

Optimalisasi *Network Gain* Jaringan Digital melalui Pemanfaatan Kombinasi SFN dan MFN di Pulau Jawa dengan Metode Monte Carlo

Novita Purwaningsih, Endroyono¹, dan Gatot Kusrahardjo²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief rahman Hakim, Surabaya 60111

email : endroyono@ee.its.ac.id¹, gatot@ee.its.ac.id²

Abstrak-Teknologi penyiaran analog saat ini mulai ditinggalkan. Indonesia saat ini sedang melakukan proses transisi untuk berpindah ke tv digital dengan standart DVB-T2 dan merencanakan analog *switch off* pada tahun 2018. Banyaknya jumlah pemancar, coverage kurang besar, dan persen *coverage* yang rendah merupakan indikator dari *network gain* yang kurang optimal. Pada tugas akhir ini dilakukan optimalisasi *network gain* tujuannya adalah agar *coverage* pemancar lebih optimal, persen *coverage* meningkat, dan bisa mengurangi jumlah pemancar sehingga menghemat biaya implementasi. Untuk optimalisasi *network gain* digunakan metode monte carlo dengan cara melakukan proses selection atau *combine* pada daerah yang menerima sinyal lebih dari satu. Dari simulasi yang telah dilakukan, optimasi dengan metode monte carlo menunjukkan hasil persentase *coverage* yang paling bagus yaitu 71,96% dan yang paling buruk zona 7 yaitu 58,81% untuk skala nasional zona 4. Jumlah pemancar dapat dikurangi sebanyak 3 pemancar dari total 33 pemancar yang ada, pemancar yang dapat dihilangkan adalah pemancar di kota Magelang di zona 6 dan Sumedang dan Majalengka di zona 5. Nilai rata-rata persen *coverage* di seluruh zona adalah 52,7% dan hasil optimalisasi telah melampaui nilai rata-rata yaitu 64,35%.

Kata Kunci : SFN, MFN, Monte Carlo, *network gain*.

I. PENDAHULUAN

FREKUENSI merupakan sumber daya alam yang terbatas oleh karena itu harus dimanfaatkan dengan optimal. Maka perlu dilakukan penghematan frekuensi salah satu caranya adalah dengan menggunakan SFN (*Single Frekuensi Network*). Saat ini indonesia tengah menghadapi masa transisi ke televisi digital dengan standart DVB-T2 (*Digital Video Broadcasting second generation Terrestrial*). Proses transisi tersebut harus benar-benar dirancang dan direncanakan dengan matang agar jaringan yang telah terbentuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Untuk melakukan penghematan frekuensi dapat dengan memanfaatkan kombinasi SFN dan MFN. Alasan perlunya migrasi ke digital adalah untuk meningkatkan kualitas layanan, efisiensi penggunaan spektrum frekuensi, dan perangkat yang sudah mulai tidak diproduksi oleh pabrik.

Penggunaan frekuensi yang belum optimal dan penggunaan daya yang besar pada siaran televisi analog merupakan masalah yang harus ditangani agar frekuensi

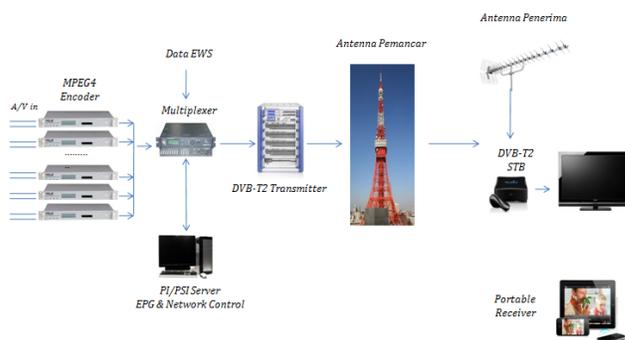
dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan yang lain. Televisi digital merupakan cara untuk mengatasinya yaitu dengan menggunakan SFN, MFN, atau kombinasi keduanya agar penggunaan frekuensi lebih optimal dan beroperasi pada daya rendah. Pada tugas akhir ini akan digunakan metode monte carlo untuk melakukan optimalisasi *network gain*. *Network gain* merupakan suatu keuntungan yang diperoleh dari implementasi jaringan. *Network gain* dapat berupa *coverage* pemancar, pengurangan jumlah pemancar, berkurangnya delay, dan sebagainya.

Proses optimalisasi diharapkan mampu membuat *coverage* pemancar lebih optimal dan dapat mengurangi jumlah pemancar. Jumlah pemancar yang sedikit tentunya akan memangkas biaya implementasi.

II. LANDASAN TEORI

A. TV Digital

Ada beberapa standart tv digital di dunia diantaranya adalah ISDB, ATSC, DMB, dan DVB. TV digital mampu memberikan kualitas yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan TV analog. Pada awalnya indonesia menggunakan standart DVB-T, kemudian indonesia melakukan perubahan standart menjadi DVB-T2. Hal ini di dasarkan pada Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika nomor 05/PER/ M.KOMINFO/2/2012 standart tv digital yang digunakan di indonesia adalah DVB-T2. DVB-T2 merupakan perkembangan dari DVB-T. DVB-T2 mempunyai sistem yang lebih yang lebih kompleks, tetapi DVB-T2 mempunyai ketahanan yang lebih tinggi terhadap gangguan.



Gambar 1. Arsitektur DVB-T2

Gambar 1 merupakan arsitektur DVB-T2, input yang berupa MPEG4 akan di *multiplex* sebelum melalui *transmitter* DVB-T2, user dapat menerima siaran jika user mempunyai set top box DVB-T2. Dengan adanya proses *multiplex* maka 1 pemancar dapat berisi lebih dari 1 konten.

B. SFN dan MFN

Jaringan penyiaran tv digital dapat berupa SFN maupun MFN. SFN(Single Frequency Network) merupakan jaringan penyiaran digital yang menggunakan 1 frekuensi pada beberapa pemancar. MFN (*Multi Frequency Network*) merupakan jaringan penyiaran analog maupun digital yang menggunakan frekuensi berbeda pada tiap pemancar.



Gambar 2. Ilustrasi Jaringan SFN dan MFN

Salah satu keuntungan dari penggunaan SFN adalah penghematan frekuensi. Tidak hanya keuntungannya dalam penghematan frekuensi saja yang perlu diperhatikan, tetapi perlu memperhatikan hal teknis lainnya seperti frekuensi yang dan delay. Dalam implementasi SFN frekuensi yang digunakan harus benar-benar sama, dan harus diusahakan nilai delay sekecil mungkin. Hal ini dikarenakan jika nilai delay terlalu besar sinyal yang datang juga tidak akan bisa diterima dengan baik.

C. Link Budget

Link budget merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui *path loss* pada *link broadcast* maupun komunikasi. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menghitung *link budget*, misalnya Walfish Ikegami, Okumura Hata, Cost-231, dan sebagainya. Pada tugas akhir digunakan metode Okumura Hata dengan pertimbangan range frekuensi, jenis daerah, dan jarak.

Pathloss suatu *link* dapat diketahui dengan rumus Okumura Hata[1],

$$L = A + B \log(d) \tag{1}$$

dimana A dan B bergantung pada frekuensi dan tinggi antenna, baik antenna pemancar maupun antenna penerima.

$$A = 69.55 + 26.16 \log(f \vartheta) - 13.82 \log(ht \chi) - ahr x \tag{2}$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(hr \chi) \tag{3}$$

dimana :

- fc* = frekuensi pembawa (MHz)
- htx* = tinggi antenna pemancar (meter)
- hrx* = tinggi antenna penerima (meter)
- d* = jarak (Km)
- L* = *pathloss* (dB)

a(hrx) = factor koreksi.

Nilai faktor koreksi bergantung pada jenis daerahnya, berikut merupakan klasifikasinya:

► Metropolitan

$$a(hr \chi) = \begin{cases} 8.29(\log(1.54hr \chi)^2 - 1.1) & \text{u n t u k } \leq 200\text{Mhz} \\ 3.2(\log(11.75hr \chi)^2 - 4.79) & \text{u n t u k } \geq 400\text{Mhz} \end{cases} \tag{4}$$

► Urban

$$a(hr \chi) = (1.1 \log(f \vartheta - 0.7))hr x - (1.56 \log(f \vartheta - 0.8)) \tag{5}$$

► Suburban

$$a(hr \chi) = 2(\log(f \vartheta / 28))^2 + 5.4 \tag{6}$$

► Rural

$$a(hr \chi) = 4.78(\log f)^2 - 18.33 \log(f \vartheta) + 40.94 \tag{7}$$

Dari rumus okumura hata tersebut bisa diketahui jarak pemancar ke penerima. Untuk perhitungan link budget digunakan nilai sensitivitas penerima -85 dBm. Sensitivitas penerima ini merupakan daya minimal yang dapat diterima oleh penerima. Jarak pemancar ke penirima dapat dicari dengan persamaan 8,

$$\text{Jari-jari sel} = 10^{(loss - A) / B} \tag{8}$$

Jika telah mengetahui jari-jari sel maka langkah selanjutnya adalah mengetahui level daya terima pada persamaan 9,

$$Pr = ERP + Grx - (Loss + margin) \tag{9}$$

Dimana :

- ERP = daya yang dipancarkan antenna
- Grx = gain antenna penerima
- Loss = nilai rugi-rugi
- Margin = nilai yang ditambahkan untuk mengantisipasi rugi-rugi tambahan.

Nilai margin yang digunakan disini adalah 10dB. Nilai tersebut merupakan syarat CNR minimal yang digunakan untuk sistem DVB-T2. Pada perhitungan jari-jari sel tidak dipergunakan nilai margin dengan tujuan agar didapatkan hasil jari-jari yang maksimal.

D. MONTE CARLO

Metode monte carlo digunakan untuk memprediksi kemungkinan hasil tertentu dengan melakukan beberapa kali percobaan. Dapat dilakukan dengan cara melakukan pengambilan data kuat medan pada 2 wilayah dan dibandingkan agar didapat hasil yang maksimal. Metode ini mengacu pada referensi nomor[1].

Untuk simulasi dapat dilakukan dengan mengambil nilai kuat medan masing-masing sinyal yang diinginkan serta kuat medan sinyal pengganggu yang diperoleh dari hasil perhitungan *link budget*. Untuk masing-masing

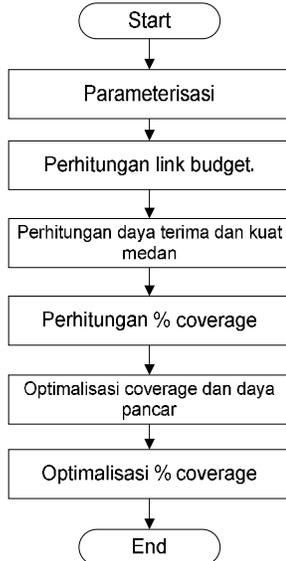
kombinasi kuat medan pada 2 wilayah layanan yang perlu diuji adalah bagaimana bila menggunakan SFN, MFN, atau SFN yang telah di optimasi.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Parameter Simulasi

1. Threshold kuat medan 38dB μ V [2].
2. Threshold protection ratio co channel interference 20 dB [2].

B. Skenario Simulasi



Gambar 3. Blok diagram sistem secara keseluruhan

Proses simulasi diawali dengan parameterisasi, parameterisasi ini merupakan inisialisasi awal agar program dapat berjalan. Selanjutnya adalah proses perhitungan *link budget*, *link budget* dihitung dengan persamaan (1). Tujuan dari perhitungan *link budget* ini adalah untuk mendapatkan jari-jari sel, untuk mendapatkan hasil yang optimal pada perhitungan *link budget* harus ditambahkan margin. Selain memperoleh jari-jari dengan rumus okumura hata diperoleh nilai rugi-rugi, dari hasil rugi-rugi inilah diperoleh level daya terima dan kuat medan di tiap wilayah layanan.

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pengujian sistem akan dilakukan beberapa kali dengan 2 proses utama, yaitu proses sebelum optimalisasi dan proses setelah optimalisasi. Proses awal (sebelum optimalisasi) dilakukan dengan mengimplementasikan 2 jenis jaringan, yaitu:

1. Pertama semua pemancar pada suatu wilayah layanan dalam 1 zona menggunakan MFN.
2. Kedua memanfaatkan kombinasi SFN dan MFN. Semua pemancar pada suatu wilayah layanan dalam 1 zona menggunakan SFN sedangkan antar zona menggunakan MFN.

Setelah proses awal telah selesai langkah selanjutnya adalah melakukan optimalisasi. Optimalisasi dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. Optimalisasi *coverage*. Optimalisasi *coverage* bertujuan untuk menghilangkan celah (gap) antar pemancar

maupun untuk menjangkau daerah yang belum mendapat layanan.

2. Optimalisasi persen *coverage*. Optimalisasi persen *coverage* bertujuan meningkatkan kualitas sinyal yang diterima, agar persen *coverage* di daerah tersebut meningkat.

A. Konfigurasi Jaringan Awal dengan MFN

Pada konfigurasi pertama digunakan metode MFN. Jaringan pada konfigurasi ini diseting menggunakan frekuensi yang berbeda-beda. Perhitungan pertama dilakukan di zona 4. Di zona 4 terdapat 4 titik pemancar yaitu di jakarta, cilegon, pandeglang, dan lebak. Untuk perhitungan *link budget* dengan okumura hata diperlukan daya pemancar, gain antenna, jenis daerah, tinggi antenna penerima, dan frekuensi yang digunakan.

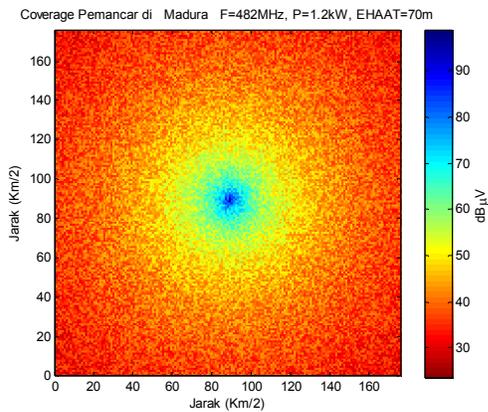
Tabel 1. Hasil perhitungan *link budget* dan % *coverage* di zona 7

NO	KOTA	F (MHz)	P (kW)	H (m)	r (km)	LUAS (km ²)	% COVERAGE
1	Madura	482	1.2	70	44	6079.04	50.76
2	Surabaya	498	2.4	80	57	10201.86	38.98
3	Kediri	714	1.2	70	36	4069.44	43.98
4	Malang	594	1.2	70	40	5024	45.64
5	Jember	706	1.2	70	37	4298.66	42.34
6	Bondowoso	602	1.2	70	39	4775.94	47.21
7	Magetan	594	1.2	70	40	5024	45.89
8	Pacitan	490	1.2	70	44	6079.04	49.33
9	Banyuwangi	594	1.2	70	40	5024	45.97
10	Tuban	602	1.2	70	39	4775.94	47.16

Daya yang digunakan berbeda-beda karena menyesuaikan dengan jenis daerahnya, misalnya untuk kota surabaya menggunakan daya 2.4kW karena surabaya merupakan kota besar(metropolitan) sedangkan untuk kota-kota lain menggunakan daya yang lebih kecil karena merupakan daerah urban(medium city). Frekuensi yang digunakan ditentukan berdasarkan peraturan menteri no.23/2011. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh jari-jari sekitar 40km untuk daya 1.2kW di daerah urban dan 57km untuk daya 3.5kW di daerah metropolitan. Frekuensi mempunyai pengaruh dalam besarnya frekuensi, semakin kecil frekuensi akan semakin besar daerah cakupan.

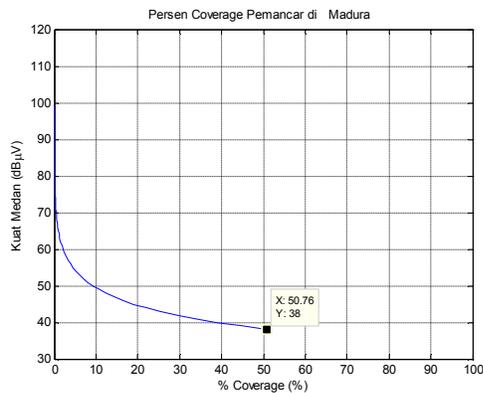


Gambar 3. Hasil plot *coverage*



Gambar 4. Hasil plot kuat medan di Madura

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa pada daerah tepi *coverage* mempunyai kuat medan dibawah threshold 38dBuV.



Gambar 5. Persen *coverage* di Madura

Pada jenis konfigurasi ini persentase *coverage* belum ada yang memenuhi standart minimal yang telah ditentukan yaitu 60%. Persentase terbesar ada di madura yaitu 50.76%.

B. Konfigurasi Jaringan Dengan Kombinasi SFN dan MFN

Pada kasus ini dibuat skenario SFN untuk tiap daerah dan skenario untuk antar zona. Ploting dapat dilihat pada gambar dibawah.



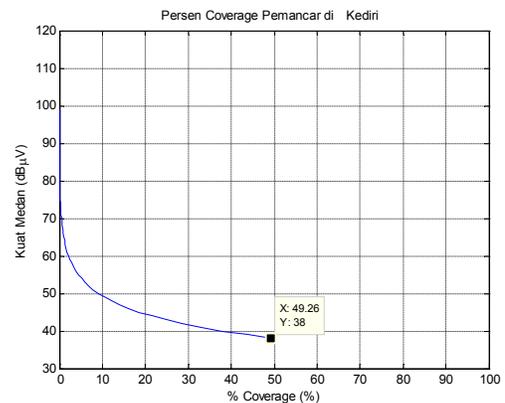
Gambar 6. Hasil plotting *coverage* dengan konfigurasi SFN kombinasi MFN

Tabel 2.

Hasil perhitungan jari-jari dan persen *coverage*

NO	KOTA	F (MHz)	P (kW)	H (m)	r (km)	LUAS (km ²)	% COVERAGE
1	Madura	490	1.2	70	44	6079.04	49.82
2	Surabaya	490	2.4	80	57	10201.86	38.71
3	Kediri	490	1.2	70	44	6079.04	49.26
4	Malang	490	1.2	70	44	6079.04	49.54
5	Jember	490	1.2	70	44	6079.04	49.23
6	Bondowoso	490	1.2	70	44	6079.04	49.43
7	Magetan	490	1.2	70	44	6079.04	49.49
8	Pacitan	490	1.2	70	44	6079.04	49.63
9	Banyuwangi	490	1.2	70	44	6079.04	49.36
10	Tuban	490	1.2	70	44	6079.04	49.6

Dari tabel 2 dapat diamati bahwa di zona 7 telah dilakukan perubahan skenario frekuensi, semua pemancar menggunakan frekuensi yang sama 490MHz. hasil dari perubahan ke SFN ini adalah lebih luas *coveragenya* karena menggunakan frekuensi yang lebih rendah. *coverage* semakin besar sehingga % *coverage* juga akan semakin meningkat. Dapat diamati pada plot % *coverage* vs kuat medan. Dapat diamati pada data MFN di kediri mempunyai persen *coverage* sekitar 43% dengan menggunakan frekuensi yang lebih rendah maka persen *coveragenya* menjadi lebih besar yaitu 49%.



Gambar 7. Persen *coverage* vs kuat medan di daerah Kediri

C. Optimalisasi Network Gain

Pada bagian ini akan disimulasikan proses optimasi yang bertujuan untuk menghilangkan gap, memaksimalkan % *coverage* dan meminimalkan jumlah antena.

Tabel 3.

Hasil perhitungan sebelum optimasi di zona 6

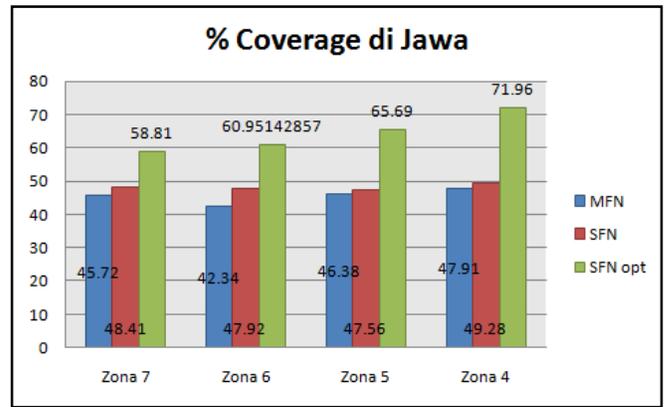
NO	KOTA	F (MHz)	P (kW)	H (m)	r (km)	LUAS (km ²)	% COVERAGE
1	Blora	482	1.2	80	47	6936.26	51.96
2	Pati	482	1.2	70	44	6079.04	50.52
3	Jogja	482	2.4	70	54	9156.24	38.58
4	Semarang	482	2.4	80	58	10562.96	38.83
5	Magelang	482	1.2	70	44	6079.04	52.16
6	Purworejo	482	1.2	70	44	6079.04	50.45
7	Banyumas	482	2.4	80	47	6936.26	50.26
8	Tegal	482	1.2	70	44	6079.04	50.64

Tabel 4.

Hasil perhitungan setelah dilakukan optimasi

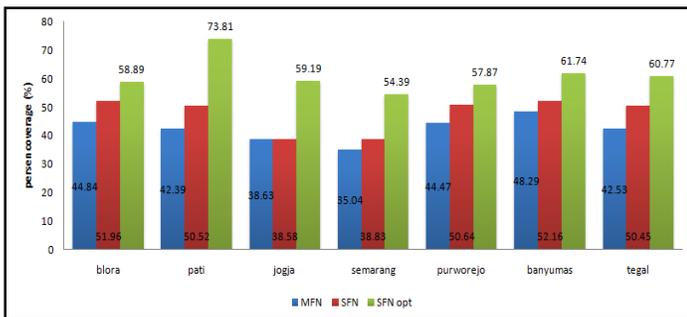
NO	KOTA	F (MHz)	P (kW)	H (m)	r (km)	LUAS (km ²)	% COVERAGE	keterangan
1	Blora	482	2	90	39	4775.94	85.15	tambah daya+htx
2	Pati	482	1.2	70	37	4298.66	88.01	-
3	Jogja	482	3.2	80	54	9156.24	96.82	tambah daya+htx
4	Semarang	482	2.4	80	49	7539.14	98.38	tambah gap filler
5	Purworejo	482	1.2	70	36	4069.44	82.61	-
6	Banyumas	482	1.2	80	41	5278.34	83.04	-
7	Tegal	482	1.2	70	36	4069.44	82.16	-

Dari hasil evaluasi dan optimasi pemancar di Magelang dapat dihilangkan karena dimagelang telah di cover oleh pemancar di Jogja, Semarang, dan Purworejo. Di daerah Blora dan Jogja perlu dilakukan penambahan daya dan tinggi pemancar untuk menutup spot kecil yang < 10km. sedangkan di Semarang perlu dilakukan penambahan gap filler karena spot terlalu besar.



Gambar 10. Perbandingan % coverage di pulau Jawa

Dari secara keseluruhan hasil optimasi mempunyai kinerja yang baik ditandai kenaikan % coverage mulai dari 10.4% sampai dengan 22.68%.



Gambar 9. Grafik hasil optimasi % coverage di zona 6

Grafik diatas merupakan perbandingan MFN, SFN, dan hasil SFN yang telah di optimasi. Di zona 6 memiliki persentase kenaikan yang paling bagus sekitar 23.29% di daerah pati. Kenaikan persentase terendah di blora sekitar 6.93%. di daerah jawa tengah (zona 6) hanya 3 pemancar yang memiliki persentase lebih dari 60%, tetapi 4 pemancar lain telah memiliki persentase yang hampir mendekati 60%.

D. Perbandingan Secara Nasional

Dari tabel 4 dapat diamati bahwa zona 4 dengan wilayah layanan DKI Jakarta dan Banten memiliki % coverage yang paling besar baik sebelum maupun setelah optimasi.

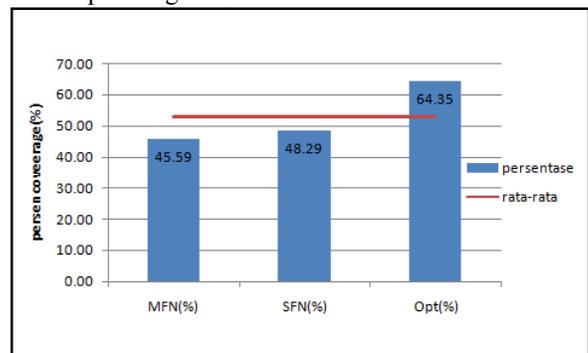
Tabel 4.

Hasil rata-rata % coverage di tiap zona.

ZONA	MFN(%)	SFN(%)	Opt(%)
Zona 7	45.72	48.41	58.81
Zona 6	42.34	47.92	60.95
Zona 5	46.38	47.56	65.69
Zona 4	47.91	49.28	71.96

Zona 7 mempunyai coverage paling buruk diantara zona 4, 5, dan 6 hal ini dikarenakan zona 7 mempunyai wilayah yang luas dan hanya memiliki 1 pemancar dengan daya yang besar. Zona 7 juga mempunyai wilayah blankspot yang paling besar yang terletak diantara kota jember-malang dan di banyuwangi, disarankan pada daerah tersebut untuk menambahkan gap filler untuk meningkatkan kualitas penerimaan.

Grafik berikut menunjukkan perubahan yang terjadi dari tabel hasil rata-rata persen coverage.



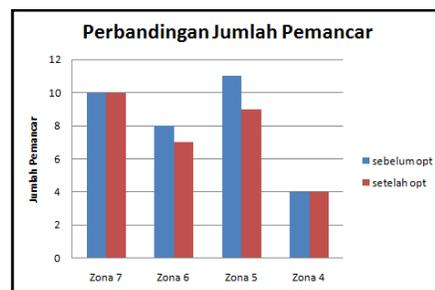
Gambar 11. Grafik persen coverage vs Jenis jaringan.

Dari gambar 11 dapat diamati bahwa rata-rata dari persen coverage untuk semua jenis jaringan adalah 52.74%, hasil optimasi mempunyai persen coverage diatas nilai rata-rata yaitu 64.35%, sedangkan untuk yang belum dioptimasi semua nilainya dibawah rata-rata.

Tabel 5.

Jumlah pemancar di zona 4, 5, 6, dan 7 sebelum dan setelah optimasi.

ZONA	Awal	Optimasi
Zona 7	10	10
Zona 6	8	7
Zona 5	11	9
Zona 4	4	4



Gambar 12. Perbandingan jumlah pemancar sebelum dan setelah optimasi.

Dari keseluruhan jumlah pemancar sebanyak 33 buah, dapat dieliminasi sebanyak 3 pemancar dengan rincian 1 pemancar di zona 6 dan 2 pemancar di zona 5. Dari hasil

pengurangan jumlah pemancar dapat diamati bahwa persen *coverage* tidak terlalu terpengaruh seperti hasil yang telah di dapat pada gambar 9. Pada gambar 9 hasil optimasi masih memiliki persen *coverage* yang cukup tinggi di zona 5 dan zona 6.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil dan analisa pengujian program maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dengan penggunaan kombinasi SFN dan MFN penggunaan frekuensi lebih teratur. Pada penggunaan MFN saja 12 kanal yang digunakan dari total jumlah kanal sebanyak 23 kanal (kanal 22 sampai dengan kanal 45). Sedangkan pada penggunaan kombinasi SFN dan MFN hanya 4 kanal yang digunakan.
2. Setelah dilakukan optimalisasi perlu dilakukan penambahan daya sebesar 800watt dan tinggi pemancar sekitar 10 meter untuk kota tuban, blora, semarang, kuningan cirebon dan cianjur. Sedangkan perlu ditambahkan repeater/gap filler di madura, banyuwangi, purworejo, dan pandenglang
3. Persen *coverage* semakin meningkat setelah dilakukan optimasi dengan metode monte carlo, target minimal optimasi persen *coverage* telah tercapai yaitu lebih dari 60% di zona 4, 5, dan 6 sedangkan zona 7 belum mencapai target minimal tersebut.
4. Jumlah pemancar dapat dikurangi sebanyak 3 pemancar, dari total keseluruhan jumlah pemancar sebanyak 33 pemancar, target untuk pengurangan jumlah pemancar telah tercapai.
5. Untuk *coverage* nasional Zona 4 mempunyai persentase *coverage* paling bagus 71.96%.
6. Hasil optimasi mempunyai persen *coverage* 64.35%, lebih bagus dari rata-rata yang bernilai 52.74%. Hasil optimasi mampu meningkatkan persen *coverage* sebesar 16.05%.
7. Dari 3 metode yang dilakukan (selection, combinatin, dan SAC) combinatin memiliki hasil persen *coverage* yang paling memuaskan yaitu 73.22%, sedangkan untuk SAC dan selection memiliki nilai yang hampir sama yaitu 64.53% untuk selection dan 64.35% untuk SAC.

DAFTAR PUSTAKA

1. Simon R. Saunder, Alejandro Aragon Zavala, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems Second Edition, John Wiley & sons Ltd, Mexico, 2007.
2. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 23/11/2011 tentang Rencana Induk Masterplan Frekuensi Radio Untuk keperluan televisi Siaran Digital Terrestrial Pada Pita Frekuensi Radio 478-694 MHz.