

Estimasi *Signal to Interference Ratio* dan Daerah Cakupan Untuk *Single Frequency Network* Pada Siaran TV Digital (DVB-T)

Arief Budi Santiko

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
e-mail : ariefbudi.20@gmail.com

Deni Permana

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
e-mail : denny@ppet.lipi.go.id

Abstract

Digital TV broadcasting one frequency canal can carry on more than 10 TV station broadcast. In this paper describe how SFN(Single Frequency Network) system work with spread receiver node where determine power level that received node toward a few transmitter. The method that applied power level receiver be compared to incoming interference in receiver called S/I ratio (Signal to Interference Ratio). This estimate method also determine by some standard ETSI DVB-T comparison factor to reach QEF(Quasi Error Free) condition, comparator for transmitter signal good or bad. Determination of the maximum distance between transmitter 8.4 km derived from the specification of DVB-T 8K mode with guard interval 1/32. The results obtained in the test area of 20 Km x 20 Km at QEF 22.8dB covered 39%, QEF factor 19.3dB covered 53% and QEF 16.7 dB covered 82%. SFN design method the range of recipients who reach QEF area increased.

Keywords: Digital TV, SFN, QEF, Interference, S/I Ratio

Abstrak

Pada siaran TV Digital 1 kanal frekuensi dapat membawa lebih dari 10 siaran stasiun TV. Paper ini membahas bagaimana sistem SFN (Single Frequency Network) bekerja menyebarkan titik penerima menentukan level daya yang diterima satu penerima terhadap beberapa pemancar. Metode yang diterapkan estimasi S/I ratio (Signal to Interference Ratio) yaitu level daya Signal suatu penerima dibandingkan dengan Interference yang masuk pada penerima. Metode estimasi ini ditentukan juga dengan standard DVB-T ETSI yaitu faktor perbandingan untuk mencapai kondisi QEF(Quasi Error Free) perbandingan untuk sinyal penerima baik atau buruk. Penentuan jarak maksimum antar pemancar 8,4Km didapat dari spesifikasi mode 8K DVB-T dengan guard interval 1/32. Hasil yang didapatkan di area uji 20Km x 20Km pada QEF 22,8dB sebesar 39%, pada QEF 19,3dB tercakup 53% dan QEF 16,7 dB sebesar 82% tercakup. Perancangan dengan metode SFN ini hasil jangkauan area penerima yang mencapai QEF akan meningkat.

Kata Kunci: TV Digital, SFN, QEF, Interference, S/I ratio

1. Pendahuluan

Sistem penyiaran Indonesia akan beralih dari sistem penyiaran analog ke sistem digital. Mempercepat peralihan ke Siaran TV Digital di Indonesia perlu ditunjang sejumlah pemancar yang membentuk jaringan berfrekuensi sama atau SFN (single frequency network) sehingga daerah cakupan dapat diperluas. Perancangan letak pemancar TV Digital dengan melakukan analisa cakupan siaran berdasarkan pada sebaran titik uji penerima dengan menggunakan estimasi *Signal to Interference Ratio* (S/I Ratio). Mensimulasikan metode Pemancar SFN terhadap titik uji penerima (receiver) dengan acuan waktu *guard interval* apakah sinyal yang diterima oleh receiver sebagai sinyal utama atau sebagai pengganggu (interference). Pada paper ini daerah cakupan ditentukan dengan menetapkan faktor *Quasi Error Free* (QEF) yaitu batas level daya sebuah penerima dengan nilai 16,7 dB; 19,3 dB dan 22,8 dB yang dipilih merupakan kriteria nilai ketiga tertinggi daya pada modulasi 16QAM. Semakin tinggi *threshold* nilai daya maka nilai data rate akan meningkat diasumsikan lebar bandwidth yang sama.

Sisi penerima yang mencapai *threshold* QEF akan menerima siaran gambar dan suara dikategorikan *receiver on* sedangkan receiver yang tidak mencapai kondisi *threshold* QEF tidak akan menerima siaran gambar dan suara yaitu *receiver off*. Sistem kerja *threshold* QEF ini bersifat digital yang hanya dikategorikan kondisi Receiver On atau Off.

2. Sistem DVB-T

Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) merupakan salah satu standard dari Eropa untuk transmisi broadcast pada TV digital terrestrial. Siaran TV digital terrestrial memiliki sejumlah keunggulan dalam *content* gambar dan suara lebih jernih dibandingkan sistem siaran TV analog yang saat ini masih digunakan oleh stasiun-stasiun TV di Indonesia. Sistem siaran TV digital terrestrial mempunyai 2bagian standardisasi yaitu bagian I standard untuk *source coding* dan *multiplexing*, bagian II standard untuk *channel coding* dan *transmission*. Untuk Digital Video Broadcastng Terrestrial (DVB-T), standard bagian I untuk *source coding* menggunakan standard Moving Pictures Experts Group-2 (MPEG-2) dan

bagian II standard yang digunakan standard DVB-T yang berasal dari Eropa dengan transmisi COFDM. Pada Tabel 1 diperlihatkan spesifikasi durasi guard interval untuk DVB-T

Tabel 1. Spesifikasi Durasi Guard Interval

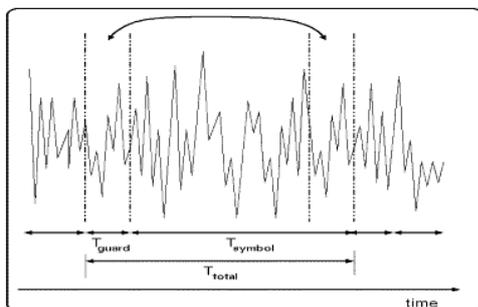
Guard Interval	Durasi Guard Interval	
	Mode 8k	Mode 2k
¼	224 µs	56 µs
1/8	112 µs	28 µs
1/16	56 µs	14 µs
1/32	28 µs	7 µs

2.1 Guard Interval

Pada sistem OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), sinyal didesain sedemikian rupa agar orthogonal, sehingga tidak ada distorsi pada jalur komunikasi yang menyebabkan ISI (intersymbol interference) dan ICI (intercarrier interference), maka setiap subchannel akan bisa dipisahkan stasiun penerima dengan menggunakan DFT. Pembatasan spektrum dari sinyal OFDM tidak selalu tepat, sehingga terjadi distorsi linear yang mengakibatkan energi pada tiap-tiap subchannel menyebar ke subchannel di sekitarnya, pada akhirnya ini akan menyebabkan interference antar simbol (ISI). Pendekatan yang relatif sering digunakan untuk memecahkan masalah ini adalah dengan menyisipkan guard interval (interval penghalang) pada Gambar 1 menunjukkan total waktu sebuah sinyal yang diterima oleh sebuah receiver dengan adanya guard Interval. Maka guard time dapat didefinisikan beda waktu (Δt) pada persamaan (1)

$$t_{max} = t_{total} - t_{symbol} \quad (1)$$

Standard DVB-T Eropa menetapkan bahwa Modulasi yang digunakan ditambah juga dengan Guard Interval (t_{max}) yang akan dijelaskan pada Gambar 1.[1]



Gambar 1. Total waktu dengan adanya Guard Interval.[1]

Guard Interval adalah kondisi nilai toleransi waktu maksimum (t_{max}) selisih kedatangan sinyal dipengaruhi oleh efek multipath.

Sistem transmitter TV Digital sinyal yang dipancarkan sampai ke penerima terdiri dari sejumlah komponen dari berbagai sumber refleksi disebut “sinyal multipath” dari arah yang berbeda serta tersebar

disebut juga diffracted signal. Kekuatan sinyal multipath yang sampai di penerima variasinya sebesar 30 dB dan maksimum 40 dB pada range frekuensi mobile communication.[2]

2.2 Friss Free Space Model

Model Friss free space dapat diterapkan pada telekomunikasi ruang bebas, yaitu jika tidak ada benda penghalang yang terlalu dekat dengan antena penerima dan antena pengirim. Pada kenyataannya, nilai eksponen (n) terhadap jarak (d) nilainya tergantung dari keadaan medan topografi pada suatu areal telekomunikasi. Oleh karena itu, dalam model log-distance pathloss daya penerima yang diterima ditunjukkan pada persamaan (2):

$$Pr_{(dBm)} = Pt_{(dBm)} - 10n \log d_{(meter)} \quad (2)$$

Nilai n menunjukkan eksponensial dari pathloss mengindikasikan seberapa besar rugi lintasan (pathloss) bertambah terhadap jarak diasumsikan distribusi merata dari nilai redaman pada area skala besar.[3]

Tim gabungan BPPT dan ITS telah melakukan pengukuran daya sinyal terima di berbagai titik di sekitar pemancar siaran TV digital di Jakarta dengan standard teknologi ETSI DVB-T. Setting parameter transmisi pada saat uji coba mempunyai karakteristik, daya pancar efektif sebesar 400 Watt, dengan modulasi OFDM 8K -16 QAM yang mempunyai konfigurasi code rate 7/8 dan guard interval 1/32 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Karakteristik Propagasi TV Digital, [4].

Jarak (KM)	C\N(dB)						
	5,4	8,4	11,2	14,2	16,7	19,3	22,8
1	100	99,99	99,96	99,87	99,68	99,25	97,96
2	99,66	99,12	98,05	95,87	92,87	88,29	79,52
3	97,54	94,94	90,97	84,67	77,75	69,18	56,29
4	92,66	87,13	79,99	70,41	61,37	51,59	38,93
5	85,57	77,35	68,01	56,93	47,55	38,30	27,47
6	77,33	67,27	56,90	45,69	36,93	28,85	20,02
7	68,89	57,87	47,36	36,78	29,01	22,19	15,08
8	60,86	49,57	39,48	29,88	23,15	17,45	11,69
9	53,54	42,47	33,08	24,54	18,76	14,00	9,31
10	47,04	36,50	27,92	20,39	15,45	11,45	7,57

Pengukuran efek penurunan daya terima sebagai fungsi jarak dan lingkungan menunjukkan penurunan daya yang sebanding dengan pangkat (n) 3,28 dari jarak dengan standard deviasi variasi redaman sebesar (σ) 8,12 dB. Pengukuran karakteristik propagasi juga mengacu pada Friss Free Space Model diperoleh regresi linier penurunan daya ditunjukkan persamaan (3). [4]

$$Pr_{(dBm)} = 40 - 10_n \log d_{(meter)} \quad (3)$$

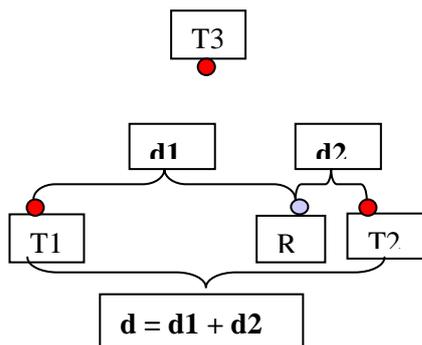
Penentuan area cakupan yang terbentuk juga memperhatikan parameter ETSI untuk melihat kualitas level daya penerima berdasarkan pada kondisi *QEF* yang memenuhi. Data didapatkan dari hasil simulasi perangkat lunak pemancar *SFN* terhadap besarnya cakupan berdasar pada nilai dari *QEF* titik uji penerima dengan memisahkan sinyal yang diterima, dikategorikan sebagai sinyal utama atau sinyal pengganggu.

3. Metode Penelitian SFN

Untuk melakukan analisis estimasi *S/I ratio* dan daerah cakupan *SFN* pada siaran TV Digital DVB-T dibutuhkan data – data antara lain jarak antar pemancar, pemodelan sistem pemancar dan daya yang diterima titik uji. Sistematika untuk mendapatkan data - data tersebut dilakukan perhitungan dan simulasi menggunakan software perangkat lunak.

3.1 Jarak antar Pemancar

Mencari jarak antar pemancar dilakukan perhitungan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Perencanaan jarak antar pemancar T1=Transmitter 1; T2=Transmitter2 ; T3 = Transmitter 3 dan R1= Receiver 1

Menentukan jarak maksimum antar pemancar dengan berfrekuensi sama sangat perlu karena jarak antar pemancar sangat berhubungan dengan panjangnya guard interval. Jarak antar pemancar sangat berpengaruh terhadap waktu kedatangan sinyal ke penerima, maka waktu kedatangan dibatasi dengan besar waktu guard interval yang diterapkan (t_{max}). Waktu kedatangan sinyal yang melebihi waktu guard interval akan menyebabkan *self interference*.

Agar waktu kedatangan sinyal tidak menyebabkan *self interference* maka perlu menerapkan jarak maksimum antar pemancar. Cepat rambat gelombang *high frequency* sama dengan cepat rambat cahaya dengan batasan bahwa gelombang merambat pada medium udara, tanpa *obstacle* (penghalang) dan tanpa pengaruh redaman hujan maka jarak maksimum antar pemancar bisa dihasilkan dengan mengalikan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dengan waktu maksimum. Mengacu standard ETSI DVB-T dan parameter alat ukur yang telah digunakan pada pengukuran TV-Digital di Jakarta

yaitu menggunakan OFDM 8k dan Guard Interval 1/32 maka Guard Time (t_{max}) adalah 28 micro second akan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (5).

$$t_{max} = \frac{d}{C} \quad (4)$$

$$d = c.t_{max} \quad (5)$$

$$d = 3 \times 10^8 . 28 \times 10^{-6}$$

$$d = 8400 \text{ meter}$$

$$d = 8,4 \text{ km}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan jarak antar pemancar yang ideal menyesuaikan dengan *guard interval* yaitu 8,4Km.

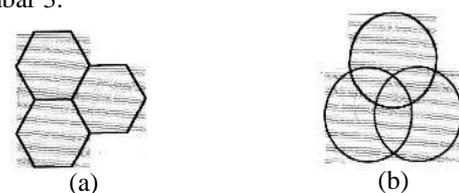
3.2 Pemodelan sistem Pemancar

Setelah didapatkan jarak antar pemancar akan dilakukan dengan pemodelan sistem pemancar menggunakan simulasi perangkat lunak. Pada Tabel 3 akan ditampilkan parameter – parameter yang digunakan pada sistem pemancar.

Tabel 3. Parameter sistem pemancar

Paramater	Spesifikasi
Pemancar(Tx)	7, hexagon
Jarak Tx	8.4 Km
Power Tx	400 W
DVB-T coderate	16-QAM 7/8
Mode 8k	1/32 (28 μ s)
C/N	16.4 dB, 19.2dB 22.8dB
Penerima(Rx)	400 penerima

Bentuk *hexagonal* dipilih sebagai bentuk pendekatan jaringan komunikasi bergerak, Jarak tertentu antar pusat poligonal dan jarak perimeter terjauhnya, hexagon memberikan coverage terluas ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Sel Hexagonal (a) dan Lingkaran (b), [5].

Perancangan dengan sel *hexagon* agar coverage dapat disambung tanpa saling *overlap* dan tidak baik daerah cakupan saling *overlap* seperti bentuk sel lingkaran karena akan menurunkan besarnya jangkauan.[5] Perancangan pada paper ini fokus pada 1 *hexagon* daerah cakupan dan pada array daerah 20 Km X 20 Km dengan titik uji sebanyak 400 penerima.

3.3 Penentuan Data Estimasi SIR

Pada tahap ini akan menampilkan plot estimasi daya dengan metode SIR (*Signal to Interference Ratio*), untuk menampilkan plot tersebut dibutuhkan data – data hasil algoritma perhitungan *SIR* menggunakan

simulasi perangkat lunak. Sebagai contoh perhitungan estimasi akan ditunjukkan sebagai berikut dengan mengacu pada persamaan (6).

$$\Delta t = \left(\frac{d_1 - d_2}{C} \right) \quad (6)$$

Memasukkan nilai $d_1 = 8000$ meter dan d_2 dianggap bernilai 0 (nol) akan didapatkan nilai $\Delta t = 2.66 \times 10^{-5}$ sekon dengan perbandingan jika nilai $d_1 = 2000$ meter dan d_2 dianggap bernilai 0(nol) akan didapatkan nilai $\Delta t = 1 \times 10^{-5}$ sekon. Melihat contoh tersebut semakin jauh jarak antara pemancar dan receiver maka semakin besar waktu yang diperlukan sebuah sinyal untuk diterima receiver.

Setelah mendapatkan Δt setiap titik receiver terhadap 7 pemancar bandingkan dengan menggunakan t_{guard} adalah 28 micro second menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8).

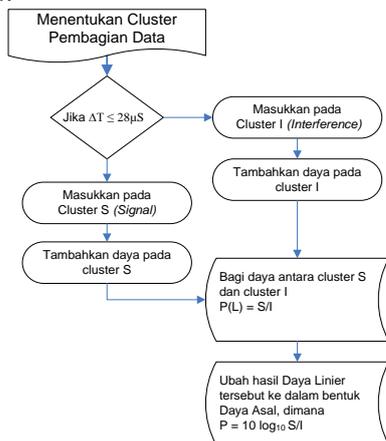
$$\Delta t \leq \text{Guard Interval maka dianggap S (Signal)} \quad (7)$$

$$\Delta t \geq \text{Guard Interval maka dianggap I (Interference)} \quad (8)$$

3.4 Menghitung Daya yang diterima Titik Uji

Daya yang diterima oleh suatu titik uji didapatkan dari ke tujuh pemancar. Setelah dihasilkan jarak terhadap 7 pemancar pada masing-masing titik uji penerima. Hitung Daya yang diterima suatu titik terhadap 7 pemancar menggunakan persamaan (3).

Agar daya pada titik uji penerima metode *Friss Free Space Loss* bisa dibandingkan dengan sistem *ratio* maka daya tersebut perlu diubah kedalam bentuk linier $P(L)$ menggunakan persamaan (9) juga dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan dengan Guard Interval

$$P(L) = 10^{(P/10)} \quad (9)$$

Pada suatu titik Uji penerima akan didapatkan Daya Linier $P(L)$ dari ketujuh pemancar pada persamaan (10) yang telah dimodelkan dengan software simulasi. [6]

$$P_1(\text{receiver}) = \frac{\sum P_1(\text{signal})}{\sum P_1(\text{interference})} \quad (10)$$

Besarnya power receiver dalam bentuk rasio perbandingan akan diubah kedalam nilai power sebenarnya menggunakan persamaan (11).

$$P = 10 \text{Log}_{10} \frac{S}{I} \quad (11)$$

Setelah mendapatkan plot hasil daya (P) pada 400 titik uji penerima maka akan ditentukan *receiver* yang mencapai kondisi *QEF* mengacu parameter-parameter ETSI DVB-T untuk melihat kualitas level daya penerima berdasarkan pada kondisi *QEF* yang memenuhi.

4. Hasil dan Diskusi

Pada tabel 4 akan diperlihatkan sampel dari data hasil simulasi selisih waktu dengan jarak antar pemancar 8,4 Km pada titik receiver. Waktu minimum kedatangan sinyal digunakan sebagai batasan waktu terbaik pada sebuah penerima terhadap ketujuh pemancar. Menggunakan acuan T_{min} pada setiap penerima sebagai informasi awal T_{symbol} hanya satu decoder penerima, untuk menentukan besarnya *Self-Interference* ditunjukkan persamaan (12).

$$t = t(n) - t(\min) \quad (12)$$

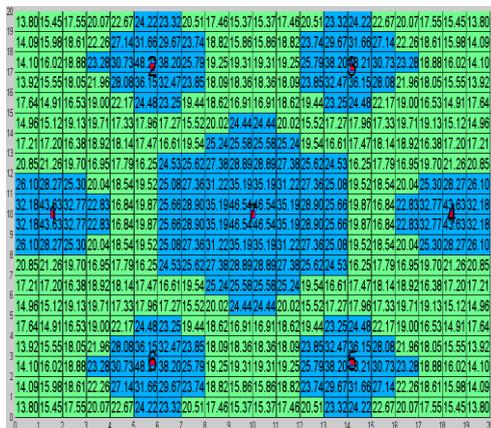
Setelah mendapatkan T_{signal} setelah itu dikelompokkan termasuk *Signal* atau *Interference*. Berdasarkan perhitungan sistem diatas didapat hasil plot level daya *receiver* pemodelan *SFN* menggunakan simulasi perangkat lunak matlab. Keterangan gambar untuk yang memenuhi *QEF* berwarna biru sedangkan yang tidak memenuhi *QEF* berwarna hijau.

4.1 Daerah Kerja pemancar dengan QEF 22.8dB

Pada Gambar 5 akan menampilkan cakupan *SFN* dengan jarak antar pemancar 8,4 km dengan nilai *QEF* 22,8dB dan parameter modulasi yang digunakan 16QAM dengan *code rate* 7/8.

Tabel 4. Implementasi Guard Interval 28 micro second untuk Cluster

	Pemancar	D (meter)	t (second)	t min (second)	$t = t_{(n)} - t \text{ min}$	S	I
Penerima 1	1	9020	3.01E-05		1.31E-05	1	2
	2	16968	5.66E-05		3.96E-05	5	3
	3	20955	6.98E-05		5.28E-05	6	4
	4	19590	6.53E-05		4.83E-05	7	
	5	13312	4.44E-05		2.74E-05		
	6	5100.7	1.70E-05	1.70E-05	0		
	7	12728	4.24E-05		2.54E-05		
Penerima no.357	1	17463	5.82E-05		4.49E-05	2	1
	2	12266	4.09E-05		2.75E-05	3	5
	3	4008.1	1.34E-05	1.34E-05	0	4	6
	4	6013.3	2.00E-05		6.68E-06	7	
	5	13808	4.60E-05		3.27E-05		
	6	18029	6.01E-05		4.67E-05		
	7	10004	3.33E-05		2.00E-05		
Penerima no.193	1	8919.6	2.97E-05		1.97E-05	1	
	2	5992.7	2.00E-05		9.98E-06	2	
	3	5992.7	2.00E-05		9.98E-06	3	
	4	8919.6	2.97E-05		1.97E-05	4	
	5	11100	3.70E-05		2.70E-05	5	
	6	11100	3.70E-05		2.70E-05	6	
	7	3000	1.00E-05	1.00E-05	0	7	

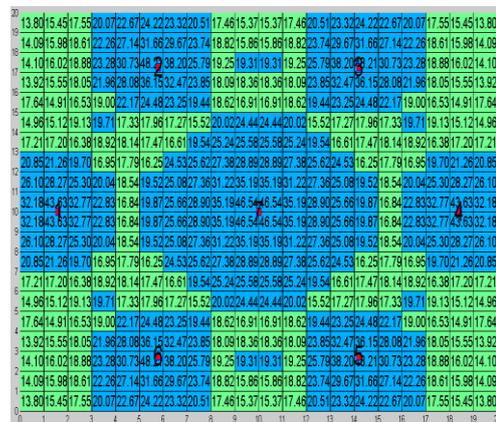


Gambar 5. Daerah kerja Jarak Pemancar SFN 8,4 Km, QEF 22,8dB

Besarnya daerah cakupan keseluruhan pada area 20Km X 20 Km adalah 39% memenuhi QEF penerima.

4.2 Daerah Kerja pemancar dengan QEF 19.3 dB

Daerah cakupan 20Km x 20 Km QEF 19,3 dB sebesar 56% pada Gambar 6.

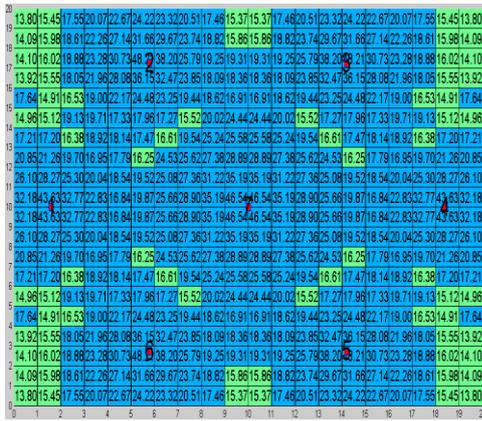


Gambar 6. Daerah kerja Jarak Pemancar SFN 8,4 Km, QEF 19,3 dB

Hasilnya meningkat terhadap QEF 22,8dB karena level daya *threshold* QEF pada penerima diturunkan sebesar 3,5dB dan parameter modulasi yang digunakan menjadi 16QAM dengan *code rate* 5/6.

4.3 Daerah Kerja pemancar dengan QEF 16.7 dB

Besarnya daerah cakupan 20Km x 20Km pada QEF 16,7dB sebesar 82% pada Gambar 7



Gambar 7. Daerah kerja Jarak Pemancar SFN 8,4 Km, QEF 16,7 dB

Hasilnya meningkat terhadap QEF 19,3dB karena level daya *threshold* QEF pada penerima diturunkan sebesar 2,6dB dan parameter modulasi yang digunakan menjadi 16QAM dengan *code rate* 3/4.

5. Hasil dan Pembahasan

Metode simulasi SFN sebuah titik Receiver dapat memperoleh semua daya dari semua pemancar tanpa adanya *Interference*. Model cakupan pada SFN yaitu penambahan sinyal dapat memperbaiki level sinyal pada penerima sehingga kondisi QEF yang telah ditetapkan dapat tercapai. Faktor QEF dapat tercapai apabila penerima didaerah ke tujuh pemancar faktor *Interference* sedikit, *Interference* dapat terjadi apabila waktu kedatangan sinyal menuju titik uji penerima lebih lambat terhadap waktu *guard interval*. Untuk mencapai daerah cakupan yang lebih besar, nilai kondisi *threshold* QEF diturunkan pada penerima dengan cara merubah sistem modulasi di sisi Pemancar dan penerima. Melalui metode *SI Ratio* ini didapatkan acuan pengembangan TV digital Indonesia bahwa batas tertinggi modulasi pemancar yang digunakan adalah modulasi 16 QAM *code rate* 3/4 mempunyai daya QEF pada *receiver* 16,7 dB berdasarkan pengukuran karakteristik propagasi kota Jakarta.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih Penulis sampaikan pada rekan-rekan peneliti dan teknisi yang telah memberikan bantuan berupa koreksi dan diskusi untuk melengkapi dan menyelesaikan tulisan ini.

7. Daftar Pustaka

- [1] Savo Glisic, *Advanced Wireless Communications 4G Technologies*, John Wiley & Sons Ltd, Finland, 2004
- [2] Rappaport, Theodore S., *Wireless Communications - Principles & Practice*, IEEE Press, 1996, pp 71.
- [3] Rappaport, T. S.: *Wireless communications principles and practice*, 2nd edition, Prentice-Hall, ISBN: 0-13-042232-0, 1996, 2002
- [4] Gunawan Arif, *Karakteristik Propagasi radio untuk system penyiaran TV Digital Terrestrial di Lingkungan Urban*, Tugas Akhir, FTI-Teknik Elektro, ITS, 2007
- [5] Sisyawan Pravi, *International Mobile Telecommunication - 2000 (IMT-2000) sebagai Layanan Komunikasi Bergerak Generasi Ketiga* Tugas Akhir, FTI- Teknik Elektro, Universitas Trisakti, 2006
- [6] L.Agnes, Z.Jens, "Minimal Cost Coverage Planning For Single Frequency Networks", Member, *IEEE Trans on Broadcasting*, Vol. 45, No.1, PP 78-87, Mar 1999.