

# MODUL PRAKTIKUM JARINGAN TELEKOMUNIKASI

LABORATORIUM  
TELEKOMUNIKASI

PRODI TEKNIK  
ELEKTRO

UNISSULA  
SEMARANG



Disusun

Oleh

**Ir. Budi Pramono Jati, MM.**



# JARINGAN TELEKOMUNIKASI

## 1. Tujuan

- a. Mahasiswa dapat menghitung dan mendesain pembangunan letak dan kapasitas dari BTS

## 2. Dasar Teori

Perangkat yang ada didalam Shelter site : BTS, Microwave indoor unit dan Rectifier system.ruangan ber-AC dg tujuan untuk menjaga suhu didalam ruangan pada suhu optimum (+20C) sehingga life time equipment akan terjaga

BTS biasanya dicatu dengan DC supply (-48 V), yang dihasilkan oleh Rectifier system. Rectifier system ini dilengkapi dengan battery yang akan memback-up system bila main PLN mati, biasanya back-up time berkisar antara 2 - 4 jam tergantung dari desainnya

pemandu gelombang (Wave Guiding) diaplikasikan ke jalur transmisi dalam 1 BTS, Pemandu Gelombang merupakan media solid (bukan udara) yang digunakan untuk mengantarkan gelombang microwave (RF). Penggunaan secara praktis (dilapangan), wave guide ini biasa juga disebut sebagai feeder. Wave Guide ini digunakan pada radio MW yang full indoor ==> biasanya untuk kapasitas transmisi yang besar, sampai dengan NxSTM-1 (dimana N=bilangan bulat, Sedangkan, untuk radio MW yang mempunyai kapasitas agak kecil, sampai 16x2 Mbps (16 E1), biasanya menggunakan radio MW indoor dan outdoor type. Nah, interface antara indoor unit (IDU) dan outdoor unit (ODU), biasanya menggunakan coaxial cable (IF cable), karena gelombang yang pancarkan dari IDU ke ODU adalah pada level IF. Dari ODU ke antenna, biasanya langsung menempel (untuk frek. lebih dari 10 GHz), jadi tidak dibutuhkan pemandu gelombang. Sedangkan untuk frek. 7 atau 8 GHz, dimana ODU dan antenna tidak menempel, digunakan low loss cable, untuk menghantarkan gelombang RF, dari ODU ke antenna. Meskipun demikian, tren yang ada saat ini, MW radio yang tidak full indoor type, sudah bisa mengakomodasi traffic sampai level STM-1.

Frekuensi mempengaruhi besarnya sel yang diinginkan, tetapi yang paling utama adalah faktor desain dari operator yang bersangkutan. Penentuan jarak antar BTS, itu dipengaruhi banyak hal. Diantaranya kepadatan pengguna pada area tsb atau jangkauan yang ingin dicapai oleh BTS tsb. Kedua hal tsb, sangat berlawanan. Bila kita ingin mendapatkan jangkauan yang luas untuk 1 BTS, maka jumlah pelanggan yang dilayani akan berkurang. Karena pada sistem GSM, tiap BTS sudah mempunyai alokasi frekuensi tersendiri, yang biasa disebut FA (frequency assignment). Karena tiap GSM

menganut sistem TDMA (time division Multiple Access), maka tiap frekuensi bisa dibagi-bagi dalam 8 time slot. Tiap time slot, hanya bisa diisi oleh 1 orang pelanggan, dalam 1 waktu. Pada tiap BTS, bisa dialokasikan beberapa frekuensi (FA), tergantung dari design networknya. Jadi, bila sang designer menginginkan jumlah pelanggan yang bisa dilayani dalam 1 daerah banyak, maka dia harus meletakkan banyak BTS dalam 1 daerah (coverage dari BTS tsb jadi sempit) ==> diaplikasikan dalam daerah perkotaan. Begitu juga sebaliknya, bila sang designer menginginkan coverage yang luas untuk tiap BTS, maka ia harus mengorbankan jumlah pelanggan dalam area tsb.

Sedangkan untuk CDMA, menggunakan sistem yang berbeda. Karena platform dari CDMA adalah spreadpectrum (menyebarkan informasi dalam suatu lebar spektrum tertentu), maka penentuan jumlah pelanggan didasarkan pada kemampuan dari mesin CDMA untuk membangkitkan kode-kode unik, yang akan membedakan masing-masing pelanggan. Jadi, semua pelanggan dalam area BTS tsb menggunakan frekuensi yang sama, tapi tiap-tiap pelanggan yang akan berkomunikasi dengan BTS tsb akan mempunyai kode unik, yang hanya bisa diidentifikasi oleh BTS tsb. Apakah ada batasan jumlah pelanggan dalam 1 BTS CDMA? Pasti ada. Karena penambahan jumlah pengguna dalam 1 area, akan meningkatkan error yang kemungkinan terjadi (teori CDMA dan spreadpektrum). Jadi, para operator CDMA tinggal menentukan maximum error yang diizinkan, dan jumlah pelanggan maksimum yang bisa dilayani oleh BTS CDMA akan mengikuti perhitungan tsb. Nah, ini dia yang menjelaskan mengapa kalau untuk CDMA, 1 BTS bisa mempunyai jarak yang sangat jauh, dengan BTS lain (terutama didaerah pedesaan).

### **3. Alat dan Bahan**

- a. PC atau Laptop
- b. Software Map Info

### **4. Langkah Kerja**

Bacalah dengan teliti bacaan di bawah ini dan pahami setiap perintahnya.

Data luas area dan jumlah penduduk ditiap kecamatan di Semarang adalah sbb:

KECAMATAN	LUAS (HA)	JUMLAH PENDUDUK				
		2002	2003	2004	2005	2006
Mijen	6,215.24	38,843	40,685	41,675	43,752	45,248
Gunung Pati	5,399.09	58,130	59,042	60,208	62,111	62,656
Banyumanik	2,513.06	106,834	111,527	113,651	111,738	113,573
Gajahmungkur	764.97	58,482	59,220	59,831	60,424	61,055
Semarang Selatan	848.05	84,103	84,878	85,178	85,704	85,778
Candisari	569.38	78,336	80,129	80,855	80,551	80,460
Tembalang	4,420.04	106,090	110,848	113,300	115,812	118,086
Pedurungan	2072	141,695	145,001	148,555	154,430	157,124
Genuk	2,738.44	63,904	67,442	69,323	72,204	74,658
Gayamsari	531.23	64,104	65,310	66,416	66,710	67,232
Semarang Timur	770.25	84,044	83,897	83,759	83,661	83,088
Semarang Utara	1,133.27	122,929	123,353	124,273	124,741	124,987
Semarang Tengah	605	76,810	76,424	76,156	77,248	75,164
Semarang Barat	2,386.57	148,753	150,496	152,957	155,354	156,284
Tugu	15,429.35	24,400	24,668	25,189	25,549	25,937
Ngaliyan	3,311.33	92,548	95,341	97,807	99,489	102,238
<b>TOTAL</b>	<b>49,707.27</b>	<b>1,350,005</b>	<b>1,378,261</b>	<b>1,399,133</b>	<b>1,419,478</b>	<b>1,433,568</b>

Dengan menggunakan Analisa Ordinary Least Squares (LOS) hitunglah prediksi jumlah penduduk tiap kecamatan di tahun : 2010, 2015, 2020, 2025, 2030. Dengan cara seperti contoh kecamatan Mijen sbb:

**Analisa Ordinary Least Squares (LOS)**

X	Y	x = X - X ave	y = Y - Y ave	xy	x <sup>2</sup>		
2002	38,843	-2	-3197.6	6,395	4		
2003	40,685	-1	-1355.6	1,356	1		
2004	41,675	0	-365.6	-	-		
2005	43,752	1	1711.4	1,711	1		
2006	45,248	2	3207.4	6,415	4		
<b>X ave</b>	<b>Y ave</b>	<b>Tot x</b>	<b>Tot y</b>	<b>Tot xy</b>	<b>Tot x<sup>2</sup></b>	<b>b = Tot xy / Tot x<sup>2</sup></b>	<b>a = Y ave - b X ave</b>
2004	42040.6	0	7.276E-12	15,877	10	1587.700	-3139710.2

X	Y=a+bX
2006	45,216.0
2010	51,566.8
2015	59,505.3
2020	67,443.8
2025	75,382.3
2030	83,320.8

KECAMATAN	JUMLAH PENDUDUK				
	2010	2015	2020	2025	2030
Mijen					
Gunung Pati					
Banyumanik					
Gajahmungkur					
Semarang Selatan					
Candisari					
Tembalang					
Pedurungan					
Genuk					
Gayamsari					
Semarang Timur					
Semarang Utara					
Semarang Tengah					
Semarang Barat					
Tugu					
Ngaliyan					
<b>TOTAL</b>					

Klasifikasi morphology suatu area diketahui adalah sbb :

No.	KLASIFIKASI	KERAPATANPENDUDUK (jiwa/Km <sup>2</sup> )	
		Minimum	Maksimum
1	Dense Urban	14,000	500,000
2	urban	7,500	13,999
3	suburban	250	7,499
4	rural	0	249

Pada tahun 2010 (sekarang) hitung kepadatan dan jenis morphology dari tiap area kecamatan, dimana 1Km<sup>2</sup> =100HA<sup>2</sup>, sbb:

KECAMATAN	LUAS (Km <sup>2</sup> )	2010		
		Jml Penduduk	Kepadatan	Morphology (DU/U/SU/R)
Mijen	62.15			
Gunung Pati	53.99			
Banyumanik	25.13			
Gajahmungkur	7.65			
Semarang Selatan	8.48			
Candisari	5.69			
Tembalang	44.20			
Pedurungan	20.72			
Genuk	27.38			
Gayamsari	5.31			
Semarang Timur	7.70			
Semarang Utara	11.33			
Semarang Tengah	6.05			
Semarang Barat	23.87			
Tugu	154.29			
Ngaliyan	33.11			

Jenis teknologi telekomunikasi selular yang saat ini dipakai adalah : GSM900 / GSM1800 / WCDMA1900 / CDMA800 / CDMA1900) untuk perhitungan link budget dan kapasitas, digunakan rumus sbb :

### URBAN AREA

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_B - C_H + [44.9 - 6.55 \log h_B] \log d$$

Small or Medium city :  $C_H = 0.8 + (1.1 \log f - 0.7) h_M - 1.56 \log f$

Large city :  $C_H = \begin{cases} 8.29 (\log(1.54h_M))^2 - 1.1, & \text{if } 150 \leq f \leq 200 \\ 3.2 (\log(11.75h_M))^2 - 4.97, & \text{if } 200 < f \leq 1500 \end{cases}$

### SUBURBAN AREA

$$L_{SU} = L_U - 2\left(\log \frac{f}{28}\right)^2 - 5.4$$

### OPEN AREA (RURAL)

$$L_O = L_U - 4.78 (\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94$$

- L = Propagation Loss. (decibel, dB)
- $h_B$  = Base Station Antenna Height. (meter, m)
- $h_M$  = Mobile Station Antenna Height. (meter, m)
- f = Frequency of Transmission. (Mega Hertz, MHz).
- $C_H$  = Antenna height correction factor
- d = Distance between the base and mobile stations. (kilometer, km).

Kapasitas CDMA

$$N_{User} = 1 + \frac{W/R}{E_b/N_0} \frac{\alpha}{(1+i)v}$$

dimana :

- N = jumlah pengguna per sel
- W = WCDMA chip rate (cps) = 3,84 Mcps
- R = bit rate pengguna (bps)
- $E_b/N_0$  = energi sinyal perbit/kerapatan spektral noise
- $\alpha$  = faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi oleh beban sel (50 – 100 %)
- i = interferensi co-channel sel lain terhadap sel sendiri
- v = faktor aktifitas pengguna

Kapasitas GSM = jumlah sektor x 8 (time slot)

Hitung reverse link budget CDMA/WCDMA dan GSM untuk tiap jenis morphologi, sbb:

**Reverse link budget CDMA / WCDMA**

No.	Parameter	Unit	Proses	Formula		Dense Urban	Urban	Suburban	Rural
1	Maximum Transmitter Power HP	dBm	input	a	23				
2	Maximum Transmitter Power HP	mW	Calc	$b=10^{(a/10)}$					
3	Transmitter Cable, connector and combiner losses	dB	input	c	0				
4	Transmitter Antenna Gain	dB	input	d	0				
5	Total Transmitter EIRP	dBm	Calc	$e=a+c+d$					
6	Receive Antenna Gain	dB	input	f	18				
7	Receiver Cable and Connector Losses	dB	input	g		3.21	3.41	3.61	3.81
8	Thermal Noise Density	dBm/Hz	input	h	-174				
9	Thermal Noise Density	mW/Hz	Calc	$i=10^{(h/10)}$					
10	information rate at full rate	Kbps	input	j	9.6				
11	information rate at full rate	dB*Hz	Calc	$k=10^{(j)/100000000}$					
12	Thermal Noise Floor	dBm	Calc	$l=h+k$					
13	Thermal Noise Floor	mW	Calc	$m=10^{(l/10)}$					
14	Receiver Noise Figure	dB	input	n	5				
15	Load-Percentage of Load Capacity	%	input	o	75				
16	Rise Over Thermal (Loading)	dB	input	p	6.02				
17	Required Eb/(No+Io) (Set Point)	dB	input	q	4.1				
18	Required Eb/(No+Io) Standard Deviation	dB	input	r	0.5				
19	Mean Eb/(No+Io)	dB	Calc	$s=\text{SQRT}((r)^2+(q)^2)$					
20	Receiver Sensitivity	dBm	Calc	$t=l+n+p+s$					
21	Confidence (Cell Edge)	%	input	u	90.0				
22	Log Normal Shadow Standard Deviation	dB	input	v	8.0				
23	Log Normal Shadow Margin	dB	input	w	10.3				
24	Handoff Gain	dB	input	x	4.1				
25	Head / Body Loss	dB	input	y	3.0				
26	Building Penetration Loss	dB	input	z		18.0	15.0	10.0	0.0
27	Max. Allowable Path Loss (MAPL)	dB	Calc	$aa=e-y-z-w+f-g+x-t$					

**Reverse link budget GSM**

No.	Parameter	Unit	Proses	Formula		Dense Urban	Urban	Suburban	Rural
1	Maximum Transmitter Power HP	dBm	input	a	29				
2	Maximum Transmitter Power HP	mW	Calc	$b=10^{(a/10)}$					
3	Transmitter Cable, connector and combiner losses	dB	input	c	0				
4	Transmitter Antenna Gain	dBi	input	d	0				
5	Total Transmitter EIRP	dBm	Calc	$e=a+c+d$					
6	Receive Antenna Gain	dBi	input	f	12				
7	Receiver Cable and Connector Losses	dB	input	g		3.21	3.41	3.61	3.81
8	Thermal Noise Density	dBm/Hz		h					
9	Thermal Noise Density	mW/Hz		i					
10	information rate at full rate	Kbps		j					
11	information rate at full rate	dB*Hz		k					
12	Thermal Noise Floor	dBm	Calc	$l=10*\log((1.38*10^{(-23)}*300000*200000))$					
13	Thermal Noise Floor	mW		m					
14	Receiver Noise Figure	dB	input	n	8				
15	Load-Percentage of Load Capacity	%		o					
16	Rise Over Thermal (Loading)	dB		p					
17	Required Eb/(No+Io) (Set Point)	dB		q					
18	Required Eb/(No+Io) Standard Deviation	dB		r					
19	Mean Eb/(No+Io)	dB	input	s	8				
20	Receiver Sensitivity	dBm	Calc	$t=l+s+n$					
21	Confidence (Cell Edge)	%		u					
22	Log Normal Shadow Standard Deviation	dB		v					
23	Log Normal Shadow Margin	dB	input	w	5				
24	Handoff Gain	dB	input	x	3				
25	Head / Body Loss	dB	input	y	3				
26	Building Penetration Loss	dB		z					
27	Max. Allowable Path Loss (MAPL)	dB	Calc	$aa=e-x-g-w+f-s-y$					

Berdasarkan olah link budget, dihitung jari-jari sel, luas sel dan jarak sel pada tiap jenis teknologi.

Jari-jari sel dicari dari : *Pathloss reverse link budget = Model propogasi (Hatta)*

Luas sel dicari dengan cara sbb :

$$\text{Luas sel} = 2.6 \times (\text{jari-jari})^2$$

Berdasarkan luas sel dan luas area kecamatan, dihitung jumlah sel di suatu kecamatan.

$$\text{Jumlah sel} = \text{luas area} / \text{luas sel}$$

Jarak antar sel dicari dengan cara sbb:

$$\text{Jarak Sel} = 2 \times [ \text{sqrt} \{ (\text{jari-jari})^2 - (\text{jari-jari}/2)^2 \} ]$$



No.	Parameter	Unit	Proses	Formula	Dense Urban	Urban	Suburban	Rural
1	fc (frequency center)	MHz	input	a				
2	Hb (BTS ant height)	m	input	b	30	45	55	65
3	Hm (MS ant height)	m	input	c				
4	C1		input	d				
5	C2		input	e				
6	Cf (faktor koreksi) Denseurban		input	f				
7	Cf (faktor koreksi) Suburban		Calc	$g = -2 * ([\log(a/28)]^2) - 5.4$				
8	Cf (faktor koreksi) Rural		Calc	$h = -4.78 * (\log(a)^2) + 18.33 * \log(a) - 35.94$				
9	b - a(Hm)		Calc	$i = d + e * \log(a) - 13.82 * \log(b)$				
10	a(Hm)		Calc	$j = (1.1 * \log(a) - 0.7) * c - (1.56 * \log(a) - 0.8)$				
11	b		Calc	$k = i - j$				
12	L		Calc	$l = a - k - f$				
13	m		Calc	$m = 44.9 - (6.55 * \log(b))$				
14	d (jari-jari sel)	Km	Calc	$n = 10^{(l/m)}$				
15	Jarak antar sell	Km	Calc	$o = 2 * \sqrt{n^2 - (n/2)^2}$				
16	Luas sell	Km <sup>2</sup>	Calc	$p = 2.6 * (n^2)$				

Berdasarkan jenis teknologi, dihitung kapasitas tiap sel dan kapasitas suatu area kecamatan.

Jumlah pelanggan tiap sell = Erlang sel (lihat tabel erlang GOS 5%) / erlang per user (27mE)

Parameter	Unit			CDMA 2000 1X 890	CDMA 1900	WCDMA 1900	GSM 900	GSM 1800
Chip rate (W)	cps	input	a					
Bit rate pengguna *	bps	input	b					
Eb/No (3 dB)		input	c					
Faktor koreksi daya		input	d					
beban sell			$e = 1 - (10^{-(0.1 * d)})$					
Interferensi co channel (i)			f					
Faktor aktifitas pengguna (v)			g					
Jml kanal per sel (60%) (ch) (trafik channel element)			$h = 1 + ((a/b)/c) * (e) / ((1+f) * g)$					
Jml kanal per sel (99.9%) (ch) (trafik channel element)			$i = 1 + ((a/b)/c) * (0.999) / ((1+f) * g)$					
Erlang sell GOS = 5% (lihat tabel)			j					
Erlang / subsc			k					
Maks pelanggan per carrier			$l = j/k$					

Jumlah carrier dicari dengan cara sbb :

Jumlah carrier = (jumlah penduduk x indeks penetrasi pasar) / (pelanggan per sel x jumlah sel).

Indeks penetrasi pasar ditetapkan 10%

Kecamatan	Jumlah Penduduk rata-rata	Luas Wilayah Km <sup>2</sup>	Kepadatan rata-rata	KLASIFIKASI WILAYAH	CDMA 1900		
					Jml sel	Subsc	Jml Carrier
Mijen							
Gunung Pati							
Banyumanik							
Gajahmungkur							
Semarang Selatan							
Candisari							
Tembalang							
Pedurungan							
Genuk							
Gayamsari							
Semarang Timur							
Semarang Utara							
Semarang Tengah							
Semarang Barat							
Tugu							
Ngaliyan							

Berdasarkan jumlah sel dan jarak antar sel, tentukan titik koordinat desain, arah antena, lebar antena, dengan autocad buat pola hexagonal untuk tiap kecamatan.

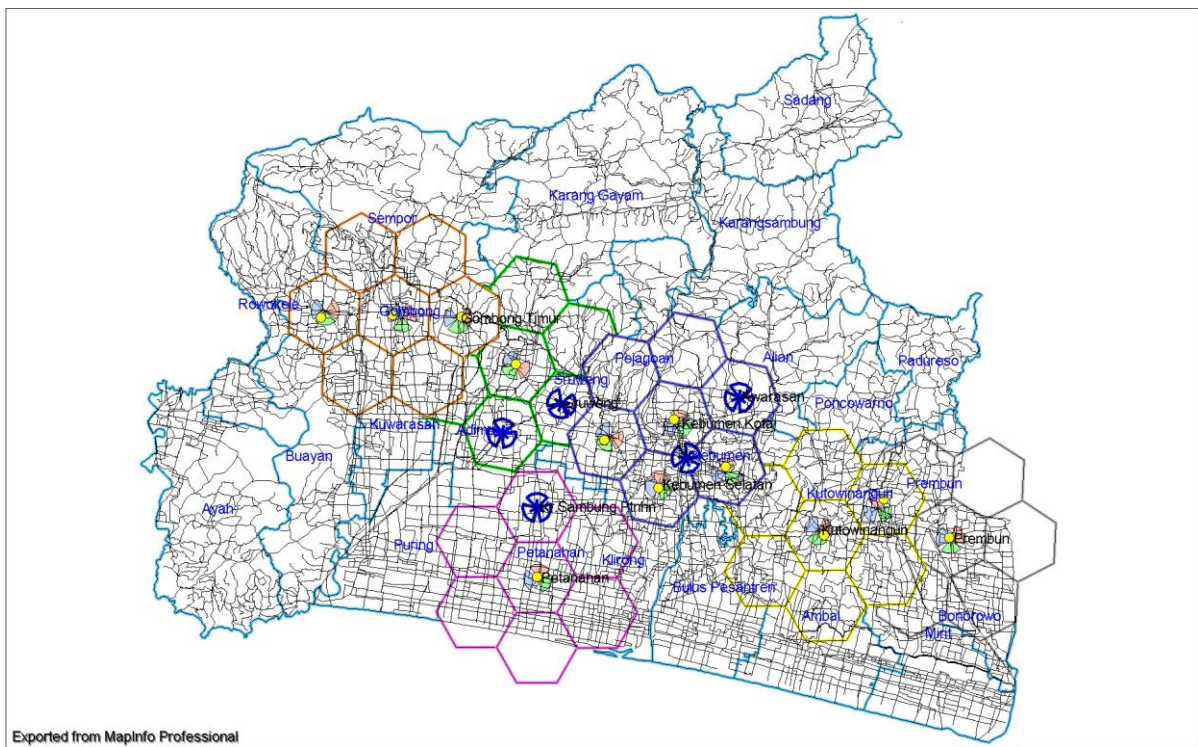
TABEL KOORDINAT

SITE NAME	LAT			LONG			LAT	LONG	sector#1	sector#2	sector#3
	-7	36	36	109	30	38					
Simpang Lima	-7	36	36	109	30	38	-7.610000000	109.510555556	0	120	240
Gombel	-7	36	40	109	32	47	-7.611111111	109.546388889	0	120	240

Buat tabel seperti contoh dibawah, save dalam bentuk txt

Simpang Lima	1	-7.61000000	109.51055556	0	90	60
Simpang Lima	2	-7.61000000	109.51055556	120	90	228
Simpang Lima	3	-7.61000000	109.51055556	240	90	396
Gombel	1	-7.61111111	109.54638889	0	90	60
Gombel	2	-7.61111111	109.54638889	120	90	228
Gombel	3	-7.61111111	109.54638889	240	90	396

Dengan mapinfo olah file txt diatas dengan tool cdma doc. Buka juga peta dasar, pola hexagonal. Contoh hasil olahan dengan mapinfo adalah sbb :



Analisa yang dilakukan baru untuk CDMA 1900 tahun 2010, lakukan analisa yang sama untuk tahun 2015, 2020, 2025, 2030.

Dapat dilakukan juga analisa untuk sistem teknologi selular yang lain (CDMA 800, GSM 900, GSM/DCS 1800) masing-masing untuk tahun 2010, 2015, 2020, 2025, 2030