

PERLUASAN JANGKAUAN SIARAN STASIUN PEMANCAR DIGITAL TVRI JAWA BARAT DENGAN SISTEM SINGLE FREQUENCY NETWORK (SFN)

Trya Agung Pahlevi

Pusat Kelembagaan Internasional, Kementerian Komunikasi dan Informatika
Jl. Medan Merdeka Barat No. 9, Jakarta 10110
Email: trya001@kominfo.go.id

Abstrak -- Implementasi penyiaran televisi digital dengan menggunakan media teresterial telah menjadi kenyataan di Indonesia. Sistem penyiaran televisi digital (Digital Video Broadcast over Terrestrial / DVB-T) memungkinkan untuk penggunaan Single Frequency Network (SFN), sehingga dapat memperluas wilayah jangkauan siaran dengan menggunakan satu kanal frekuensi. Penelitian yang dilakukan adalah merencanakan koordinat dan parameter teknis sistem SFN DVB-T di wilayah TVRI Jawa Barat, berdasarkan rekomendasi dari akta-akta akhir International Telecommunication Union (ITU) dalam Sidang Regional Radiocommunication Conference (RRC-06), untuk mendapatkan jangkauan wilayah yang paling maksimal dan efisien. Simulasi perancangan menggunakan perangkat lunak "Mobile RF" dan "CHIRplus_BC" dalam menentukan koordinat pemancar, parameter daya dan tinggi pemancar, serta keekonomian perancangan. Hasil akhir dari penelitian adalah dengan sistem SFN dapat meningkatkan wilayah jangkauan siaran dari kondisi awal 11.609.819 orang (persentase coverage population 55,51%), menjadi 12.060.282 orang (persentase coverage population 57,66%) sampai dengan 17.563.586 orang (persentase coverage population 83,98%), dengan total jumlah pemirsa adalah 20.914.885 orang.

Kata kunci: DVB-T, SFN, RRC-06

Abstract -- Implementation of the digital television broadcasting using terrestrial media has become a reality in Indonesia. Digital television broadcasting system (Digital Video Broadcast Terrestrial over / DVB-T) allows for the use of Single Frequency Network (SFN), so as to expand the coverage area of the broadcast by using one frequency channel. The research conducted is to plan and coordinate technical parameters of the system SFN DVB-T in the region TVRI West Java, on the recommendation of the deed of the end of the International Telecommunication Union (ITU) in the Session of the Regional Radiocommunication Conference (RRC-06), to get a range of areas most optimally and efficiently. Design simulation using the software "Mobile RF" and "CHIRplus_BC" in determining the coordinates of the transmitter, and high-power transmitter parameters, as well as the economical design. The end result of the study is to SFN system can increase the coverage area of the broadcast of the first condition 11,609,819 people (population coverage percentage of 55.51%), being 12,060,282 people (percentage of population coverage 57.66%) up to 17,563,586 people (percentage of population coverage 83.98%), with the total number of viewers is 20,914,885 people.

Keywords: DVB-T, SFN, RRC-06

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi digital, pemancar teresterial televisi dapat menyiarkan beberapa program acara dengan menggunakan satu kanal frekuensi (Li *et. al.*, 2016). Adapun sistem TV Digital yang diadopsi di Indonesia adalah *Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T)* (Yrjola *et. al.*, 2016), dengan salah satu stasiun pemancarnya berada di TVRI Jawa Barat yakni Stasiun Pemancar Panyandakan.

Pada pertemuan *Regional Radiocommunication Conference (RRC-06)*, *International Telecommunication Union (ITU)*

membahas mengenai Rencana Penyiaran TV Digital Terrestrial pada Region 1 dan 3 di pita frekuensi 174-230 MHz and 470-862 MHz, menghasilkan Akta-Akta Akhir, yang salah satunya memberikan rekomendasi untuk implementasi jaringan stasiun pemancar DVB-T dengan menggunakan sistem *Single Frequency Network (SFN)* (Chen *et. al.*, 2016).

SINGLE FREQUENCY NETWORK

Single Frequency Network (SFN) merupakan salah satu tipe jaringan penyiaran Televisi Digital yang implementasi

pendistribusian sinyal-nya melalui penggunaan beberapa pemancar yang beroperasi pada frekuensi yang sama dan membawa program yang sama (Gao *et. al.*, 2016).

Batasan yang ada dari sistem SFN adalah kemungkinan terjadinya *self interference* pada jaringan tersebut. Jika sinyal yang diterima dari pemancar yang sangat jauh, tertunda melebihi waktu *Guard Interval* maka hal tersebut merupakan *noise* dan bukanlah sinyal yang diinginkan. Oleh karena itu, pemilihan *guard interval* yang besar dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *self interference* (Polak *at. al.*, 2016) (Maksimovic *et. al.*, 2010), seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Guard Interval* terhadap Jarak Maksimum

GI	FFT=2K	FFT=4K	FFT=8k
1/4	56us / 16.8km	112us / 33.6km	224us / 67km
1/8	28us / 8.4km	56 us / 16.8 km	112 us / 33.6 km
1/16	14us / 4.2km	28 us / 8.4 km	56 us / 16.8 km
1/32	7us / 2.1km	14 us / 4.2 km	28 us / 8.4 km

PERANCANGAN SISTEM

Stasiun Pemancar Digital TVRI Jawa Barat.

Stasiun Pemancar TV Digital Panyandakan berada pada koordinat 6° 48' 53.8" Lintang Selatan dan 107° 33' 37.4" Bujur Timur, dengan parameter-parameter teknisnya sebagai berikut:

- a. System : DVB-T
- b. Mode Modulation Carrier : 8K
- c. Modulation Constellation : 64 QAM
- d. FEC (Error Coder) Rate : (2/3)
- e. Guard Interval : (1/8)
- f. Frequency / Band : 586.00 MHz
- g. Power Transmitter : 5.000 watt.
- h. Tinggi Pemancar : 150 Meter

Dengan menggunakan bantuan software *Radio Mobile*, maka wilayah layanan dari Stasiun Pemancar TV Digital Panyandakan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah Layanan Stasiun Pemancar TV Digital Panyandakan

Dengan menggunakan bantuan software "CHIRplus_BC" (Setiawan dan Habibullah, 2011), maka dapat diperhitungkan jumlah pemirsa yang dapat dilayani oleh stasiun pemancar TV Digital Panyandakan tersebut, yakni sebanyak 11.609.819 orang (Coverage Population 55.51%), dari total jumlah pemirsa adalah 20.884.542 orang.

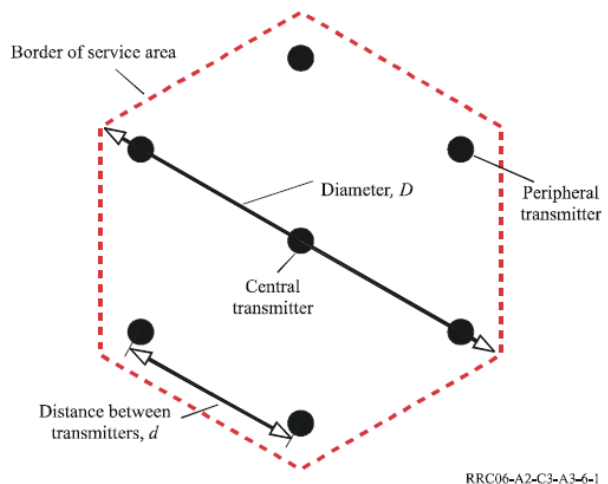
Reference Network (RRC-006)

Reference Network (RN) dapat menjadi salah satu rujukan dalam proses perancangan jaringan *Single Frequency Network (SFN)* untuk penyiaran TV Digital. Salah satu rekomendasinya adalah Reference Network 1 (large service area SFN) dengan parameter teknisnya terdapat pada Tabel 2.

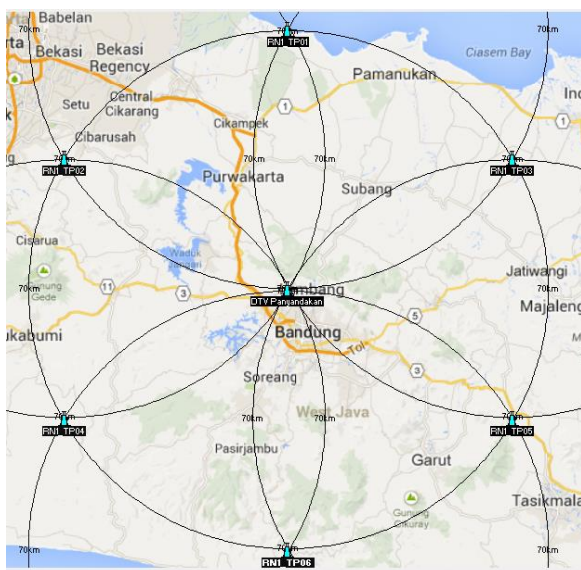
Tabel 2. Parameter RN1 (ITU, 2006)

RPC and Reception Type		RPC fixed antenna
Type of network		Open
Geometry of service area		Hexagon
Number of transmitter		7
Geometry of transmitter lattice		Hexagon
Distance between transmitters <i>d</i> (km)		70
Service area diameter <i>D</i> (km)		161
Tx antenna height (m)		150
Tx antenna patter		Non-directional
ERP (dBW)	Band III	31.1 + Δ
	Band IV/V	39.8 + Δ
The power margin Δ is 3 dB		

Wilayah layanan dari RN1 (*large service area SFN*) diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Lokasi Pemancar RN1



Gambar 3. Hasil Perancangan SFN-RN1 Stasiun Pemancar Panyandakan

Koordinat stasiun-stasiun pemancar rancangan SFN untuk wilayah Jawa Barat dengan rujukan *Reference Network 1 (RRC-06)* tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Koordinat Stasiun Pemancar

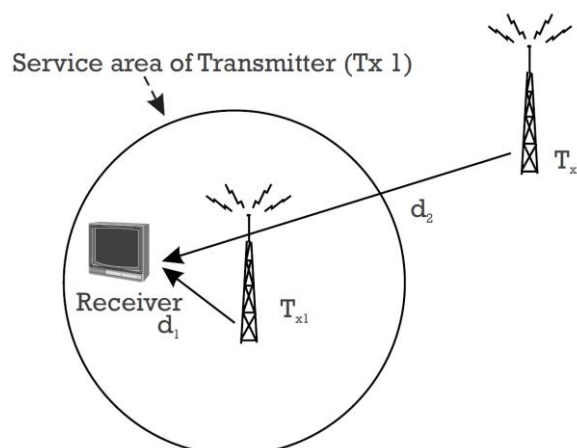
No	Stasiun Pemancar	Latitude (LS)	Longitude (BT)
1	Panyandakan	6° 48' 53.8"	107° 33' 37.4"
2	RN1_TP01	6° 10' 55.7"	107° 33' 37.4"
3	RN1_TP02	6° 29' 43.6"	107° 00' 55.3"
4	RN1_TP03	6° 29' 43.6"	108° 06' 30.0"
5	RN1_TP04	7° 07' 42.7"	107° 00' 55.3"
6	RN1_TP05	7° 07' 42.7"	108° 06' 30.0"
7	RN1_TP06	7° 26' 53.8"	107° 33' 37.4"

SIMULASI DAN ANALISA

Simulasi dan Analisa Lokasi Pemancar

Berdasarkan rekomendasi perencanaan stasiun pemancar SFN dengan *Reference Network 1 (Large Service Area) - RRC006*, jarak (d) antar stasiun pemancar yang berdekatan adalah dari 70 KM. Hal ini ditampilkan pada Gambar 4.

Namun, berdasarkan teori "*delay spread*", perhitungan jarak maksimum penerimaan sinyal dari 2 stasiun pemancar yang berdekatan dengan parameter *Mode 8K* dan *Guard Interval (GI)* terendah yakni 1/4 (maksimum delay $T = 224 \mu s$), maka didapat jarak (d) maksimal penerimaan adalah $d = (224 \mu s \times 3 \times 10^8) = 67.2 \text{ KM}$ (O' Leary, 2000).



Gambar 4. Ilustrasi *Delay Spread*

Untuk menghindari *self interferensi* yang diakibatkan karena jarak antar pemancar pada perancangan awal (70 KM) melebihi jarak maksimal dari perhitungan *guard interval* (67.2 KM), maka perlu dilakukannya pergeseran koordinat perancangan awal. Tabel 4 memperlihatkan nilai perubahan koordinat perancangan.

Simulasi / Analisa Daya dan Tinggi Pemancar

Berdasarkan Rekomendasi ITU-R BT.1368-2 - Annex 4, untuk televisi digital terrestrial (DVB-T) pada frekuensi 550 Mhz dengan parameter teknis modulasi 64-QAM, FEC: 2/3 dan GI: 1/4, minimum *field strength* adalah sebesar 42.6 dB($\mu V/m$).

Minimum *field strength* tersebut, menjadi referensi penerimaan minimum dalam simulasi analisa dan tinggi pemancar, untuk menentukan daya dan tinggi pemancar yang optimal.

Pemilihan daya dalam penelitian ini diklasifikasikan menjadi 6 (enam) tipe daya pancar (*Effective Isotropic Radiated Power/EIRP*), yakni sebagai berikut:

- Daya Pancar (EIRP) 100 Watt.
- Daya Pancar (EIRP) 500 Watt.
- Daya Pancar (EIRP) 1.000 Watt.
- Daya Pancar (EIRP) 5.000 Watt.
- Daya Pancar (EIRP) 10.000 Watt.
- Daya Pancar (EIRP) 20.000 Watt.

Adapun tinggi pemancar yang disimulasikan dalam penelitian ini adalah dengan ketinggian 50 Meter, 100 Meter dan 150 Meter. Adapun hasil simulasi ditampilk pada Tabel 5.

Tabel 4. Perubahan Koordinat Perancangan

Nama Stasiun	Lintang Selatan			Bujur Timur			DPL (meter)	Jarak (Km)	Keterangan
	drjt	mnt	dtk	drjt	mnt	dtk			
RNI_TP01	6	10	55.70	107	33	37.40	-0.70	70.00	Design Awal
RNI_TP01-A	6	13	3.70	107	33	37.40	6.70	66.37	Pergeseran
RNI_TP02	6	29	43.60	107	0	55.30	197.10	70.00	Design Awal
RNI_TP02-A	6	30	41.20	107	2	34.30	215.90	66.32	Pergeseran
RNI_TP03	6	29	43.60	108	6	30.00	18.90	70.00	Design Awal
RNI_TP03-A	6	30	47.40	108	4	15.90	41.00	65.57	Pergeseran
RNI_TP04	7	7	42.70	107	0	55.30	834.10	70.00	Design Awal
RNI_TP04-A	7	5	26.00	107	1	56.10	1,090,90	65.83	Pergeseran
RNI_TP05	7	7	42.70	108	6	30.00	738.10	70.00	Design Awal
RNI_TP05-A	7	7	48.20	108	4	12.10	1,339.00	66.24	Pergeseran
RNI_TP06	7	26	53.80	107	33	37.40	633.40	70.00	Design Awal
RNI_TP06-A	7	24	37.10	107	33	46.60	1,186.00	66.16	Pergeseran

Tabel 5. Hasil simulasi Daya dan Tinggi Pemancar

No.	Daya (Watt)	Jumlah Pemancar	Tinggi (meter)	Jumlah Pemirsa	Total Pemirsa	Coverage Population (%)	Rasio Daya: Jumlah Pemirsa
0.	5000	1	150	11,609,819	20,914,885	55.51	2,321.90
1.	100	7	50	10,458,825	20,914,885	50.01	14,941.18
2.	100	7	100	11,633,737	20,914,885	55.16	16,481.91
3.	100	7	150	12,060,282	20,914,885	57.66	17,228.97
4.	500	7	50	15,407,877	20,914,885	73.67	4,402.25
5.	500	7	100	16,676,194	20,914,885	79.73	4,764.63
6.	500	7	150	16,922,097	20,914,885	80.91	4,834.88
7.	1000	7	50	16,592,481	20,914,885	79.33	2,370.35
8.	1000	7	100	17,412,498	20,914,885	83.25	2,487.50
9.	1000	7	150	17,563,586	20,914,885	83.98	2,509.08
10.	5000	7	50	17,918,257	20,914,885	85.67	511.95
11.	5000	7	100	18,185,049	20,914,885	86.95	519.97
12.	5000	7	150	18,245,224	20,914,885	87.24	521.29
13.	10000	7	50	18,231,763	20,914,885	87.17	260.45
14.	10000	7	100	18,501,390	20,914,885	88.46	264.31
15.	10000	7	150	18,494,127	20,914,885	88.43	264.20
16.	20000	7	50	18,621,825	20,914,885	89.04	133.01
17.	20000	7	100	18,946,218	20,914,885	90.59	133.33
18.	20000	7	150	18,969,006	20,914,885	90.70	133.49

Rasio daya terhadap jumlah pemirsa dapat menjadi indikator efisiensi antara daya yang dikeluarkan dengan jumlah pemirsa yang terjangkau. Bila rasio semakin besar, maka dengan daya yang dikeluarkan lebih optimal dan efisien karena menjangkau pemirsa lebih banyak.

Kondisi saat ini (Stasiun Pemancar Panyandakan) beroperasi dengan 1 (satu) pemancar dengan daya sebesar 5.000 Watt dan Tinggi 150 Meter, telah menjangkau 11.609.819 orang, dengan rasio daya terhadap jumlah pemirsa adalah 2.321,96.

Dari data pada Tabel 6, terdapat tujuh hasil simulasi yang menjangkau pemirsa lebih banyak (>11.609.819 orang) dan dengan rasio daya terhadap jumlah pemirsa yang lebih besar (>2.321,96) dari kondisi saat ini, yakni sebagai berikut:

- a. Daya 100 Watt dan Tinggi 150 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 12.060.282 orang (*Coverage Population: 57.66%*).
- b. Daya 500 Watt dan Tinggi 50 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 15.407.877 orang (*Coverage Population: 73.67%*).
- c. Daya 500 Watt dan Tinggi 100 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 16.676.194 orang (*Coverage Population: 79.73%*).
- d. Daya 500 Watt dan Tinggi 150 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 16.922.097 orang (*Coverage Population: 80.91%*).
- e. Daya 1.000 Watt dan Tinggi 50 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau

- 16.592.481 orang (*Coverage Population*: 79.33%).
- f. Daya 1.000 Watt dan Tinggi 100 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 17.412.498 orang (*Coverage Population*: 83.25%).
- g. Daya 1.000 Watt dan Tinggi 150 Meter pada 7 (tujuh) Pemancar dapat menjangkau 17.563.586 orang (*Coverage Population*: 83.98%).

Simulasi / Analisa Keekonomian

Pembangunan lokasi pemancar baru membutuhkan biaya yang sangat besar. Tiang pemancar merupakan salah satu komponen biaya investasi awal (*Capital Expenditure/CAPEX*). Asumsi dan estimasi biaya pembangunan tiang pemancar berdasarkan hasil korespondensi dengan penyedia/pembangun (*vendor*) tiang pemancar adalah sebagai berikut:

- Pemancar dengan tinggi 50 Meter, estimasi biaya pembangunannya sebesar Rp. 200.000.000,-
- Pemancar dengan tinggi 100 Meter, estimasi biaya pembangunannya sebesar Rp. 300.000.000,-
- Pemancar dengan tinggi 150 Meter, estimasi biaya pembangunannya sebesar Rp. 450.000.000,-

Komponen CAPEX lainnya adalah pembangunan pemancar TV Digital, dengan asumsi dan estimasi biayanya berdasarkan hasil korespondensi dengan penyedia (*vendor*) perangkat telekomunikasi sebagai berikut :

- Daya 100 watt, estimasi pembangunan pemancar Rp. 250.000.000,-
- Daya 500 watt, estimasi pembangunan pemancar Rp. 925.000.000,-
- Daya 1.000 watt, estimasi pembangunan pemancar Rp. 1.600.000.000,-

Salah satu beban biaya operasional (*Operational Expenditure/OPEX*) adalah besar daya listrik yang digunakan untuk antena pemancar. Semakin besar daya pancar maka akan semakin besar biaya operasionalnya.

Asumsi penggunaan daya pancar 100 watt s.d. 1.000 watt menggunakan Golongan Tarif dengan biaya pemakaian Rp. 1.076,-/kWh (Peraturan Menteri ESDM, 2014), maka estimasi biaya operasional antena pemancar tiap bulannya adalah sebagai berikut:

- Antena dengan Daya Pancar 100 watt: Rp. 1.076,-/kWh x 0.1 kW (100 watt) x 21 Jam x 30 Hari = Rp. 67.788,- perbulan tiap pemancar.
- Antena dengan Daya Pancar 500 watt: Rp. 1.076,-/kWh x 0.5 kW (500 watt) x 21 Jam x

30 Hari = Rp. 338.940,- perbulan tiap pemancar.

- Antena dengan Daya Pancar 1.000 watt: Rp. 1.076,-/kWh x 1 kW (1.000 watt) x 21 Jam x 30 Hari = Rp. 677.880,- perbulan tiap pemancar.

Pada tahun 2010, pendapatan Non-APBN TVRI (Pendapatan Kerjasama dengan Pihak Ketiga, Pendapatan Iklan, Pendapatan Sewa Prasarana, dan pendapatan lainnya) berjumlah Rp.73.4 Milyar (Hasudungan, 2012). Di tahun tersebut, jangkauan populasi penduduk yang terlayani (*Coverage population, reaches*) oleh jaringan TVRI secara Nasional berjumlah 62% dari jumlah penduduk Indonesia, yakni sekitar 147.337.622 orang. (Jumlah Penduduk di tahun 2010 berjumlah 237.641.326 orang - Sumber BPS). Dari data tersebut di atas, maka dapat diestimasi bahwa tiap pemirsa memberikan keuntungan sekitar Rp.73.4 Milyar / 147.337.622 orang = Rp. 498,18 pertahun atau Rp. 41,52 perbulan.

Besarnya pengaruh variabel Biaya Siaran terhadap pendapatan Non-APBN hanya sekitar 28.3% dengan tingkat signifikansi sebesar 10% (Hasudungan, 2012). Dengan dasar tersebut diatas, maka keuntungan yang disumbangkan oleh Biaya Siaran sebesar 28.3% x Rp. 41,52 = Rp. 11,75 perpemirsa / perbulan.

Berdasarkan data-data di atas, maka dapat disimulasikan titik keseimbangan keuntungan (*Break Event Point / BEP*) dari 7 (tujuh) skenario yang direkomendasi.

Dengan perhitungan pada Persamaan (1), yaitu:

$$BEP = \frac{\text{Total CAPEX}}{(\text{Keuntungan} - \text{Total OPEX})} \quad (1)$$

Dengan rincian:

Total CAPEX = Tower Baru + Pemancar

Keuntungan Perbulan = Rp. 11,75 x Jumlah Pemirsa

Total OPEX = Biaya Listrik Bulanan x Jumlah Pemancar

- Daya 100 Watt dan Tinggi 150 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 32 Bulan.
- Daya 500 Watt dan Tinggi 50 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 43 Bulan.
- Daya 500 Watt dan Tinggi 100 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 43 Bulan.
- Daya 500 Watt dan Tinggi 150 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 47 Bulan.
- Daya 1.000 Watt dan Tinggi 50 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 66 Bulan.
- Daya 1.000 Watt dan Tinggi 100 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 66 Bulan.

g. Daya 1.000 Watt dan Tinggi 150 Meter, membutuhkan waktu BEP sekitar 69 Bulan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi/analisa lokasi pemancar (Teori Delay Spread) terhadap *Reference Network 1 (Large Service Area SFN) - Final Acts RRC06 ITU*, maka perubahan koordinat perancangan perluasan jangkauan siaran TV Digital diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Koordinat Perancangan

No	Nama Stasiun	Koordinat	
		Lintang Selatan	Bujur Timur
1	Stasiun Panyandakan	6° 48' 53.8"	107° 33' 37.4"
2	RNI-TPO1-A	6° 13' 03.7"	107° 33' 37.4"
3	RNI-TPO2-A	6° 30' 41.2"	107° 02' 34.3"
4	RNI-TPO3-A	6° 30' 47.4"	108° 04' 15.9"
5	RNI-TPO4-A	7° 05' 26.0"	107° 01' 56.1"
6	RNI-TPO5-A	7° 07' 48.2"	108° 04' 12.1"
7	RNI-TPO6-A	7° 24' 37.1"	107° 33' 46.6"

Berdasarkan hasil simulasi/analisa daya dan tinggi pemancar, dan hasil simulasi/analisa keekonomian, maka perluasan jangkauan wilayah dari Stasiun Pemancar TV Digital Panyandakan dengan sistem *Single Frequency Network (SFN)*, mengacu pada *Reference Network 1 (Large Service Area SFN) - Final Acts RRC06 ITU*, telah meningkatkan jumlah pemirsa yang dapat terlayani dari 11.609.819 orang (55.51%), meningkat, sebagaimana terlihat pada Tabel 7, dengan total pemirsa pada target peta wilayah layanan dengan koordinat 06° 09' 59.591" s.d.06° 32' 44.959" LS dan 106° 59' 39.089" s.d. 107° 48' 48.437" BT sebanyak 20.914.885 orang.

Tabel 7. Skenario Perancangan

Jumlah Pemirsa (Coverage Population)	Persentase Coverage Population (%)	Daya (Watt)	Tinggi (meter)	BEP (Bulan)
12,060,282	57.66	100	150	32
16,676,194	79.63	500	100	43
16,922,097	80.91	500	150	46
17,412,498	83.25	1,000	100	66
17,563,586	83.98	1,000	150	69

REFERENSI

Chen, L., P. Thevenon, G. Seco-Granados, O. Julien and H. Kuusniemi. Analysis on the TOA Tracking With DVB-T Signals for Positioning. *IEEE Transactions on Broadcasting*. 2016; 62 (4): 957-961. <http://dx.doi.org/10.1109/TBC.2016.2606939>
 Gao, Bo., Wang, Jun., and Zhang, Gege. Optimal Passive Detection using Digital Television Terrestrial Broadcasting Single Frequency Network. *Journal of Computational and*

Theoretical Nanoscience. 2016; 13 (1): 361-367. <http://x.doi.org/10.1166/jctn.2016.4813>
 International Telecommunication Union. *Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for the planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Region 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)*. 2006.
 Li, De-Jun., Fang, Shao-Jun., and Liu, Hong-Mei. Broadband stacked antenna based on E-shaped patch for digital terrestrial TV broadcasting transmission system. *Proceeding of 2016 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)*, Shanghai, 2016: 1-4. <http://dx.doi.org/10.1109/IEEE-IWS.2016.7585427>
 Maksimovic, M.S., Sikanja, S.D., & Trpovski, Z. Single Frequency Network for DVB-T and Evolution Towards DVB-T2. *Scientific Technical Review*. 2010; 60 (3-4): 93-100.
 O' Leary, Seamus. *Understanding Digital Terrestrial Broadcasting*. London: Artech House. 2000.
 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 9 tahun 2014 tentang *Tarif Tenaga Listrik yang disediakan oleh Perusahaan Perseroan PT Perusahaan Listrik Negara*, pada lampiran V mengenai Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum (Peraturan Menteri ESDM, 2014)
 Polak, L. et. al. Coexistence Between DVB-T/T2 and LTE Standards in Common Frequency Bands. *Wireless Personal Communication*. 2016; 88 (3): 669-684. <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-016-3191-2>
 Setiawan, Deni dan Habibulloh, Umar Said. Digital broadcasting techno-economic efficiency simulation model between DVB-T and DVB-T2 in Indonesia. *Proceeding of 2016 6th International Conference on Telecommunication Systems Services, and Application (TSSA)*. Bali, 2011; pp. 199-203. <http://dx.doi.org/10.1109/TSSA.2011.6095434>
 Hasudungan, Sinagam. Pengaruh Biaya Siaran, Biaya Pegawai dan Biaya Pemeliharaan terhadap Pendapatan Non-APBN Pada LPP TVRI Stasiun Pusat Jakarta. *Program Pascasarjana Universitas Terbuka*, Jakarta. 2012.
 Yrjola, S., E. Huuhka, P. Talmola and T. Knuutila. Coexistence of Digital Terrestrial Television and 4G LTE Mobile Network utilizing Supplemental Downlink concept: A Real Case Study. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2016; PP (99): 1. <http://dx.doi.org/10.1109/TVT.2016.2628088>