

# Optimasi *Single Frequency Network* pada Layanan TV Digital DVB-T dengan Menggunakan Metode *Simulated Annealing*

Destya Arisetyanti, Gamantyo Hendrantoro, dan Endroyono

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

**Abstrak**—Standar *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T) diimplementasikan pada konfigurasi *Single Frequency Network* (SFN) dimana seluruh pemancar pada sebuah jaringan beroperasi pada kanal frekuensi yang sama dan ditransmisikan pada waktu yang sama. SFN lebih dipilih daripada sistem pendahulunya yaitu *Multi Frequency Network* (MFN) karena menggunakan frekuensi yang lebih efisien serta jangkauan area cakupan yang lebih luas. Pada sisi penerima memungkinkan adanya skenario *multipath* dengan menggabungkan sinyal dari pemancar yang berbeda karena konfigurasi SFN ini berbasis *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Pada penelitian ini, data ketinggian dan jumlah gedung melalui model prediksi propagasi *free space* dan *knife edge* akan diterapkan untuk memperkirakan nilai daya terima dan *delay* sinyal. Perhitungan nilai *carrier* (C) dan *carrier to interference* (C/I) dilakukan untuk mengetahui kualitas sinyal pada sisi penerima. Selanjutnya, optimasi parameter lokasi pemancar diterapkan oleh algoritma *Simulated Annealing* dengan menggunakan tiga *cooling schedule* terbaik. *Simulated Annealing* merupakan algoritma optimasi berdasarkan sistem termodinamika yang mensimulasikan proses *annealing*. *Simulated Annealing* telah berhasil memperluas daerah cakupan SFN. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya sebagian besar titik *receiver* dengan kualitas sinyal dibawah *threshold*.

**Kata Kunci**—*Carrier to Interference*, DVB-T, OFDM, SFN, *Simulated Annealing*.

## I. PENDAHULUAN

PENERAPAN teknologi digital pada sistem TV memberikan manfaat lebih dibandingkan dengan TV analog. Pada TV analog, sebuah kanal RF hanya dapat digunakan oleh satu program siaran TV. Namun pada sistem digital, setiap kanal RF dapat digunakan bersama oleh beberapa program siaran. Itulah alasan perlunya dilakukan pengembangan teknologi pada sistem TV di Indonesia dengan menggunakan standar teknologi DVB-T.

Implementasi MFN sebagai awal pengembangan sistem nirkabel dimaksudkan agar penelitian fokus pada pembangkitan sinyal digital dan laju bit. Namun karena keterbatasan jumlah frekuensi yang akan dipakai dalam penyampaian laju sinyal, maka dikembangkan sebuah sistem SFN dimana setiap *transmitter* dioperasikan dengan satu frekuensi saja. SFN merupakan implementasi dari standar DVB-T dimana seluruh pemancar pada sebuah jaringan beroperasi pada kanal frekuensi yang sama dan ditransmisikan pada waktu yang bersamaan [1].

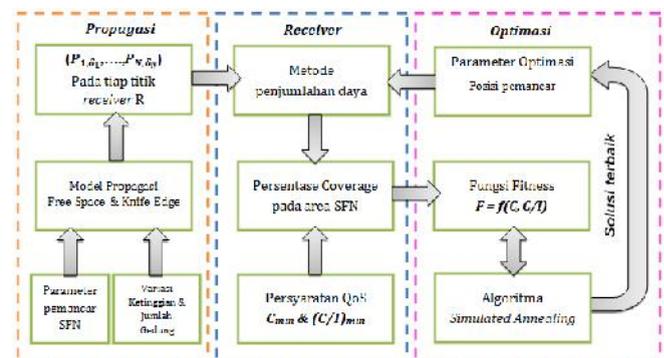
Selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan optimasi SFN dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing*. *Simulated Annealing* merupakan salah satu algoritma

berdasarkan sistem termodinamika yang mensimulasikan proses *annealing*. Dalam bidang metalurgi, *annealing* adalah suatu teknik yang mempelajari proses pembentukan materi yang terdiri dari butir kristal atau logam [2]. Agar terbentuk susunan kristal yang sempurna, diperlukan pemanasan pada tingkat tertentu sampai materi tersebut mencair, kemudian didinginkan secara perlahan sehingga menghasilkan kristal-kristal dengan kualitas baik [3]. Konsep ini kemudian diadaptasi oleh *Simulated Annealing* pada SFN untuk menemukan solusi optimal dari posisi setiap pemancar sehingga dapat meningkatkan kualitas sinyal dan memperluas daerah cakupan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Rancangan Penelitian

Dalam tahap perencanaan dan optimasi SFN, diperlukan pengaturan beberapa parameter seperti frekuensi, wilayah, jumlah unit pemancar, dan daya pemancar yang diperlukan untuk menyediakan layanan DVB-T dengan kualitas sinyal yang diinginkan. Perubahan tiap lokasi pemancar diterapkan untuk menguji kualitas sinyal pada sejumlah titik di daerah cakupan dengan cara mengukur nilai C dan C/I pada tiap titik tersebut. Penelitian ini mengusulkan sebuah pendekatan menggunakan algoritma heuristik *Simulated Annealing* untuk mengoptimalkan lokasi pemancar SFN dalam memperluas daerah cakupan. Pendekatan tersebut disajikan dalam metode penelitian yang terdiri dari tiga blok bagian, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Metode Penelitian.

### B. Model Prediksi Propagasi

Model propagasi yang digunakan yaitu model propagasi *free space* dan *knife edge*. Model ini digunakan untuk memperkirakan kontribusi sejumlah N pemancar pada setiap lokasi penerima dengan menentukan kekuatan sinyal ( $P_n, 1 \leq n \leq N$ ) dan *delay* propagasi ( $\delta_n, 1 \leq n \leq N$ ) terkait setiap

pemancar pada setiap titik penerima ( $1 \leq r \leq R$ ) dalam suatu area.

Jika antara pemancar dan penerima terletak pada jalur *line of sight* yang bebas dan tidak terdapat halangan, maka daya terima dihitung dengan (1) [4].

$$P(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (1)$$

$P_t$  adalah daya transmisi,  $P(d)$  adalah daya terima dalam fungsi  $d$ ,  $G_t$  adalah *gain* antenna pemancar,  $G_r$  adalah *gain* antenna penerima,  $d$  adalah jarak antar pemancar dan penerima (meter),  $L$  merupakan *system loss factor* yang tidak berhubungan dengan propagasi, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (meter).

Namun, jika antara pemancar dan penerima terdapat halangan berupa gedung, maka nilai redaman yang disebabkan difraksi dapat diperkirakan menggunakan model propagasi *knife edge* dengan menggunakan parameter *gain* difraksi ( $G_d$ ). Dengan demikian, nilai daya terima total didapatkan dari selisih antara daya terima hasil pendekatan model *free space* dengan  $G_d$  pada (2) [4].

$$P = 10 \log \left( \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \right) + G_d \text{ (dB)} \quad (2)$$

### C. Perhitungan Kualitas Sinyal

Penggabungan sinyal yang datang pada tiap lokasi *receiver* dari sejumlah N pemancar dilakukan dengan menggunakan metode penjumlahan daya. Sinyal-sinyal ini dapat berguna sepenuhnya atau sebagian ataupun bahkan mengganggu *receiver*. Persamaan (3) digunakan untuk menghitung fungsi bobot kontribusi sinyal ( $\omega_n$ ) sehingga diketahui apakah sinyal tersebut berkontribusi penuh, sebagian, atau menyebabkan interferensi pada suatu titik *receiver* [2].

$$\omega_n = \begin{cases} [(T_u - t)/T_u]^2, & \text{if } (T_g - T_p) < t \leq 0 \\ 1, & \text{if } 0 < t \leq T_g \\ [(T_u + T_g - t)/T_u]^2, & \text{if } T_g < t \leq T_p \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

$T_u$  adalah panjang simbol yang berguna,  $T_g$  adalah panjang *guard interval*, dan  $T_p$  adalah interval selama sinyal berkontribusi konstruktif, didefinisikan  $T_p = 7T_u / 24$  [5].

Jika SFN terdiri dari N pemancar  $A = \{1, \dots, N\}$  dan terdapat pemancar M dari jaringan lain yang beroperasi pada frekuensi yang sama  $B = \{1, \dots, M\}$ , maka rasio *carrier-to-interference* ( $C/I$ ) dapat dijelaskan dalam (4) dan (5) [2].

$$(C/I) = \frac{\sum_{n \in A} P_n \omega_n (\delta_n - \delta_0)}{\sum_{n \in A} P_n (1 - \omega_n (\delta_n - \delta_0)) + \sum_{n \in B} P_n + N_0} \quad (4)$$

$$N_0 = kTB \quad (5)$$

$P_n$  adalah daya yang diterima dari pemancar ke-n,  $\omega_n$  adalah nilai fungsi bobot,  $\delta_n$  merupakan *delay relative echo* ke-n terhadap satuan waktu sinkronisasi,  $\delta_0$  adalah waktu sinkronisasi,  $N_0$  adalah *noise*,  $k$  adalah konstanta Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$ ),  $T$  adalah Suhu dan  $B$  adalah *bandwidth*.

Sesuai dengan persyaratan *Quality of Service* (QoS) yang diberlakukan, blok ini memeriksa setiap titik penerima apakah memenuhi kriteria QoS atau tidak. Kriteria ini

meliputi  $C$ , rasio  $C/I$ , serta perkiraan persentase cakupan keseluruhan pada area dipertimbangkan.

### D. Proses Optimasi

Pada (6) *fitness function* digunakan untuk memeriksa keakuratan iteratif dari solusi  $Q$  apapun dalam hal presentase daerah cakupan yang dicapai, dimana solusi  $Q$  merupakan konfigurasi terbaik dari setiap pemancar. Kemudian dilakukan perhitungan nilai *fitness* melalui (7). Nilai *fitness* paling minimum didapatkan melalui konfigurasi terbaik  $Q$ . Selanjutnya, pada (8) dilakukan evaluasi nilai persentase lokasi penerima dengan pertimbangan bahwa suatu titik telah tercakup jika  $C$  dan  $C/I$  melebihi ambang batas nilai-nilai  $C_{min}$  dan  $(C/I)_{min}$  yang ditentukan [2].

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_{D-1}, q_D) \quad (6)$$

$$F(\%) = 100 \left( 1 - \left( \frac{\sum_{r=1}^R Cov_r}{R} \right) \right) \quad (7)$$

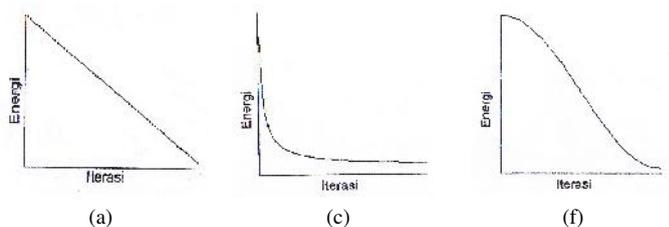
$$Cov = \begin{cases} 1 & \text{if } C \geq C_{min} \text{ \& } (C/I) \geq (C/I)_{min} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (8)$$

### E. Simulated Annealing

*Simulated Annealing* merupakan algoritma berdasarkan termodinamika sistem yang digunakan untuk mencari pendekatan terhadap solusi optimum dari suatu permasalahan dengan mensimulasikan proses *annealing*. Metode *Simulated Annealing* berusaha mencari solusi dengan berpindah dari solusi satu ke solusi yang lainnya. Apabila solusi baru yang diuji mempunyai nilai fungsi energi yang lebih kecil, maka solusi yang sedang diuji akan menggantikan solusi yang lama. Fungsi energi ini sangat bergantung pada parameter Temperatur ( $T$ ).

Pada setiap iterasi  $i \rightarrow i + 1$ , mempertimbangkan  $T$  pada suhu tertentu. Terdapat vektor solusi yang dinyatakan dalam  $Q_i$  sehingga dapat dihitung perubahan energi yang dialami oleh sistem (*fitness variation*,  $F$ ). Jika energi yang dialami oleh sistem kurang dari nol ( $F \leq 0$ ), maka solusi dari  $Q_i$  adalah 1, namun jika tidak ( $F \geq 0$ ) berdasarkan kriteria Metropolis pada permasalahan minimisasi digunakan Probabilitas Distribusi *Boltzmann* (BPD) untuk menentukan vektor baru  $Q_{i+1}$  dipilih atau tidak [2]. Dengan cara ini, kemungkinan untuk menerima solusi yang buruk akan menurun dan solusi akhir akan mendekati keadaan optimal. Proses ini diulang menggunakan *starting point* yang baru  $Q_i$  atau  $Q_{i+1}$ , tergantung pada hasil yang diperoleh pada (9) [2]. Adapun *cooling schedule* yang digunakan untuk menurunkan parameter temperatur ditunjukkan pada Gambar 2 [6].

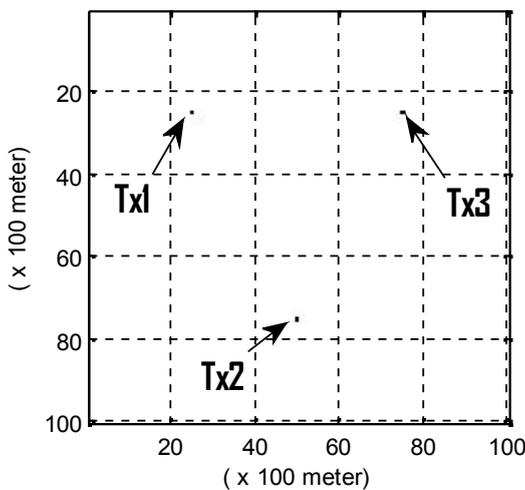
$$BPD(Q_i \rightarrow Q_{i+1}) = \begin{cases} e^{-(\Delta F/T)} & \text{if } \Delta F \geq 0 \\ 1 & \text{if } \Delta F \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$



Gambar 2. Grafik *Cooling Schedule*.

III. HASIL

Pada bagian ini, akan dianalisis hasil implementasi algoritma *Simulated Annealing* yang diterapkan pada lokasi tiap pemancar. Wilayah SFN dimodelkan dalam *square grid* sebesar 100x100 yang mewakili wilayah seluas 100 km<sup>2</sup> (10000x10000 meter). Titik *receiver* diletakkan pada tiap titik tengah *square grid* di tiap *gridnya* sehingga terdapat 10000 titik *receiver*. Terdapat 3 unit pemancar yang diletakkan pada lokasi (25,25) untuk pemancar ke-1, (75,50) untuk pemancar ke-2, dan (25,75) untuk pemancar ke-3 (Gambar 3) dengan tinggi dan daya pemancar masing-masing sebesar 37,5 meter dan 100 Watt. Kanal frekuensi dan *bandwidth* yang digunakan masing-masing sebesar 600 MHz dan 8 MHz dengan menggunakan mode 2K ( $T_u = 224 \mu s$ ) dan panjang *guard interval* ( $T_g$ ) sebesar  $\frac{1}{32}$  (7 s) [7]. *Gain transmitter* ( $G_t$ ) dan *gain receiver* ( $G_r$ ) sebesar 10 dB, serta  $\lambda$  sebesar 0,5 meter.



Gambar 3. Lokasi Awal 3 Unit Pemancar pada Wilayah SFN.

Selanjutnya, wilayah SFN dibagi menjadi dua variasi berdasarkan ketinggian dan jumlah gedung. Pada wilayah SFN yang pertama ini terdiri lima kota, yaitu kota A, B, C, D, dan E. Tiap kota memiliki 20 gedung dengan ketinggian yang berbeda-beda, antara lain 30-40 meter, 40-50 meter, 50-60 meter, 60-70 meter, dan 70-80 meter. Pada wilayah SFN yang kedua, terdiri dari tiga kota, yaitu kota L, M, dan N. Tiap kota divariasikan menurut banyaknya jumlah gedung yaitu 20, 40, dan 60 gedung, sedangkan *range* ketinggiannya dibuat sama antara 50-60 meter. Wilayah yang terdiri dari gedung penghalang ini akan dianalisis pengaruhnya terhadap *coverage*. Kemudian dibandingkan nilai daerah cakupan sinyal masing-masing wilayah tersebut baik sebelum maupun setelah optimasi.

Terdapat batasan lokasi tiap pemancar yang dioptimasi, antara lain ( $23 \leq q_1 \leq 26$ ) dan ( $23 \leq q_2 \leq 26$ ) untuk pemancar ke-1, ( $74 \leq q_3 \leq 77$ ) dan ( $49 \leq q_4 \leq 52$ ) untuk pemancar ke-2, serta ( $23 \leq q_5 \leq 26$ ) dan ( $74 \leq q_6 \leq 77$ ) untuk pemancar ke-3. Nilai *receiver* dikatakan tercakup jika nilai kualitas sinyal meliputi  $C$  dan rasio  $C/I$  memenuhi *threshold* yaitu -75 dBm dan 13,4 dB [6].

Pada algoritma *Simulated Annealing* terdapat beberapa parameter yang digunakan, yaitu *initial temperature* ( $T_0$ ) sebesar 7 untuk wilayah pertama dan 9 untuk wilayah kedua, *stop temperature* ( $T_N$ ) sebesar 0,01 untuk wilayah pertama dan 0,001 untuk wilayah kedua, iterasi yang digunakan sebanyak 1000 untuk wilayah pertama dan 500 untuk

wilayah kedua, serta menggunakan tiga *cooling schedule* terbaik untuk menurunkan temperatur. Metode ini dijalankan untuk mencari nilai *fitness*.

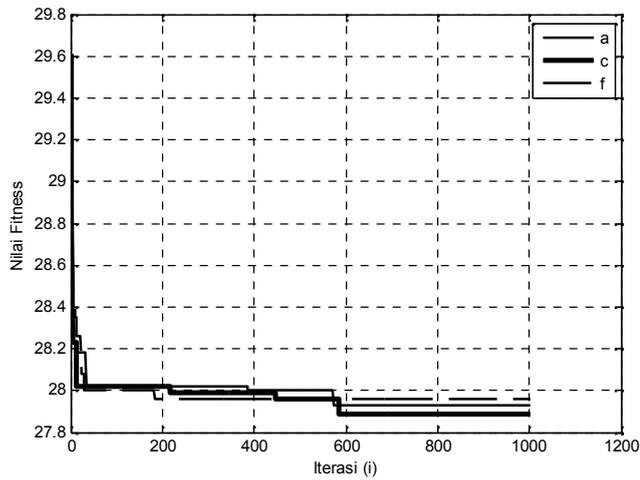
A. Pengaruh Ketinggian Gedung

Analisis pengaruh ketinggian gedung terhadap *coverage* dan *fitness* kota A, B, C, D, dan E ditunjukkan Tabel 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya ketinggian gedung maka akan mempengaruhi nilai presentase daerah cakupan sinyal. Semakin tinggi gedung penghalang, maka nilai presentase *coverage* juga akan semakin menurun.

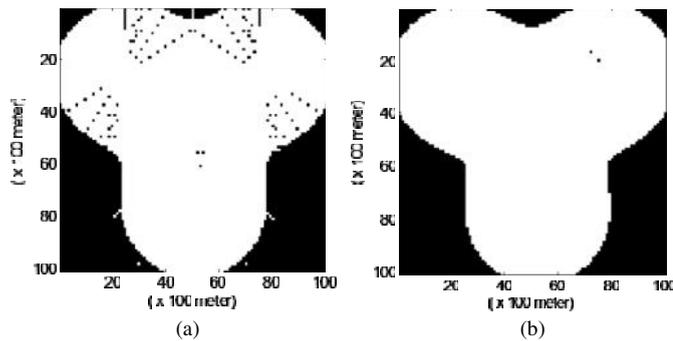
Tabel 1. Analisis Ketinggian Gedung Terhadap *Coverage* dan *Fitness*

Kota	Ketinggian (meter)	<i>Coverage</i> (%)	<i>Fitness</i> (%)
A	30-40	70,90	29,10
B	40-50	70,77	29,23
C	50-60	70,39	29,61
D	60-70	70,28	29,72
E	70-80	70,20	29,80

Kelima kota tersebut kemudian dioptimasi dengan cara mengatur posisi setiap pemancar. Hasil optimasi terbaik akan ditunjukkan oleh *cooling schedule* dengan nilai *fitness* terkecil. Gambar 4 menunjukkan grafik nilai *fitness* salah satu kota (Kota C), dimana nilai *fitness* terbaik ditunjukkan oleh hasil simulasi pada *cooling schedule c* dengan nilai *fitness* sebesar 27,89%. Nilai terbaik kedua ialah hasil simulasi pada *cooling schedule a* dengan nilai *fitness* sebesar 27,93%, dan nilai terburuk ialah hasil simulasi pada *cooling schedule f* dengan nilai *fitness* sebesar 27,96%. Adapun perbandingan *coverage* kota C sebelum dan sesudah optimasi ditunjukkan pada Gambar 5. Selanjutnya akan dibandingkan hasil presentase *coverage* dan kenaikan kelima kota tersebut sebelum dan sesudah optimasi, yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa *coverage* terbaik didapatkan melalui penggunaan *cooling schedule c*, dengan kenaikan presentase *coverage* mencapai 1,72 % pada kota C dan 1,9% pada kota E. Seluruh nilai *coverage* hasil simulasi didapatkan dari posisi terbaik dari setiap pemancar (Tabel 3). Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai daya *carrier* kota C sebelum dan sesudah optimasi. Pada kondisi awal, daya *carrier* berkisar antara -31,95 sampai 3,98 dBm. Setelah proses optimasi, nilai daya *carrier* meningkat menjadi -31,07 sampai 8,93 dBm. Begitu pula dengan perbandingan nilai  $C/I$  kota C sebelum dan sesudah optimasi (Gambar 7). Grafik tersebut ditampilkan dengan perbesaran nilai  $C/I$  pada rentang 13,2 sampai 14 dB untuk menunjukkan adanya peningkatan nilai sebelum dan sesudah optimasi.



Gambar 4. Grafik Nilai Fitness Kota C dengan Simulated Annealing



Gambar 5. Perbandingan Coverage Kota C. (a) Kondisi awal. (b) Optimasi dengan Simulated Annealing. Wilayah tercapuk dan tidak tercapuk masing-masing ditunjukkan oleh warna putih dan hitam.

Tabel 2.

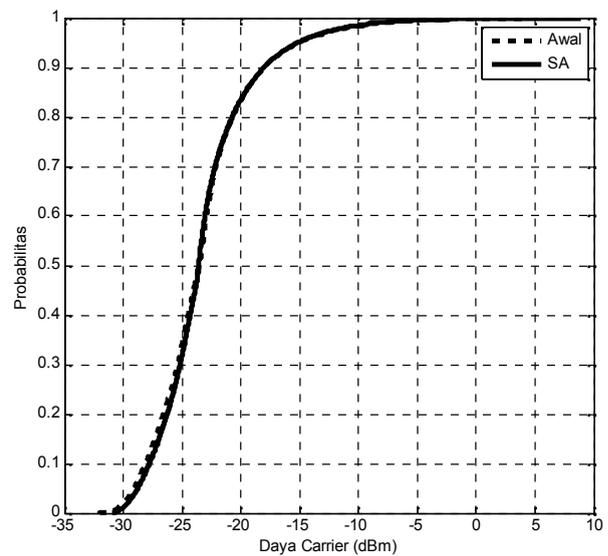
Perbandingan Coverage Optimasi Berdasarkan Variasi Ketinggian Gedung

Kota	Cooling Schedule	Tinggi Gedung (meter)	Coverage (%)		Kenaikan Coverage (%)
			Awal	SA	
A	a	30-40	70,90	72,06	1,16
	c			72,07	1,17
	f			72,15	1,25
B	a	40-50	70,77	72,02	1,25
	c			72,03	1,26
	f			72,05	1,28
C	a	50-60	70,39	72,07	1,68
	c			72,11	1,72
	f			72,04	1,65
D	a	60-70	70,28	72,09	1,81
	c			72,06	1,78
	f			72,08	1,80
E	a	70-80	70,20	72,05	1,85
	c			72,10	1,90
	f			72,06	1,86

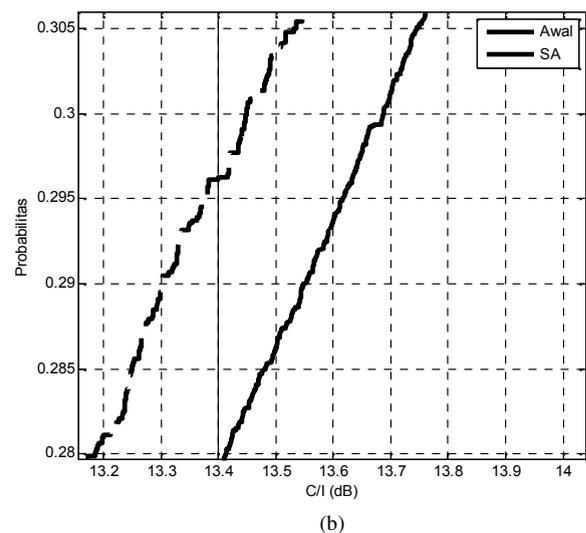
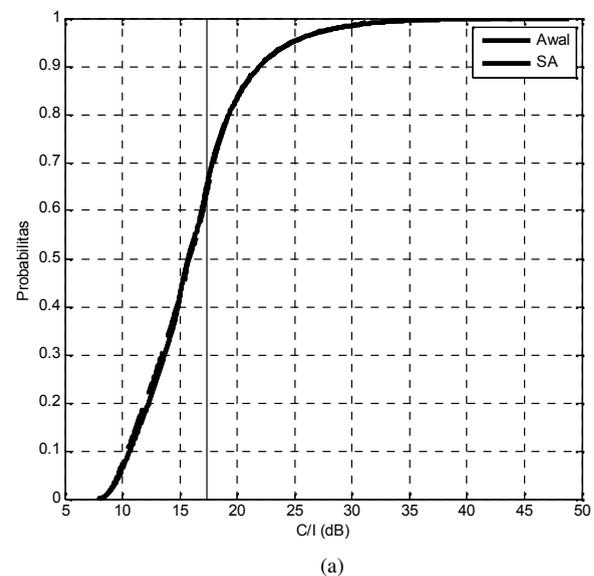
Tabel 3.

Posisi Terbaik Setiap Pemancar Berdasarkan Variasi Ketinggian Gedung

Kota	Posisi ( × 100 meter )					
	Pemancar ke-1		Pemancar ke-2		Pemancar ke-3	
	Baris	Kolom	Baris	Kolom	Baris	Kolom
A	25,910	23,397	76,904	51,397	25,936	76,749
B	25,082	23,411	76,721	50,137	24,589	76,966
C	25,745	23,069	76,547	51,759	24,962	76,895
D	25,691	23,017	76,912	49,586	24,917	76,552
E	25,066	23,207	76,911	51,419	25,389	76,822



Gambar 6. Perbandingan Daya Carrier Kota C Sebelum dan Sesudah Simulated Annealing.



Gambar 7. Perbandingan Nilai C/I Kota C Sebelum dan Sesudah Simulated Annealing. (a) Gambar kondisi normal. (b) Perbesaran gambar untuk rentang C/I 13,2 sampai 14 dB.

**B. Pengaruh Jumlah Gedung**

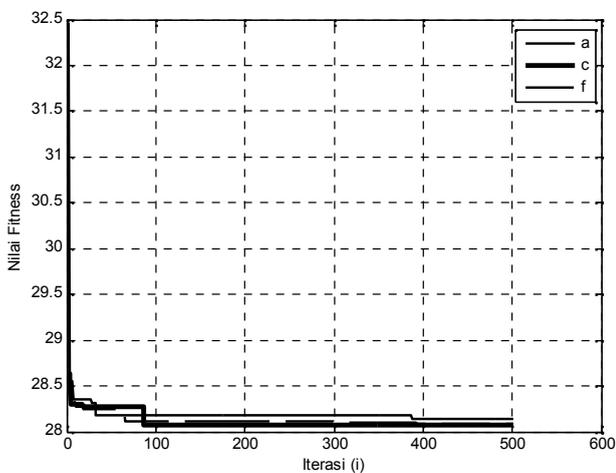
Analisis pengaruh jumlah gedung terhadap *coverage* dan *fitness* kota L, M, dan N ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya jumlah gedung maka akan mempengaruhi nilai presentase daerah cakupan sinyal. Semakin banyak jumlah gedung penghalang, maka nilai presentase *coverage* juga akan semakin menurun.

Gambar 8 menunjukkan salah satu grafik nilai *fitness* salah satu kota (kota N) dimana nilai *fitness* terbaik diperoleh dari *cooling schedule* c dengan nilai *fitness* 28,08%. Nilai terbaik kedua ialah hasil simulasi pada *cooling schedule* f dengan *fitness* 28,09%, dan nilai terburuk ialah hasil simulasi pada *cooling schedule* a dengan *fitness* 28,14%. Adapun perbandingan *coverage* kota N sebelum dan sesudah optimasi ditunjukkan pada Gambar 9. Dari simulasi yang telah dilakukan pada kota L, M, dan N juga didapatkan nilai C dan C/I sebelum dan sesudah optimasi. Gambar 10 menunjukkan perbandingan nilai daya *carrier* kota N sebelum dan sesudah optimasi. Pada kondisi awal, nilai daya *carrier* berkisar antara -34,73 sampai 3,98 dBm. Setelah proses optimasi, nilai daya *carrier* meningkat menjadi -30,96 sampai 8,07 dBm. Kemudian pada Gambar 11 menunjukkan nilai C dan C/I kota N sebelum dan sesudah optimasi dengan perbesaran gambar untuk rentang nilai C/I sebesar 13 sampai 14,6 dB.

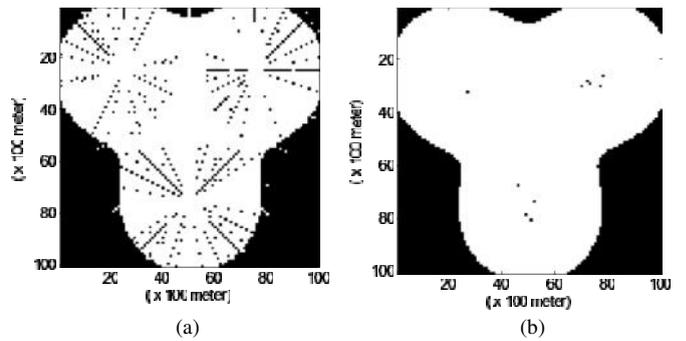
Melalui optimasi berdasarkan variasi jumlah gedung dengan menggunakan tiga *cooling schedule*, maka dapat dibandingkan hasil persentase *coverage* dan kenaikannya sebelum dan sesudah optimasi, yang ditunjukkan pada Tabel 5. Dapat diketahui bahwa *coverage* terbaik juga didapatkan melalui penggunaan *cooling schedule* c, dengan kenaikan persentase *coverage* mencapai 1,68% pada kota L dan 4,39% pada kota N. Adapun nilai *coverage* tersebut didapat dari posisi terbaik setiap pemancar SFN yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 4.  
Analisis Jumlah Gedung Terhadap Coverage

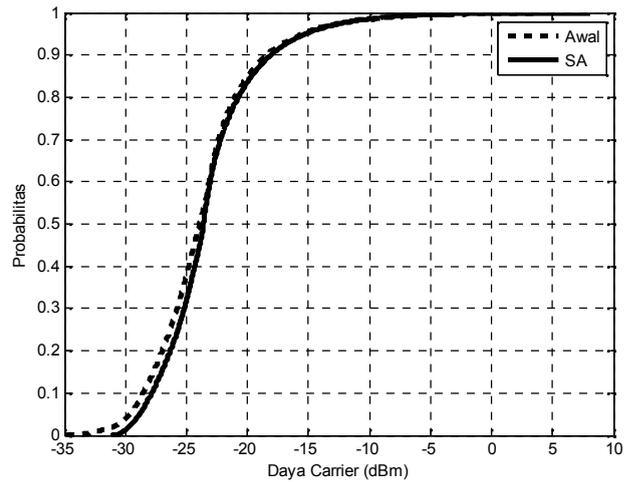
Kota	Jumlah Gedung	Coverage (%)	Fitness (%)
L	20	70,39	29,61
M	40	68,74	31,26
N	60	67,53	32,47



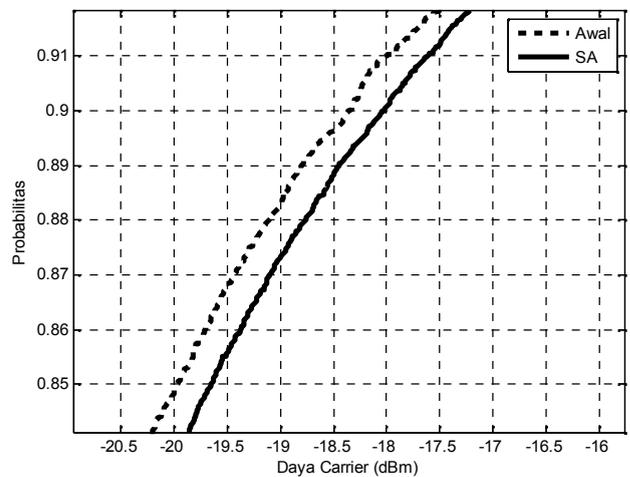
Gambar 8. Grafik Nilai Fitness Kota N dengan Simulated Annealing.



Gambar 9. Coverage Kota N. (a) Awal. (b) Optimasi dengan Simulated Annealing. Wilayah tercapuk dan tidak tercapuk masing-masing ditunjukkan oleh warna putih dan hitam.

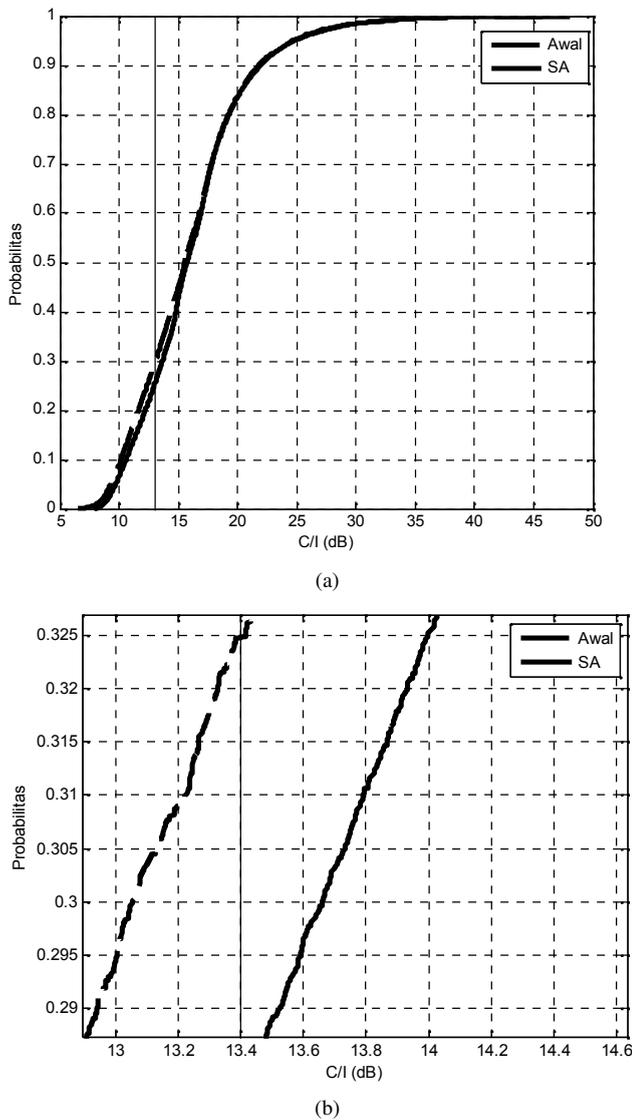


(a)



(b)

Gambar 10. Perbandingan Nilai Carrier Kota N Sebelum dan Sesudah Simulated Annealing. (a) Gambar kondisi normal. (b) Perbesaran gambar untuk rentang daya carrier -20,5 sampai -16 dBm.



Gambar 11. Perbandingan Nilai C/I Kota N Sebelum dan Sesudah Simulated Annealing. (a) Gambar kondisi normal. (b) Perbesaran gambar untuk rentang nilai C/I 13 sampai 14,6 dB.

Tabel 5.

Perbandingan Coverage Optimasi Berdasarkan Variasi Jumlah Gedung

Kota	Cooling Schedule	Jumlah Gedung	Coverage (%)		Kenaikan Coverage (%)
			Awal	SA	
L	a	20	70,39	72,02	1,63
	c			72,07	1,68
	f			72,06	1,67
M	a	40	68,74	71,98	3,24
	c			71,97	3,23
	f			71,98	3,24
N	a	60	67,53	71,86	4,33
	c			71,92	4,39
	f			71,91	4,38

Tabel 6.

Posisi Terbaik Setiap Pemancar Berdasarkan Variasi Jumlah Gedung

Kota	Posisi (× 100 meter)					
	Pemancar ke-1		Pemancar ke-2		Pemancar ke-3	
	Baris	Kolom	Baris	Kolom	Baris	Kolom
L	25,575	23,118	75,922	50,519	24,731	76,637
M	25,404	23,787	76,697	49,378	25,570	76,474
N	25,224	23,305	76,446	50,167	23,911	76,560

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan wilayah dan optimasi SFN menggunakan *Simulated Annealing* melalui parameter lokasi setiap pemancar, didapatkan kesimpulan bahwa ketinggian gedung mempengaruhi daerah cakupan sinyal suatu wilayah SFN. Semakin tinggi gedung penghalang, maka semakin menurun nilai presentase *coverage* wilayah tersebut. Begitu juga dengan variasi jumlah gedung mempengaruhi daerah cakupan sinyal suatu wilayah SFN. Semakin banyak jumlah gedung, maka nilai presentase *coverage* wilayah tersebut juga semakin menurun. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh efek difraksi yang disebabkan gedung-gedung yang tinggi.

Pada penelitian ini, pendekatan algoritma heuristik untuk mengoptimalkan daerah cakupan jaringan SFN telah didemostrasikan. *Simulated Annealing* telah berhasil meningkatkan daerah cakupan SFN saat diterapkan pada optimasi parameter lokasi pemancar. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya sebagian besar titik *receiver* dengan kualitas sinyal dibawah *threshold* serta kenaikan persentase *coverage* mencapai 4,39%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Kreativitas Mahasiswa di Bidang Penelitian tahun 2012 yang berjudul “Optimasi Jaringan SFN pada Siaran TV Digital DVB-T Menggunakan Metode *Simulated Annealing* dan *Particle Swarm Optimization* untuk Memperluas Daerah Cakupan.”

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mattsson, “Single Frequency Network in DTV,” *IEEE Transactions On Broadcasting*, Vol. 51, No. 4 (2005, December).
- [2] M. Lanza, A. L. Gutierrez, I. Barriuso, M. Domingo, J. R. Perez, L. Valle, and J. Basterrechea, “Optimization of Single Frequency Network for DVB-T Services Using SA and PSO”, Roma : *Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, 2011.
- [3] M. Anedda, J. Morgade, M. Murrioni, P. Angueira, A. Arrinda, J. R. Perez, and J. Basterrechea, “Heuristic Optimization of DVB-T/H SFN Coverage Using PSO and SA Algorithms,” mm11-100 (2009).
- [4] T. S. Rappaport, “*Wireless Communications Principles and Practice*,” (1996).
- [5] R. Brugger and D. Hemingway, “OFDM receivers - impact on coverage of inter-symbol interference and FFT window positioning,” *EBU Tech. Review* (2003.) pp. 1–12.
- [6] T. L. Brian, “Simulated Annealing Cooling Schedule,” Available: <http://members.aol.com/btluke/btluke.htm>
- [7] ETSI, “*Digital Video Broadcasting (DVB): Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects*,” TR 101 190 V1.2.1 (2004, November).