31'42" - 112°48'48" Bujur Timur.

4.1.1 Wilayah Kota Malang

Batas wilayah Kota Malang, 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

Kota Malang terdiri atas 5 kecamatan dan 57 kelurahan. Berikut adalah daftar kecamatan di Kota Malang, yaitu Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing, Lowokwaru. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan 5 kecamatan di Kota Malang sebagai batasan wilayah yang diteliti.

4.1.2 Penduduk Kota Malang

Menurut UUD 1945 pasal 26 ayat 2, penduduk adalah warga negara Indonesia dan orang asing yang bertempat tinggal di Indonesia. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Malang, penduduk Kota Malang pada tahun 2015 adalah 873.716 orang. Berikut data penduduk Kota Malang pada 5 tahun terakhir.

Tabel 4. 1 Data Penduduk Kota Malang

Tahun	Jumlah					Total
	Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru	
2011	201.922	203.315	119.656	198.684	170.765	894.342
2012	193.779	191.255	110.700	188.314	161.204	845.252
2013	194.071	193.310	107.729	187.001	162.591	844.702
2014	199.506	198.241	109.000	191.631	166.633	865.011
2015	202.252	200.720	109.386	193.179	168.179	873.716

Sumber : Dinas Kependudukan dan Pencatatan sipil (2015)

4.2 Prediksi Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2020

Ada beberapa parameter untuk menentukan prediksi jumlah penduduk di Kota Malang pada tahun 2020, diantaranya adalah jumlah penduduk 5 tahun terakhir, dan usia produktif dari jumlah penduduk tersebut. Untuk menentukan prediksi penduduk pada tahun 2020 menggunakan model *linear* (model *arithmethic*) yang telah dijelaskan pada BAB 2. Karena diproyeksikan penduduk akan selalu bertambah setiap waktunya. Perhitungan penduduk di lakukan perkecamatan.

4.2.1 Prediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Kedungkandang

Prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Kedungkandang di tunjukan pada table 4.2

Tabel 4. 2 Jumlah penduduk di Kecamatan Kedungkandang

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Po)	t_i	$Po \cdot t_i$	t_i^2
1	2011	201.922	-2	-403844	4
2	2012	193.779	-1	-193779	1
3	2013	194.071	0	0	0
4	2014	199.506	1	199506	1
5	2015	202.252	2	404504	4
	Total	991.530	0	6387	10

Setelah itu hitung jumlah penduduk dengan persamaan (2.1) BAB 2.

$$P_n = P_o + \beta T$$

Sebelum mendapatkan P_n , tentukan P_o , T , dan β terlebih dahulu.

$$P_o = \frac{\text{total jumlah penduduk}}{n}$$

$$P_o = \frac{991.530}{5}$$

$$P_o = 198.306$$

$$\beta = \frac{\sum P_o \cdot t_i}{\sum t_i^2}$$

$$\beta = \frac{6387}{10}$$

$$\beta = 639$$

Setelah didapat nilai P_o dan β , selanjutnya

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

$$T = 2020 - 2013$$

$$T = 7$$

Setelah didapatkan P_o , T , dan β , maka hitunglah proyeksi penduduk di kecamatan Kedungkandang pada tahun 2020.

$$P_n = P_o + \beta T$$

$$P_{2020} = 198.306 + (639 \times 7)$$

$$P_{2020} = 202.252 + (4473)$$

$$P_{2020} = 202.779$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka untuk prediksi penduduk di Kecamatan Kedungkandang pada tahun 2020 yaitu sebesar 202.779 jiwa.

4.2.2 Prediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Sukun

Prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Sukun di tunjukan pada table 4.3

Tabel 4. 3 Jumlah penduduk di Kecamatan Sukun

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Po)	t_i	$Po \cdot t_i$	t_i^2
1	2011	203.315	-2	-406630	4
2	2012	191.255	-1	-191255	1
3	2013	193.310	0	0	0
4	2014	198.241	1	198241	1
5	2015	200.720	2	401440	4
	Total	986.841	0	1796	10

Setelah itu hitung jumlah penduduk dengan persamaan (2.1) BAB 2.

$$P_n = P_o + \beta T$$

Sebelum mendapatkan P_n , tentukan P_o , T , dan β terlebih dahulu.

$$P_o = \frac{\text{total jumlah penduduk}}{n}$$

$$P_o = \frac{986.841}{5}$$

$$P_o = 197.368$$

$$\beta = \frac{\sum P_o \cdot t_i}{\sum t_i^2}$$

$$\beta = \frac{1796}{10}$$

$$\beta = 180$$

Setelah didapat nilai P_o dan β , selanjutnya

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

$$T = 2020 - 2013$$

$$T = 7$$

Setelah didapatkan P_o , T , dan β , maka hitunglah proyeksi penduduk di kecamatan Sukun pada tahun 2020.

$$P_n = P_o + \beta T$$

$$P_{2020} = 197.368 + (180 \times 7)$$

$$P_{2020} = 197.368 + (1260)$$

$$P_{2020} = 198.628$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka untuk prediksi penduduk di Kecamatan Sukun pada tahun 2020 yaitu sebesar 198.628 jiwa.

4.2.3 Prediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Klojen

Prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Klojen di tunjukan pada table 4.4

Tabel 4. 4 Jumlah penduduk di Kecamatan Klojen

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Po)	t _i	Po.t _i	t _i ²
1	2011	119.656	-2	-239312	4
2	2012	110.700	-1	-110700	1
3	2013	107.729	0	0	0
4	2014	109.000	1	109000	1
5	2015	109.386	2	218772	4
	Total	556.471	0	-22240	10

Setelah itu hitung jumlah penduduk dengan persamaan (2.1) BAB 2.

$$P_n = P_o + \beta T$$

Sebelum mendapatkan P_n , tentukan P_o , T , dan β terlebih dahulu.

$$P_o = \frac{\text{total jumlah penduduk}}{n}$$

$$P_o = \frac{556.471}{5}$$

$$P_o = 111.294$$

$$\beta = \frac{\sum P_o \cdot t_i}{\sum t_i^2}$$

$$\beta = \frac{-22240}{10}$$

$$\beta = -2224$$

Setelah didapat nilai P_o dan β , selanjutnya

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

$$T = 2020 - 2013$$

$$T = 7$$

Setelah didapatkan P_o , T , dan β , maka hitunglah proyeksi penduduk di kecamatan Klojen pada tahun 2020.

$$P_n = P_o + \beta T$$

$$P_{2020} = 111.294 + (-2224 \times 7)$$

$$P_{2020} = 197.368 + (-15568)$$

$$P_{2020} = 95.726$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka untuk prediksi penduduk di Kecamatan Klojen pada tahun 2020 yaitu sebesar 95.726 jiwa.

4.2.4 Prediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Blimbing

Prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Blimbing di tunjukan pada table 4.5

Tabel 4. 5 Jumlah penduduk di Kecamatan Blimbing

No	Tahun	Jumlah Penduduk (P_o)	t_i	$P_o \cdot t_i$	t_i^2
1	2011	198.684	-2	-397368	4
2	2012	188.314	-1	-188314	1
3	2013	187.001	0	0	0
4	2014	191.631	1	191631	1
5	2015	193.179	2	386358	4
	Total	958.809	0	-7693	10

Setelah itu hitung jumlah penduduk dengan persamaan (2.1) BAB 2.

$$P_n = P_o + \beta T$$

Sebelum mendapatkan P_n , tentukan P_o , T , dan β terlebih dahulu.

$$P_o = \frac{\text{total jumlah penduduk}}{n}$$

$$P_o = \frac{958.809}{5}$$

$$P_o = 191.762$$

$$\beta = \frac{\sum P_o \cdot t_i}{\sum t_i^2}$$

$$\beta = \frac{-7693}{10}$$

$$\beta = -769$$

Setelah didapat nilai P_o dan β , selanjutnya

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

$$T = 2020 - 2013$$

$$T = 7$$

Setelah didapatkan P_o , T , dan β , maka hitunglah proyeksi penduduk di kecamatan Blimbing pada tahun 2020.

$$P_n = P_o + \beta T$$

$$P_{2020} = 191.762 + (-769 \times 7)$$

$$P_{2020} = 191.762 + (-5383)$$

$$P_{2020} = 186.379$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka untuk prediksi penduduk di Kecamatan Blimbing pada tahun 2020 yaitu sebesar 186.379 jiwa.

4.2.5 Prediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Lowokwaru

Prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Lowokwaru di tunjukan pada table 4.6

Tabel 4. 6 Jumlah penduduk di Kecamatan Lowokwaru

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Po)	t _i	Po.t _i	t _i ²
1	2011	170.765	-2	-341530	4
2	2012	161.204	-1	-161204	1
3	2013	162.591	0	0	0
4	2014	166.633	1	166633	1
5	2015	168.179	2	336358	4
	Total	829.372	0	257	10

Setelah itu hitung jumlah penduduk dengan persamaan (2.1) BAB 2.

$$P_n = P_o + \beta T$$

Sebelum mendapatkan P_n , tentukan P_o , T , dan β terlebih dahulu.

$$P_o = \frac{\text{total jumlah penduduk}}{n}$$

$$P_o = \frac{829.372}{5}$$

$$P_o = 165.874$$

$$\beta = \frac{\sum P_o \cdot t_i}{\sum t_i^2}$$

$$\beta = \frac{257}{10}$$

$$\beta = 26$$

Setelah didapat nilai P_0 dan β , selanjutnya

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

$$T = 2020 - 2013$$

$$T = 7$$

Setelah didapatkan P_0 , T , dan β , maka hitunglah proyeksi penduduk di kecamatan Lowokwaru pada tahun 2020.

$$P_n = P_0 + \beta T$$

$$P_{2020} = 165.874 + (26 \times 7)$$

$$P_{2020} = 165.874 + (182)$$

$$P_{2020} = 166.056$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka untuk prediksi penduduk di Kecamatan Lowokwaru pada tahun 2020 yaitu sebesar 166.056 jiwa.

4.3 Prediksi Jumlah BTS jaringan 3G

Untuk menentukan jumlah BTS jaringan 3G di Kota Malang, ada beberapa parameter yang harus dihitung, antaranya prediksi jumlah pengguna 3G pada tahun 2020, prediksi trafik pelanggan, prediksi kanal yang dibutuhkan.

4.3.1 Perhitungan Usia Produktif

Perhitungan usia produktif dilakukan sebagai parameter untuk menentukan pengguna 3G di Kota Malang, penduduk usia produktif yaitu sekitar 15-64 tahun. Berikut adalah tabel persentase penduduk kota Malang berdasarkan usia produktif selama 5 tahun.

Tabel 4. 7 Jumlah Persentase Penduduk Usia Produktif

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)

Rata-rata persentase penduduk usia produktif di Kota Malang akan di hitung pada rumus di bawah:

$$\text{Rata-rata \% usia produktif} = \frac{\text{total persentase usia produktif}}{\text{jumlah tahun prediksi}} \times 100\% \dots\dots\dots (4-1)$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata \% usia produktif} &= \frac{72,01+66,87+66,26+70,84+70,82}{5} \times 100\% \\ &= 69,36 \% \end{aligned}$$

Rata-rata penduduk usia produktif di Kota Malang adalah 69,36 % dari seluruh penduduk di Kota Malang. Untuk memprediksi jumlah penduduk di Kota Malang pada tahun 2020 yang tergolong pada usia produktif maka mengalikan rata-rata persentase usia produktif yaitu 69,36 % dengan prediksi jumlah penduduk pada tahun 2020. Pada penelitian ini, perhitungan usia produktif dilakukan perkecamatan. Berikut tabel prediksi jumlah penduduk usia produktif pada tahun 2020 di Kota Malang.

Tabel 4. 8 Jumlah penduduk Usia Produktif Kota Malang tahun 2020

No	Kecamatan	Jumlah	
		Penduduk thn 2020	Usia Produktif
1	Kedungkandang	202.779	140.648
2	Sukun	198.628	137.768
3	Klojen	95.726	66.396
4	Blimbing	186.379	129.272
5	Lowokwaru	166.056	115.176
Total		849.568	589.260

Total Penduduk Usia Produktif

$$= \text{total penduduk tahun 2020} \times \frac{69,36}{100}$$

$$= 849.568 \times \frac{69,36}{100}$$

$$= 589.260 \text{ Jiwa}$$

4.3.2 Prediksi Jumlah Pengguna 3G pada Tahun 2020

Berdasarkan *survey* penetrasi APJI pada tahun 2014, pengguna internet di Jawa Timur mencapai 31% dan pada wilayah Jawa dan Bali yang menggunakan telepon seluler untuk mengakses internet sebesar 92%. Berdasarkan *Ericson Mobility Report*, prediksi pengguna 3G di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 40 % dari pengguna telekomunikasi yang ada di Indonesia. Pada tabel 4.9 di bawah ini menjelaskan bahwa pengguna 3G di kota Malang pada tahun 2020 di bagi perkecamatan.

Tabel 4. 9 Prediksi Jumlah Pengguna 3G di Kota Malang tahun 2020

No	Kecamatan	Usia Produktif	Faktor Penetrasi		
			40%	31%	92%
1	KEDUNGKANDANG	140.648	56.258	17.440	16.045
2	SUKUN	137.768	55.107	17.083	15.716
3	KLOJEN	66.396	26.558	8.233	7.574
4	BLIMBING	129.272	51.708	16.030	14.747
5	LOWOKWARU	115.176	46.070	14.282	13.139
	Total	589.260	235.702	73.068	67.222

Contoh perhitungan prediksi jumlah pengguna 3G sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total jumlah penduduk} &= \text{penduduk usia produktif} \times \frac{40}{100} \times \frac{31}{100} \times \frac{92}{100} \\
 &= 589.260 \times \frac{40}{100} \times \frac{31}{100} \times \frac{92}{100} \\
 &= 67.222 \text{ Jiwa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.9, bahwa prediksi jumlah pengguna 3G di Kota Malang pada tahun 2020 sebesar 67.222 Jiwa.

4.3.3 Prediksi Trafik Pelanggan

Berdasarkan morfologi area, Kota Malang merupakan daerah urban, yang mempunyai trafik pelanggan rata-rata 50 mErlang yaitu rata-rata lama percakapan pengguna seluler 1 BTS dalam 1 hari pada jam sibuk selama 1 jam adalah 3 menit/jam pada jam sibuk. Trafik pelanggan di Kota Malang akan di tampilkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Prediksi Trafik Pelanggan di Kota Malang tahun 2020

No	Kecamatan	Pengguna 3G tahun 2020	Trafik Pelanggan (Erlang)
			50 mErlang
1	Kedungkandang	16.045	802
2	Sukun	15.716	786
3	Klojen	7.574	379
4	Blimbing	14.747	737

5	Lowokwaru	13.139	657
	Total	67.222	3.361

Contoh perhitungan trafik pelanggan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total trafik pelanggan} &= \text{Pengguna 3G tahun 2020} \times \frac{50}{1000} \text{ Erlang} \\
 &= 67.222 \times \frac{50}{1000} \\
 &= 3.361 \text{ Erlang}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.10, dapat dinyatakan bahwa trafik pelanggan di Kota Malang sebesar 3.361 Erlang.

4.3.4 Prediksi Jumlah Kanal

Perhitungan kapasitas kanal dilakukan dengan cara menghitung konfigurasi *cell* 4x4x4 dengan mengasumsikan GOS sebesar 2 %, struktur antenna 3 sektor dengan pengarahan 120⁰.

Berikut perhitungan kanal yang diperlukan untuk 1 BTS.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ BTS} &= 3 \text{ sektoral (antena dengan pengarahan } 120^0) \\
 1 \text{ sektoral} &= 4 \text{ TRx (konfigurasi } 4 \times 4 \times 4) \\
 1 \text{ TRx} &= 8 \text{ kanal (time slot)}
 \end{aligned}$$

Jumlah kanal dalam 1 sektoral adalah 30 kanal yang mampu melayani, 2 kanal berfungsi sebagai *broadcast* sinyal dan mengatur panggilan setiap pelanggan

Jumlah kanal total pada 1 BTS = 30 x 3 = 90 kanal

Berdasarkan perhitungan diatas untuk 1 BTS di Kota Malang terdiri dari 90 kanal dengan asumsi GOS 2%, maka kapasitas kanal yang dibutuhkan untuk 1 BTS adalah sebesar 78,31 Erlang (berdasarkan tabel Erlang B).

4.3.5 Prediksi NodeB

Setelah menghitung trafik pelanggan di Kota Malang dan kapasitas yang dibutuhkan untuk 1 BTS, maka untuk memprediksi jumlah *nodeB* di Kota Malang tahun 2020 yaitu dengan membagi antara 2 parameter tersebut. Pada tabel 4.11 menjelaskan kebutuhan BTS perkecamatan di Kota Malang pada tahun 2020

Tabel 4. 11 Prediksi Jumlah BTS di Kota Malang tahun 2020

No	Kecamatan	Trafik Pelanggan (Erlang)	Jumlah NodeB yang Dibutuhkan
		50 mErlang	
1	Kedungkandang	802	10
2	Sukun	786	10

3	Klojen	379	5
4	Blimbing	737	9
5	Lowokwaru	657	8
	Total	3.361	43

Perhitungan akan dijelaskan di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah BTS} &= \frac{\text{jumlah trafik pelanggan}}{\text{kapasitas kanal}} \\
 &= \frac{3.361 \text{ Erlang}}{78,31 \text{ Erlang}} \\
 &= 42,92 \\
 &= 43 \text{ BTS}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah BTS, maka BTS yang dibutuhkan di Kota Malang pada tahun 2020 sebesar 43 BTS.

4.4 Coverage Area

Coverage area pada suatu BTS berfungsi menunjukkan seberapa jauh area yang dapat menerima sinyal dari *provider*. Dengan mengetahui *coverage area* kita dapat memperkirakan berapa *nodeB* yang dibutuhkan dengan memperkirakan kapasitas kanal pada setiap *nodeB*.

4.4.1 Link budget dan Path Loss

Link budget dan *path loss* dihitung pada sisi *uplink* dan *downlink*. Dimana sisi *uplink* saat *user* menjadi *transmitter* dan *nodeB* menjadi *receiver*, sedangkan sisi *downlink* sebaliknya, *user* menjadi *receiver* dan *nodeB* menjadi *transmitter*. Dan data rate untuk *uplink* pada *link budget* ini adalah 64 kbps sedangkan untuk *downlink* adalah 1024 kbps. Berikut tabel untuk *link budget*.

Tabel 4. 12 Uplink Link Budget

No	Parameter	Nilai
<i>Transmitter-UE</i>		
A	<i>Max. TX power</i> (dBm)	23
B	<i>Tx antenna gain</i> (dBi)	0
C	<i>Tx Cable Loss</i> (dB)	0
D	<i>Tx Body loss</i> (dB)	3
E	EIRP (dBm) = A+B-C-D	20.0
<i>Receiver – nodeB</i>		
F	<i>NodeB noise figure</i> (dB)	2

G	<i>Thermal noise (dBm)</i>	-108,2
H	<i>Receiver noise floor (dBm) = F+G</i>	-106,2
I	<i>RX sensitivity (dBm) = H</i>	-106,2
J	<i>RX antenna gain (dBi)</i>	18
K	<i>Interference Margin (dB)</i>	3
L	<i>RX Cable loss (dB)</i>	2
M	<i>RX Body loss (dB)</i>	0
N	<i>Fast Fade Margin (dB)</i>	5
O	<i>Soft Handover gain (dB)</i>	3
<i>Maximum Path Loss =E-I+J-K-L-N+O (dB)</i>		137,2

Sumber : Holma Harry dan Antti Toskala, 2010

Tabel 4. 13 Downlink Link Budget

No	Parameter	Nilai
<i>Transmitter – nodeB</i>		
A	<i>Max. TX power (dBm)</i>	46
B	<i>Tx antenna gain (dBi)</i>	18
C	<i>Tx Body loss (dB)</i>	0
D	<i>TX Cable loss (dB)</i>	6
E	<i>EIRP (dBm)= A+B-D</i>	58
<i>Receiver – UE</i>		
F	<i>User Noise Figure (dB)</i>	7
G	<i>Thermal Noise (dB)</i>	-108,2
H	<i>Receiver noise floor (dBm) = F+G</i>	-101,2
I	<i>RX sensitivity (dBm)=H</i>	-101,2
F	<i>RX antenna gain (dBi)</i>	0
I	<i>Interference Margin (dB)</i>	5
J	<i>RX Cable loss (dB)</i>	0
K	<i>RX Body loss (dB)</i>	0
M	<i>Fast Fade Margin (dB)</i>	0
N	<i>Soft Handover gain (dB)</i>	0
<i>Maximum Path Loss =E-H-I (dB)</i>		154,2

Sumber : Holma Harry dan Antti Toskala, 2010

4.4.2 Cell Radius

Jaringan 3G bekerja pada frekuensi 1900 MHz, maka digunakan rumus *cell radius* okumura-hatta karena memiliki *range* frekuensi yang lebar. Morfologi area Kota Malang dikategorikan sebagai daerah urban tipe kota besar sehingga akan digunakan rumus *cell radius* untuk daerah urban dan untuk kota besar. Untuk *uplink* pada daerah urban, perhitungan *cell radius* dengan persamaan (2.6) pada BAB 2 adalah sebagai berikut.

Daerah Urban

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

Dimana :

$$f = 1900 \text{ MHz}$$

$$h_{BTS} = 30 \text{ m (rata-rata ketinggian pada daerah urban)}$$

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

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{ \log[11,75 (h_{ms})] \}^2 - 4,97 \text{ dB (untuk kota besar)}$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{ \log[11,75 (1,5)] \}^2 - 4,97 \text{ dB}$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{ \log 17,625 \}^2 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{ 1,246 \}^2 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = (3,2 \times 1,552) - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = 4,966 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = -0,0036$$

sehingga,

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

$$137,2 = 46,3 + 33,9 \log(1900) - 13,82 \log(30) + 0,0036 + [44,9 - 6,55 \log(30)] \log(r)$$

$$137,2 = 46,3 + 111,149 - 20,41 + 0,0036 + [44,9 - 9,675] \log(r)$$

$$137,2 = 137,043 + 35,225 \log(r)$$

$$0,157 = 35,225 \log(r)$$

$$\log(r) = 0,0044$$

$$r = 1,01 \text{ Km}$$

Untuk *downlink* pada daerah urban, perhitungan *cell radius* adalah sebagai berikut.

Daerah Urban

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

Dimana :

$$f = 1900 \text{ MHz}$$

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

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

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (h_{ms})]\}^2 - 4,97 \text{ dB (untuk kota besar)}$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (1,5)]\}^2 - 4,97 \text{ dB}$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{\log 17,625\}^2 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{1,246\}^2 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = (3,2 \times 1,552) - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = 4,966 - 4,97$$

$$a(h_{ms}) = -0,0036$$

sehingga,

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

$$154,2 = 46,3 + 33,9 \log(1900) - 13,82 \log(30) + 0,0036 + [44,9 - 6,55 \log(30)] \log(r)$$

$$154,2 = 46,3 + 111,149 - 20,41 + 0,0036 + [44,9 - 9,675] \log(r)$$

$$154,2 = 137,043 + 35,225 \log(r)$$

$$17,157 = 35,225 \log(r)$$

$$\log(r) = 0,487$$

$$r = 3,07 \text{ Km}$$

Menurut perhitungan *cell radius* okumura-hatta, maka *cell radius* yang digunakan di dalam *software* Arcgis adalah *radius cell* yang lebih kecil, yaitu 1,01 Km per *cell*

4.4.3 Coverage Area NodeB

Bentuk *cell* yang digunakan pada sistem seluler adalah bentuk segi enam. Luas sel dengan bentuk segi enam dapat dinyatakan dengan persamaan (2.14) BAB 2

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

$$\text{Coverage area} = \frac{3}{2} \sqrt{3} (1,01)^2 \text{ (Km}^2\text{)}$$

$$\text{Coverage area} = 2,21 \text{ (Km}^2\text{)}$$

Berdasarkan perhitungan segienam pada *coverage area*, maka *coverage area* yang dapat dilayani oleh satu *nodeB* adalah 2,21 km². Kebutuhan *nodeB* di Kota Malang jika dilihat dari total luas wilayah kota Malang 110,06 km², maka hanya membutuhkan 50 *nodeB* di kota Malang.

4.5 Perencanaan Lokasi *NodeB*

Perencanaan Lokasi *nodeB* menggunakan *software* ArcGIS, karena ArcGIS dapat menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya dalam bentuk peta. Berikut kebutuhan BTS di Kota Malang berdasarkan *capacity* dan *coverage*.

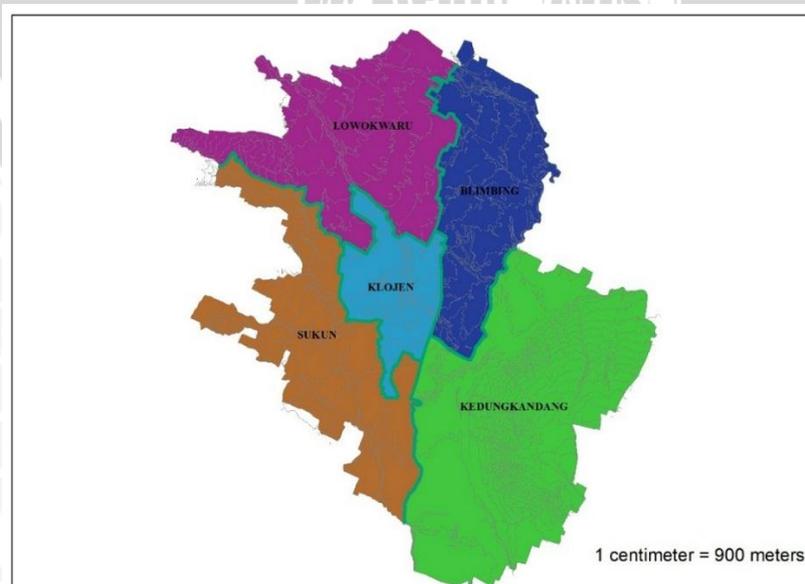
Tabel 4. 14 Jumlah kebutuhan BTS berdasarkan *coverage area* dan *capacity*

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah <i>NodeB</i>	
			Kapasitas Trafik	<i>Coverage Area</i>
1	Kedungkandang	39,89	10	18
2	Sukun	20,97	10	10
3	Klojen	8,83	5	4
4	Blimbing	17,77	9	8
5	Lowokwaru	22,60	8	10
	TOTAL	110,06	43	50

Berikut contoh perhitungan kebutuhan BTS berdasarkan *coverage area*.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{nodeB} \text{ di Kedungkandang} &= \frac{\text{Luas wilayah di Kedungkandang}}{\text{Coverage Area}} \\ &= \frac{39,89 \text{ KM}^2}{2,21 \text{ KM}^2} \\ &= 18 \text{ BTS} \end{aligned}$$

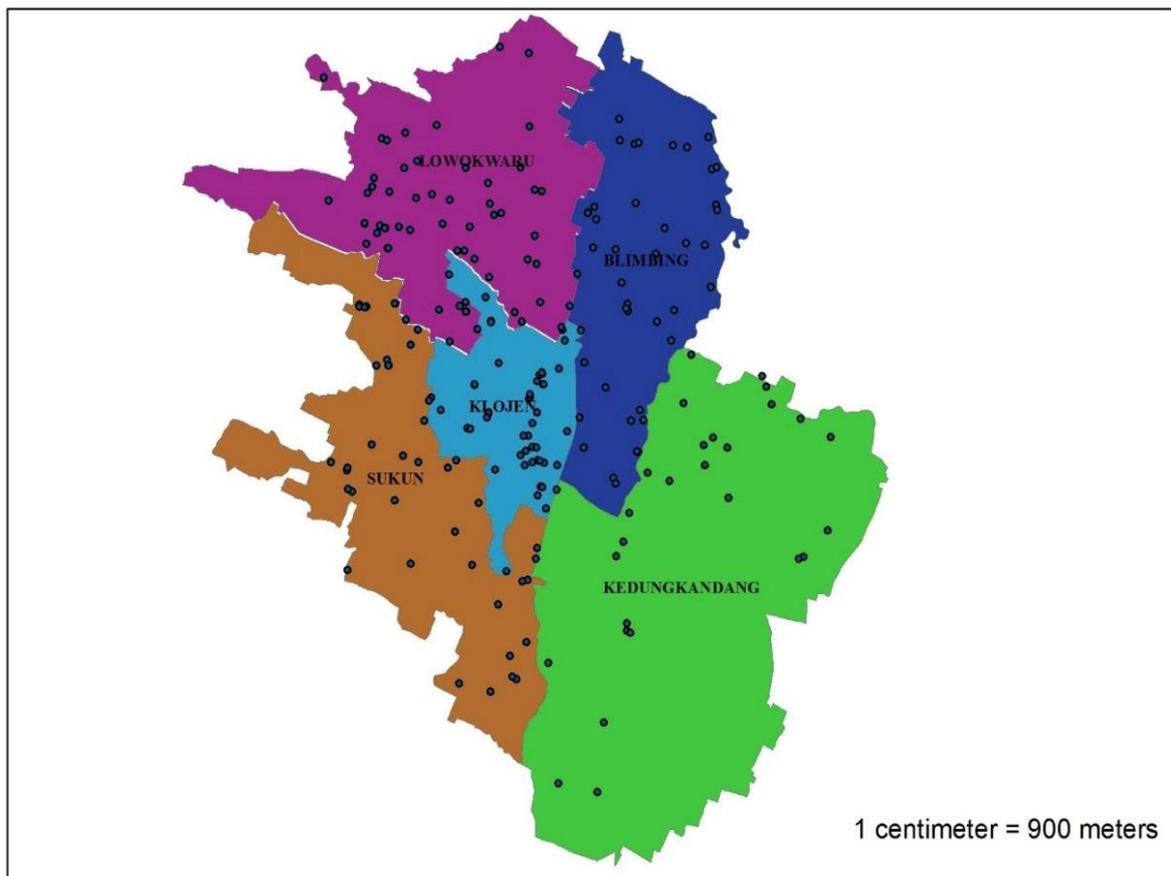
Penempatan *nodeB* disesuaikan berdasarkan kontur tanah di Kota Malang yang di bagi per 5 kecamatan. Berikut kontur tanah Kota Malang Yang dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Peta kontur kota Malang pada *Software* ArcGIS

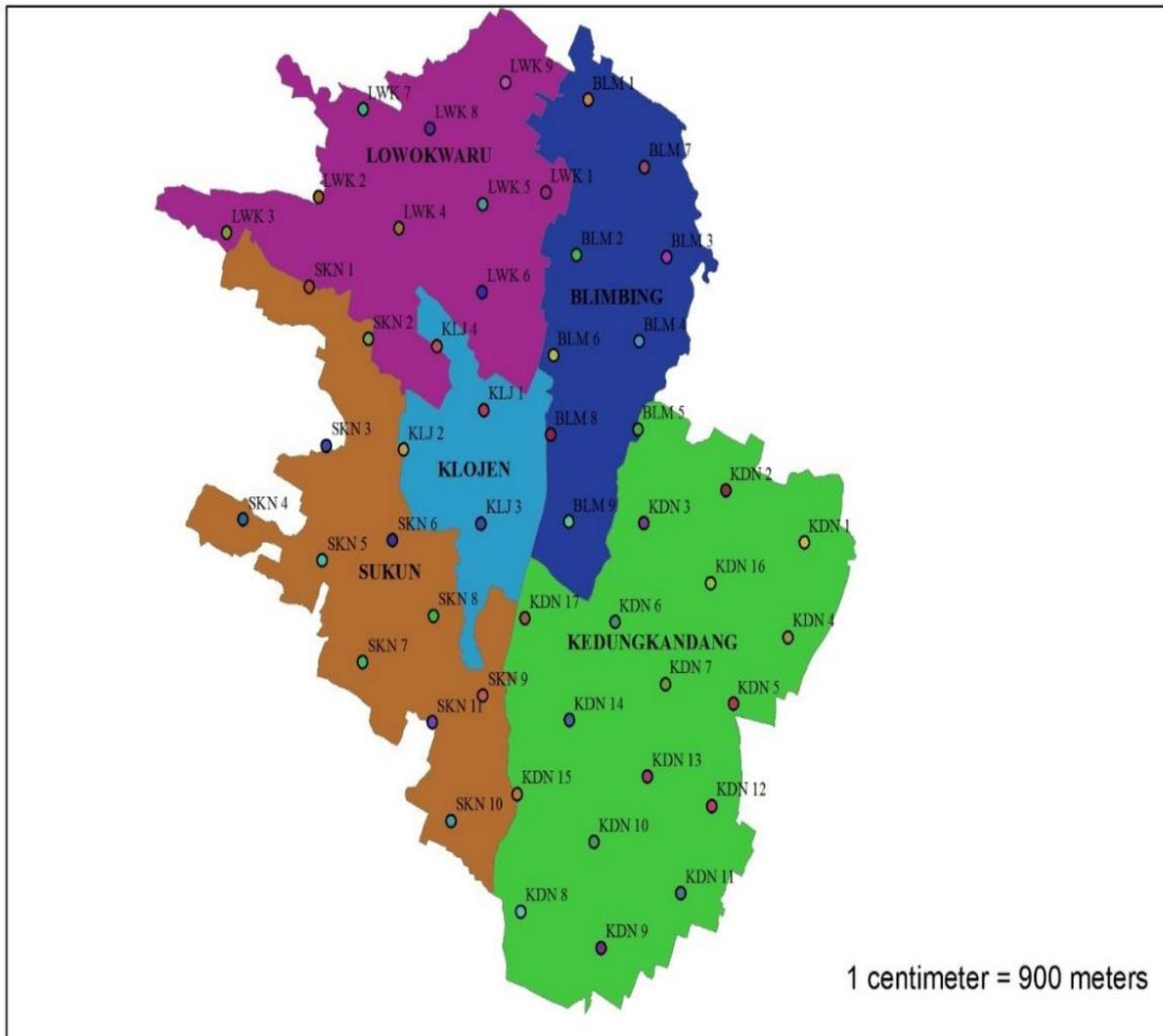
Untuk perencanaan lokasi *nodeB* dipertimbangkan berdasarkan kontur tanah Kota Malang dengan skala perbandingan 1cm = 900m. pada gambar 4.1 Kota Malang di bagi atas 5 kecamatan, Kedungkandang (berwarna hijau), Sukun (berwarna coklat), Klojen (berwarna biru muda), Lowokwaru (berwarna ungu), dan Blimbing (berwarna biru tua).

Pada gambar 4.2 di bawah menjelaskan menara *existing* yang berada di Kota Malang. Menara *existing* dijadikan referensi dalam perencanaan menara baru, jika menara *existing* tersebut tidak sesuai dengan peraturan kominfo dan maka dibuat menara baru yang dipertimbangkan berdasarkan kapasitas layanan *coverage area*.



Gambar 4. 2 Peta Menara *Existing* Kota Malang pada *Software* ArcGIS

Gambar 4.2 merupakan kondisi menara *existing* di Kota Malang. Dimana menara di Kota Malang sangat tidak beraturan, bahkan terdapat menara yang saling berdekatan satu sama lain. Sedangkan pada gambar 4.3 merupakan rekomendasi menara di Kota Malang yang terdiri dari 50 *cell site*.



Gambar 4. 3 Rekomendasi Letak *NodeB* di Kota Malang pada *Software ArcGIS*

Pada gambar 4.3 merupakan rekomendasi letak *nodeB* di Kota Malang tanpa *coverage area*. Rekomendasi tersebut dapat membangun menara baru yang sudah dipertimbangkan dengan kontur wilayah Kota Malang. Kepadatan penduduk pada setiap kecamatan berpengaruh terhadap penempatan BTS, semakin besar jumlah penduduk maka semakin banyak BTS yang dibutuhkan pada daerah tersebut. Gambar 4.3 menunjukkan lokasi *cell site* yang telah diberi nama setiap BTS nya, dimana lokasi pada setiap BTS diperoleh menggunakan *software Google Earth* yang telah *diconvert* pada *software ArcGIS* dapat dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4. 15 Rekomendasi Koordinat Lokasi *Node* Kota Malang

No	Nama BTS	Koordinat Lokasi
1	KDN 1	7° 59' 01,67" S 112° 41' 02,30" E
2	KDN 2	7° 58' 39,35" S 112° 40' 14,29" E

3	KDN 3	7° 58' 56,21" S 112° 39' 21,15" E
4	KDN 4	7° 59' 52,95" S 112° 40' 53,16" E
5	KDN 5	8° 00' 26,15" S 112° 40' 18,59" E
6	KDN 6	7° 59' 45,20" S 112° 39' 02,89" E
7	KDN 7	8° 00' 16,59" S 112° 39' 35,15" E
8	KDN 8	8° 02' 10,55" S 112° 38' 03,49" E
9	KDN 9	8° 02' 29,01" S 112° 38' 54,78" E
10	KDN 10	8° 01' 36,24" S 112° 38' 50,02" E
11	KDN 11	8° 02' 01,51" S 112° 39' 45,44" E
12	KDN 12	8° 01' 17,13" S 112° 40' 05,28" E
13	KDN 13	8° 01' 02,85" S 112° 39' 23,89" E
14	KDN 14	8° 00' 34,51" S 112° 38' 34,26" E
15	KDN 15	8° 01' 11,89" S 112° 38' 01,21" E
16	KDN 16	7° 59' 25,71" S 112° 38' 04,10" E
17	KDN 17	7° 59' 43,27" S 112° 38' 05,27" E
18	SKN 1	7° 56' 57,77" S 112° 35' 47,63" E
19	SKN 2	7° 57' 24,11" S 112° 36' 25,42" E
20	SKN 3	7° 58' 17,68" S 112° 35' 58,79" E
21	SKN 4	7° 58' 54,38" S 112° 35' 05,73" E
22	SKN 5	7° 59' 15,25" S 112° 35' 56,46" E
23	SKN 6	7° 59' 05,05" S 112° 36' 41,01" E
24	SKN 7	8° 00' 06,12" S 112° 36' 22,55" E
25	SKN 8	7° 59' 42,82" S 112° 37' 07,29" E
26	SKN 9	8° 00' 22,86" S 112° 37' 38,88" E
27	SKN 10	8° 01' 25,63" S 112° 37' 19,16" E
28	SKN 11	8° 00' 36,24" S 112° 37' 06,66" E
29	KLJ 1	7° 57' 57,48" S 112° 37' 38,91" E
30	KLJ 2	7° 58' 18,22" S 112° 36' 47,76" E
31	KLJ 3	7° 58' 55,20" S 112° 37' 37,04" E
32	KLJ 4	7° 57' 25,70" S 112° 37' 05,20" E
33	LWK 1	7° 56' 09,00" S 112° 38' 19,13" E
34	LWK 2	7° 56' 12,09" S 112° 35' 53,24" E

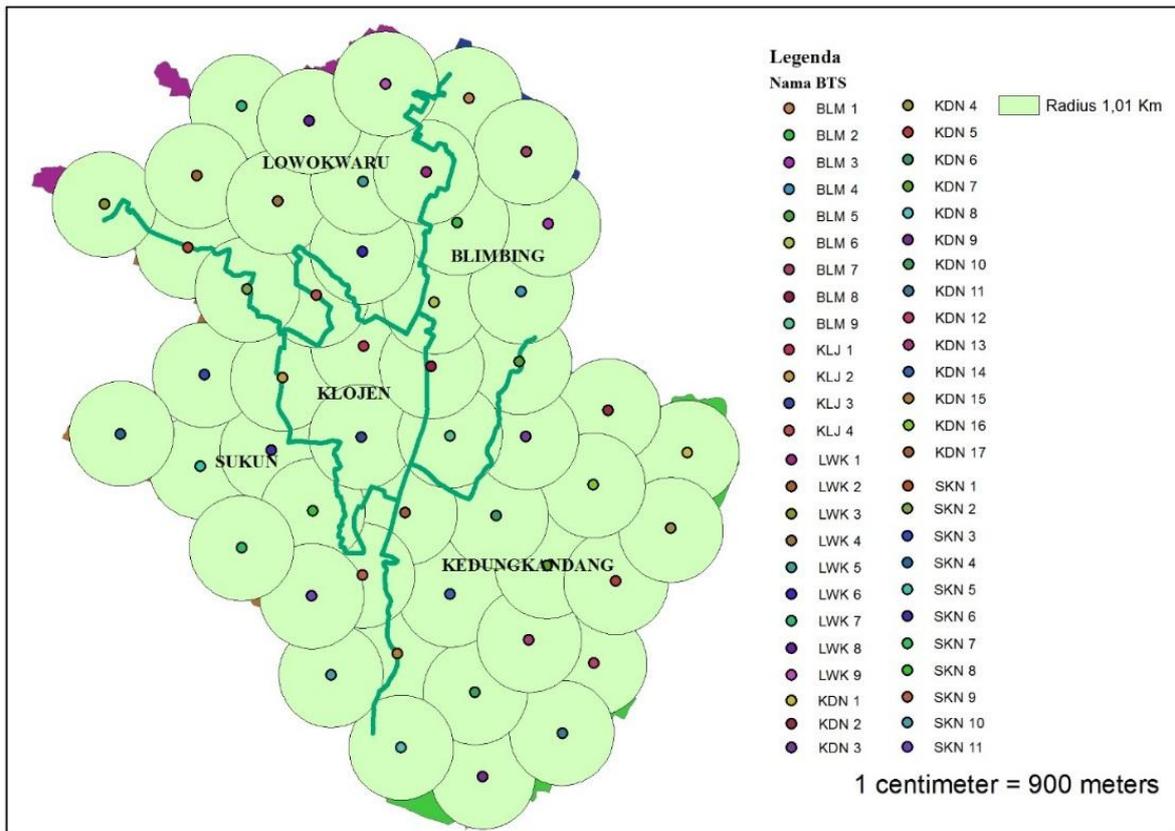
35	LWK 3	7° 56' 29,70" S	112° 34' 54,53" E
36	LWK 4	7° 56' 27,56" S	112° 36' 45,46" E
37	LWK 5	7° 56' 15,47" S	112° 37' 38,39" E
38	LWK 6	7° 57' 00,39" S	112° 37' 38,08" E
39	LWK 7	7° 55' 27,70" S	112° 36' 32,88" E
40	LWK 8	7° 57' 37,37" S	112° 37' 05,44" E
41	LWK 9	7° 55' 13,64" S	112° 37' 52,70" E
42	BLM 1	7° 55' 22,87" S	112° 38' 45,55" E
43	BLM 2	7° 56' 12,97" S	112° 35' 53,32" E
44	BLM 3	7° 56' 41,71" S	112° 39' 35,51" E
45	BLM 4	7° 57' 25,70" S	112° 37' 09,66" E
46	BLM 5	7° 58' 07,19" S	112° 39' 17,28" E
47	BLM 6	7° 57' 30,07" S	112° 38' 23,39" E
48	BLM 7	7° 55' 55,99" S	112° 39' 21,30" E
49	BLM 8	7° 58' 10,26" S	112° 38' 21,82" E
50	BLM 9	7° 58' 54,80" S	112° 38' 34,10" E

Keterangan:

KDN	= Kedungkandang
SKN	= Sukun
KLJ	= Klojen
LWK	= Lowokwaru
BLM	= Blimbing

Berdasarkan tabel diatas, untuk cara pembacaan pada koordinat lokasi sebagai berikut, 7° 58' 54,80" S 112° 38' 34,10" E (7 derajat, 58 menit, 54,80 detik Lintang Selatan dan 112 derajat 38 menit 34,10 detik Bujur Timur).

Dan untuk penempatan nodeB berserta coverage akan di tampilkan pada gambar 4.4 berikut dengan keterangannya.



Gambar 4. 4 Rekomendasi Letak *NodeB* beserta *coverage* pelayanannya di kota Malang pada *Software ArcGIS*

Pada gambar 4.4 merupakan perkiraan kebutuhan menara di Kota Malang pada tahun 2020 berdasarkan kapasitas perBTS dengan skala pelayanannya yang dapat di simpulkan bahwa kebutuhan BTS jaringan 3G Kota Malang pada tahun 2020 sebesar 50 *Cell Site* (BTS) dengan *coverage area* yang di layani yaitu 1,01 Km per *cell*.