

Rancang Bangun Platform Sistem SFN TV Digital DVB-T2

Rakhmat Oktariza, Endroyono, Gatot Kusrahardjo
 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: endroyono@ee.its.ac.id, gatot@ee.its.ac.id

Abstrak— Menyambut implementasi penuh standar penyiaran TV digital DVB-T2 di Indonesia, pemahaman konsep dan realisasi terkait skema alokasi frekuensi dan susunan pemancar-penerima amat diperlukan untuk dapat melakukan perencanaan jaringan yang matang. Adanya suatu platform untuk implementasi, pengukuran dan analisis kinerja sistem DVB-T2 akan sangat membantu hal tersebut. Tugas Akhir ini bertujuan merancang platform sistem *Single Frequency Network* (SFN) untuk implementasi, pengukuran dan analisis pada aplikasi TV digital berstandar DVB-T2. Rancangan platform untuk pengukuran terdiri atas sebuah PC berisi *card* DekTec DTA-2131 dan antena UHF sebagai unit penerima, sedangkan dua buah PC berisi *card* DekTec DTA-2111 sebagai unit pemancar dan sebuah RF *channel simulator* ditambahkan untuk memungkinkan implementasi dan pengujian SFN secara mandiri dalam skala laboratorium. Pengukuran lapangan melalui *drive test* dilakukan dengan unit penerima sebagai evaluasi terhadap jaringan penyiaran TV digital di wilayah Gerbang Kertasusila. Hasil yang diperoleh kemudian digunakan dalam simulasi untuk menentukan rekomendasi skenario pengimplementasian SFN di wilayah tersebut, terutama dalam kaitannya dengan faktor *Power Imbalance* (PI) antara dua atau lebih pemancar. Platform yang dirancang sudah mampu diaplikasikan untuk pengukuran dan evaluasi jaringan penyiaran *existing*. Sementara hasil pengukuran dari 8 *test point* memberikan rata-rata level RF sebesar -67,70 dBm dan CNR sebesar 20,40 dB untuk wilayah Gerbang Kertasusila. Skenario pasangan pemancar yang direkomendasikan dari hasil simulasi adalah Tx1-2 untuk SFN-SISO dan Tx2-3 untuk SFN-MISO.

Kata Kunci— *Drive Test*, DVB-T2, Platform, SFN

I. PENDAHULUAN

PEMERINTAH sudah menetapkan bahwa standar siaran televisi digital yang diterapkan di Indonesia adalah *Second Generation Digital Terrestrial Video Broadcasting* (DVB-T2) [1]. Menyambut implementasi penuh standar penyiaran tersebut, selain penataan ulang spektrum frekuensi, pemahaman konsep dan realisasi skema pembagian frekuensi serta skenario-skenario susunan pemancar-penerima yang cocok diterapkan di negara kepulauan seperti Indonesia menjadi amat penting untuk dapat melakukan perencanaan jaringan yang matang.

Kemajuan teknologi pemrosesan data, peningkatan kualitas dan efisiensi perangkat pemancar dan penerima, serta pengembangan teknik-teknik pengkodean, modulasi, *multiplexing* dan manipulasi kanal pada teknologi penyiaran digital membuka peluang untuk konfigurasi pengalokasian spektrum frekuensi dan mitigasi kanal yang lebih efektif dan efisien. Salah satu diantaranya adalah skema perencanaan jaringan *Single Frequency Network* (SFN) yang mampu mengungguli skema sebelumnya, yakni *Multiple Frequency*

Network (MFN) dalam hal efisiensi pemakaian frekuensi serta kemudahan dalam penentuan regulasi. Pemerintah juga sudah menyatakan bahwa metode SFN dapat menjadi opsi untuk meningkatkan kualitas penerimaan siaran [2].

Kendala yang umum ditemui dalam pengimplementasian skema SFN diantaranya adalah persyaratan kerjanya yang tinggi, perlunya perencanaan sistem yang kompleks, serta banyaknya opsi konfigurasi yang memungkinkan. Analisis dan evaluasi kinerja dalam skema SFN juga perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti *Power Imbalance* (PI), *delay* relatif (Δt), dan kanal propagasi (σ_{sp}). Adanya suatu platform untuk implementasi, pengukuran, dan analisis SFN pada aplikasi DVB-T2 akan dapat membantu peneliti, *engineer*, dan pihak-pihak yang berperan dalam perencanaan dan *monitoring* jaringan TV digital untuk lebih memahami cara kerja SFN dan menjamin kualitas transmisi terbaik untuk penyiaran nasional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penyiaran TV Digital di Indonesia

Melihat dari teknologi penyiaran TV analog, peralihan ke televisi digital dimaksudkan untuk mengatasi kelemahan-kelemahan dari teknologi sebelumnya. Beberapa diantara kelebihan yang ditawarkan televisi digital adalah sebagai berikut :

1. Kualitas siaran yang lebih stabil dan tahan terhadap gangguan (interferensi, suara dan/atau gambar rusak, berbayang, dsb.), dimana dalam siaran televisi digital hanya dapat diperoleh kemungkinan “gambar bagus” atau “tidak ada gambar sama sekali”.
2. Memungkinkan untuk siaran dengan resolusi tinggi berkualitas HDTV secara lebih efisien.
3. Kemampuan penyiaran *multi-channel* dan *multi-program* dengan pemakaian kanal frekuensi yang lebih efisien.
4. Kemampuan transmisi audio, video, serta data sekaligus. Memungkinkan untuk fitur *Electronic Program Guide* (EPG).

Saat ini Indonesia masih ada pada masa penyiaran simultan antara televisi analog dan digital (*simulcast*), dan sedang mempersiapkan diri untuk migrasi penuh (*switchover*) ke televisi digital pada tahun 2020 mendatang. Namun berbagai kendala hukum terkait regulasi penyiaran dan pemberian hak *multiplexing* (MUX) akhir-akhir ini, seperti putusan PTUN tanggal 5 Maret 2015 yang menggugurkan PM Kominfo No. 22 Tahun 2011, mengakibatkan belum adanya kepastian terkait rencana migrasi tersebut.

B. 2nd Generation Digital Terrestrial Video Broadcasting (DVB-T2)

Merupakan standar teknologi televisi digital modern yang dikembangkan oleh konsorsium DVB dan distandardisasi oleh *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) pada tahun 2009. Standar ini merupakan pengembangan langsung dari DVB-T, dengan fitur utamanya ada pada implementasi beberapa *Physical Layer Pipe* (PLP) sekaligus. Fitur ini juga didukung modulasi *Orthogonal-Frequency Division Multiplexing* (OFDM), pengkodean kanal (*channel coding*) berturut-turut dan mekanisme *interleaving*, sehingga dapat menghasilkan laju bit (*bit rate*) yang lebih tinggi dari DVB-T, mencapai 50 Mbps (dibanding DVB-T yang maksimal hanya mencapai 31 Mbps). Potensi *bit rate* yang lebih tinggi menjadikan standar DVB-T2 lebih cocok untuk implementasi penyiaran HDTV, atau untuk implementasi SDTV dapat memberikan performa yang lebih terjamin dan terlindung dari kemungkinan gangguan selama propagasi.

Tabel 1.
Perbandingan fitur antara standar DVB-T dan DVB-T2

Aspek	DVB-T	DVB-T2
Modulasi	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
FEC	Conv. Coding + RS 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	BCH + LDPC 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 5/6
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
FFT Size	2k, 4k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Scattered Pilot	8% dari total	1%, 2%, 4%, 8% dari total
Continual Pilot	2.6% dari total	0.35% dari total

C. Single Frequency Network (SFN)

Merupakan salah satu skema jaringan *broadcast* di samping *Multi Frequency Network* (MFN), dimana sekelompok pemancar dapat mentransmisikan sinyal yang sama dalam satu kanal frekuensi secara bersamaan. Skema ini bertujuan untuk memperoleh jaringan *broadcast* yang lebih efisien dalam hal pemakaian spektrum frekuensi, serta memperoleh *coverage* dan pencegahan *outage* yang lebih baik dibandingkan skema MFN. Karakteristik SFN ini menjadikannya salah satu opsi terbaik untuk implementasi siaran televisi digital, karena dengan susunan regulasi yang tepat serta perencanaan yang baik, penghematan spektrum frekuensi yang diberikan skema SFN akan dapat dimanfaatkan untuk bidang-bidang telekomunikasi lainnya, semisal untuk implementasi 4G.

Salah satu aspek kunci yang perlu menjadi pertimbangan dalam perencanaan dan implementasi skema SFN adalah pentingnya menangani bagian-bagian *coverage* yang saling bersinggungan [3].

Analisis dari hasil pengukuran SFN baik untuk teknik SISO maupun MISO akan menghasilkan data terkait *gain performance* yang akan diwakili parameter *Carrier-to-Noise Ratio* (CNR) minimal yang diperlukan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi performansi praktikal pada implementasi SFN seperti *Power Imbalance* (PI), *delay* relatif (Δt), dan kanal propagasi (σ_{sp}).

D. Pengaruh Power Imbalance (PI) Terhadap Kinerja SFN

Untuk implementasi SFN dengan baik dengan teknik SISO ataupun MISO, selain mempertimbangkan faktor sinkronisasi di penerima dengan mengalokasikan *delay* dari tiap pemancar (τ_i) yang terkontrol, PI juga menjadi salah satu faktor yang menentukan apakah implementasi SFN dapat memperkuat atau justru memperlemah kinerja penerimaan siaran.

Mengacu pada hasil *field trial* di Jerman dan Spanyol [4] untuk implementasi SISO pada SFN, wilayah dimana didapati persinggungan *coverage* antar pemancar SFN dengan kisaran nilai PI antara 0-3 dB dapat menyebabkan degradasi kinerja siaran. Hal ini berakibat pada peningkatan syarat minimum CNR untuk memperoleh penerimaan sinyal yang layak.

Sementara itu untuk nilai PI di atas 3 dB, yang mana didapati pada wilayah dimana persinggungan *coverage* SFN tidak begitu signifikan atau tidak ada sama sekali, efek degradasi akibat SFN dapat diabaikan karena tidak ada peningkatan signifikan dari persyaratan CNR minimum, jika dibandingkan dengan peningkatan ketika PI bernilai 0-3 dB. Keberadaan degradasi untuk nilai PI di atas 3 dB lebih disebabkan oleh faktor profil kanal, contohnya kanal Rayleigh yang memiliki kriteria nilai variasi spektrum (τ_{sp}) di atas 3 dB.

Untuk implementasi MISO pada SFN, analisis data di lapangan dan simulasi pada taraf sistem menunjukkan bahwa MISO mampu memberikan peningkatan kinerja melalui parameter MISO *Gain* dengan formulasi sebagai berikut [4] :

$$G_{MISO}(dB) = CNR_{min_SISO}(dB) - CNR_{min_MISO}(dB) \tag{1}$$

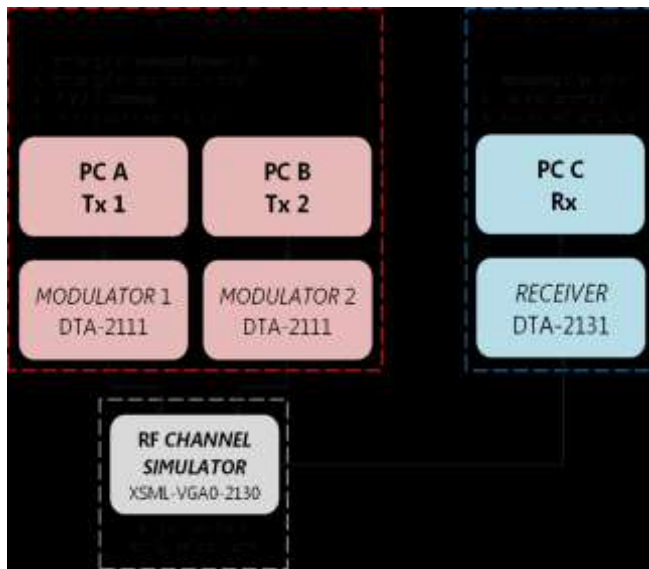
Degradasi pada SFN-SISO yang menjadikan tingginya syarat CNR minimum tidak memberikan efek yang begitu signifikan pada SFN-MISO, sehingga diperoleh peningkatan kinerja dari nilai MISO *Gain* yang positif. Namun pada kondisi dimana efek SFN tidak relevan, implementasi MISO justru memberikan degradasi kinerja. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja SISO dan MISO pada SFN turut bergantung pada faktor *Power Imbalance* (PI).

III. PERANCANGAN SISTEM & METODOLOGI

A. Fondasi Perancangan

Konsep untuk platform sistem SFN dalam Tugas Akhir ini berasal dari sistem *monitoring* SLA TV digital DVB-T2 yang sudah ada di Laboratorium AJ-404 Jurusan Teknik Elektro ITS. Sistem *monitoring* tersebut berupa elemen penerima (*Rx*) yang meliputi *hardware* [5] dan *software* [6] untuk melakukan ekstraksi data, penampilan dan perekaman siaran TV digital melalui perangkat *Personal Computer* (PC).

Sebagai pengembangan dari sistem tersebut, rancangan untuk platform SFN akan membutuhkan tambahan *resource* berupa *hardware* dan *software* yang mampu mendukung dalam pengimplementasian sistem SFN untuk aplikasi TV digital DVB-T2. Tambahan tersebut utamanya adalah untuk elemen pemancar (*Tx*).



Gambar 1. Model platform pengujian SFN DVB-T2 berbasis laboratorium

B. Kebutuhan Komponen

Rancangan platform SFN akan memanfaatkan dua unit PC sebagai elemen pemancar dalam lingkungan SFN, selain satu unit komputer yang sudah ada sebagai elemen penerima sekaligus *monitoring* dan analisis. Pembangkitan sinyal dilakukan melalui PC dengan bantuan *software built-in* yang kompatibel dengan *modulator card*, yang mana sudah sekaligus berfungsi untuk pembangkitan TS, PLP, dan T2-Gateway.

Media transmisi untuk pengujian dapat memanfaatkan susunan antenna fisik dengan konfigurasi frekuensi yang sama sesuai persyaratan SFN, dengan tambahan komponen *attenuator* untuk manipulasi aspek kanal. Opsi lainnya adalah dengan memanfaatkan komponen *RF channel simulator*, dimana posisinya ada di antara pemancar dan penerima melalui kabel, menggantikan peran kanal *wireless* dan susunan antenna sehingga dapat mengatasi keterbatasan terkait ruang dan pilihan model kanal. Opsi yang direkomendasikan untuk rancangan ini adalah memanfaatkan *RF channel simulator*.

Pada sisi penerima, proses akan berpusat pada pengambilan parameter sinyal DVB-T2 melalui *software monitoring* yang sudah dikembangkan [6], serta perekaman siaran yang diujikan, untuk kemudian dari keduanya akan dilakukan analisis untuk evaluasi sistem SFN. Parameter utama yang dialami untuk analisis adalah level RF dan CNR dari sinyal siaran yang ditangkap.

Tabel 2. Rekomendasi *hardware* untuk realisasi platform SFN

No.	Komponen	Spesifikasi	Jml.
1.	PC High-end rakitan	<ul style="list-style-type: none"> CPU : Intel Core i7-4770 3.40 GHz GPU : MSI Geforce GTX760 4 GB HDD : Western Digital 1 TB RAM : DDR3 4 GB x 2 pcs DVD-RW : Samsung M-Disc Monitor : LG LED 20EN33 20" Peripheral : Logitech 	1
2.	PC Mid-end ASUS M32AD	<ul style="list-style-type: none"> CPU : Intel Core i5-4460 3.20 GHz HDD : 1 TB RAM : DDR3 4 GB Monitor : Samsung SyncMaster LCD 2043SWX 20" Peripheral : Asus 	2

No.	Komponen	Spesifikasi	Jml.
3.	Modulator Card DekTec DTA2111	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Freq. Range</i> : 36~1002 MHz • <i>Bandwidth</i> : Max. 8 MHz • <i>Level RF</i> : -32 ~ -9 dBm • <i>IQ Sample Rate</i> : 4.7~9.375 MHz • <i>MER</i> : >40 dB • <i>Adjacent channel</i> : -54 dB (QAM) / -52 dB (OFDM) • <i>DTV Standard</i> : DVB-T/T2, DVB-H/SH, DTMB, ATSC, ISDB, dsb. 	2
4.	Receiver Card DekTec DTA2131	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Freq. Range</i> : UHF 42~870 MHz • <i>Sensitivity</i> : -90 ~ -20 dBm • <i>Bandwidth</i> : 1.7/5/6/7/8/10 MHz • <i>Input Return Loss</i> : >8 dB • <i>SNR</i> : 50 dB • <i>MER</i> : 10~24 dB • <i>I/Q Sample Rate</i> : 1.25~40 Msps • <i>I/Q Sample Size</i> : 16-bit I + 16-bit Q • <i>Interface</i> : PCI-Express • <i>DTV Standard</i> : DAB+, DVB-T/T2, DVB-C2, ISDB-T • Mendukung SDR 	1
5.	RF Channel Simulator Vega XSML-VGA0-2130	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Freq. Range</i> : UHF 470-862 MHz • <i>RF I/O</i> : -15 ~ -25 dBm / -20 ~ -110 dBm • <i>Channel Profile</i> : F1, P1, TU6, P13, PO3, dsb. • <i>AWGN Generator</i> : CNR -4 ~ +40 dB • <i>DTV Standard</i> : DVB-T/T2, DVB-H/SH, DTMB, ATSC, ISDB, dsb. • <i>TFT Touch Display, USB, Remote-capability</i> 	1
6.	UPS PROLINK Pro903S	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Capacity</i> : 3 kVA / 2.4 kW • <i>I/O</i> : 208/220/230/240 VAC • <i>Freq. Range</i> : 40~70 Hz <i>Auto-sensing</i> • Panel LCD <i>Monochrome</i> dengan <i>Backlight & Alarm</i> 	1

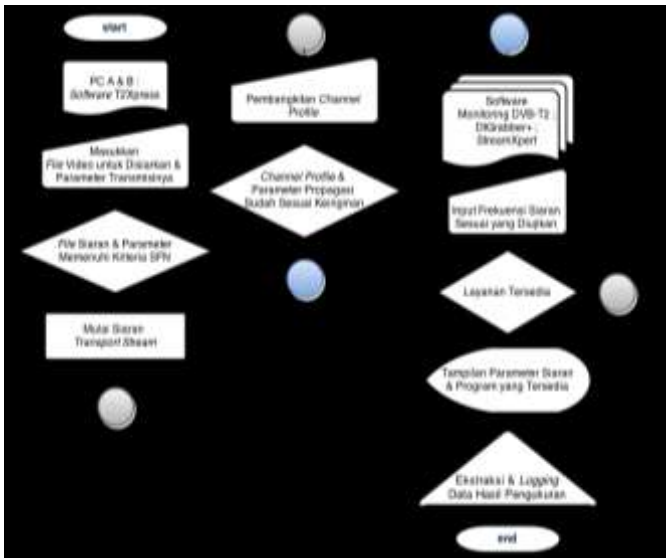
C. Metodologi Pengujian

Rancangan platform SFN DVB-T2 dapat digunakan dalam dua model pengujian, yakni :

1. Pengujian skala laboratorium, memanfaatkan semua unit pemancar, penerima dan media transmisi untuk implementasi SFN secara mandiri
2. Evaluasi jaringan *existing*, memanfaatkan elemen penerima untuk pengukuran lapangan melalui *drive test*, dimana PC penerima bersama antenna UHF akan diangkat dalam kendaraan untuk identifikasi dan evaluasi jaringan penyiaran digital resmi yang sudah mengudara, selain untuk menghasilkan referensi dan rekomendasi dalam implementasi SFN

Tabel 3. Identifikasi kelebihan dan kekurangan rancangan platform SFN DVB-T2

Kelebihan	Kekurangan
Mampu memfasilitasi pengujian SFN mandiri berskala laboratorium maupun evaluasi jaringan <i>existing</i> melalui <i>drive test</i>	<i>Software</i> dari DekTec (<i>monitoring</i> , pengukuran dan perekaman) tidak mampu beroperasi secara simultan dalam satu PC
Implementasi <i>RF channel simulator</i> menjadikan platform mampu mengatasi keterbatasan ruang dan opsi konfigurasi kanal untuk pengujian skala laboratorium dibandingkan implementasi dengan susunan antenna fisik	<i>Software</i> belum mampu melakukan perekaman data I/Q dalam bentuk data numerik, agar nantinya dapat direpresentasikan ulang dalam analisis



Gambar 2. Flowchart pengujian laboratorium platform SFN

Menyesuaikan dengan ketersediaan *resource* selama periode pengerjaan Tugas Akhir ini, maka diambil opsi kedua sebagai model pengujian. Wilayah sasaran pengukuran adalah Gerbang Kertausila, Jawa Timur yang terdiri atas Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Lamongan, Mojokerto dan Bangkalan. Wilayah ini termasuk dalam Zona Layanan VII untuk penyiaran TV digital terestrial.

Pengukuran dilakukan pada 8 *test point* berbeda yang tersebar di wilayah Gerbang Kertausila, dimana untuk masing-masing kanal yang terdeteksi menyediakan siaran digital akan dilakukan perekaman sebanyak 100 sampel data dari setiap parameter ukur.

Tabel 4.

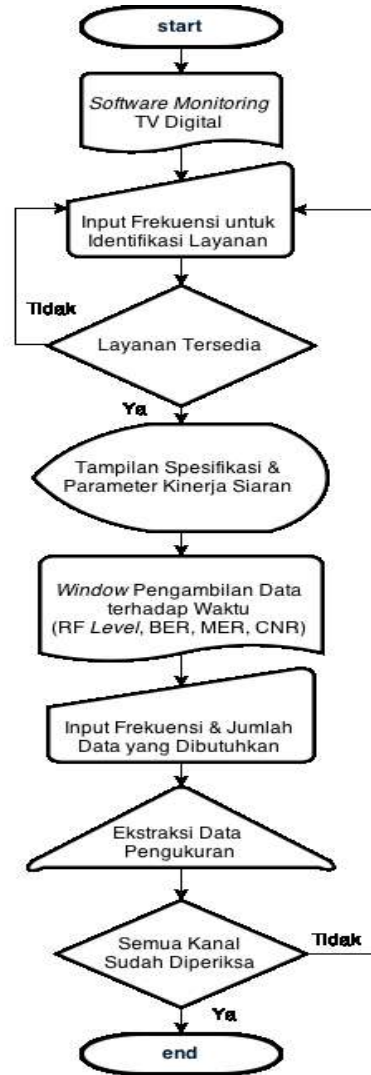
Data yang diambil selama pengukuran di setiap *test point*

Spesifikasi Siaran	Parameter Pengukuran
1. Ketersediaan layanan	1. Level RF (dBm)
2. Frekuensi	2. BER
3. Kanal	3. MER (dB)
4. <i>Bandwidth</i>	4. CNR (dB)
5. Modulasi	5. Waktu <i>sampling</i> /data
6. <i>Code Rate</i>	6. Koordinat <i>test point</i> (<i>latitude & longitude</i>)
7. FEC	7. Waktu pengukuran
8. FFT	
9. <i>Guard Interval</i>	
10. Mode (SISO/MISO)	

D. Metode Evaluasi

Melalui hasil pengukuran yang diperoleh, akan dilakukan langkah-langkah validasi dan evaluasi untuk jaringan penyiaran TV digital yang ada di wilayah Gerbang Kertausila sebagai berikut :

1. Evaluasi ketersediaan siaran digital di Gerbang Kertausila
2. Validasi nilai CNR dan level RF yang diterima sesuai syarat minimum dari ETSI [7] dan NorDig [8]
3. *Mapping* pemancar yang mengudara di kanal digital dan penarikan jarak terhadap masing-masing *test point* untuk *plotting scatter daya* terima terhadap jarak
4. Simulasi SFN melalui penyusunan matriks daya terima terhadap tiap skenario pasangan pemancar untuk menentukan rekomendasi penerapan SFN baik dalam teknik SISO maupun MISO



Gambar 3. Flowchart pengukuran lapangan kinerja siaran TV digital

IV. PENGUKURAN DAN ANALISIS

A. Identifikasi Layanan di Gerbang Kertausila

Hasil pengukuran melalui drive test pada 8 *test point* di Gerbang Kertausila menunjukkan bahwa dari 24 kanal yang disediakan untuk siaran digital hanya 3 yang terdeteksi menyediakan layanan, terhitung sejak keluarnya putusan PTUN tanggal 5 Maret 2015.

Tabel 5.

Ketersediaan siaran digital sebelum dan sesudah keluarnya putusan PTUN

Frekuensi (MHz)	Kanal	Sebelum Putusan PTUN 5/3/15	Setelah Putusan PTUN 5/3/15
486 - 494	23	TVONE	TIDAK TERSEDIA
		ANTV	
502 - 510	25	Metro TV	Metro TV
		BBSTV	BBSTV
518 - 526	27	KOMPAS TV	KOMPAS TV
		TRANS TV	TRANS TV
		TRANS 7	TRANS 7
582 - 590	35	TVRI JATIM	TVRI JATIM
		TVRI 3	TVRI 3
		TVRI NASIONAL	TVRI NASIONAL
		TVRI 4	TVRI 4
		TVRI HD	TVRI HD
630-638	41	RCTI	TIDAK TERSEDIA
		MNC TV	
		GLOBAL TV	

B. Validasi Nilai CNR dan Level RF

Tabel 6.

Kriteria validasi nilai CNR dan level RF hasil pengukuran

NILAI	KRITERIA
TIDAK TERSEDIA	software monitoring tidak mampu menampilkan parameter selain level RF (muncul dialog box bahwa layanan tidak tersedia)
BURUK	Level RF : Tidak memenuhi persyaratan minimum dari NorDig baik untuk profil kanal AWGN maupun 0 dB echo Untuk CNR : Tidak memenuhi persyaratan minimum dari ETSI untuk semua profil kanal yang didefinisikan
CUKUP	Level RF : Memenuhi persyaratan minimum dari NorDig hanya untuk profil kanal AWGN CNR : Memenuhi persyaratan minimum dari ETSI hanya untuk profil kanal AWGN dan/atau Ricean
BAIK	Level RF : Memenuhi persyaratan minimum dari NorDig baik untuk profil kanal AWGN maupun 0 dB echo CNR : Memenuhi persyaratan minimum dari ETSI untuk semua profil kanal yang didefinisikan

Tabel 7.

Validasi nilai rata-rata CNR dan level RF dari hasil pengukuran

Kanal 25 (Tx1)	CNR (dB)	22,9	20,2	13,7	22,2	-	-	-	8,7
	Level RF (dBm)	-60,4	-68,3	-72,9	-60,8	-84,9	-88,4	-74,8	-73,4
Kanal 27 (Tx2)	CNR (dB)	16,6	20,8	22,9	19,9	-	18,7	27,5	28,8
	Level RF (dBm)	-58,2	-60,6	-62,5	-52,1	-81,4	-73,0	-58,9	-62,0
Kanal 35 (Tx3)	CNR (dB)	11,3	27,5	22,0	29,5	4,4	-	26,4	23,7
	Level RF (dBm)	-65,3	-57,9	-64,7	-46,9	-84,6	-85,9	-61,7	-65,3
Keterangan									
TIDAK TERSEDIA		BURUK		CUKUP		BAIK			

C. Mapping Pemancar

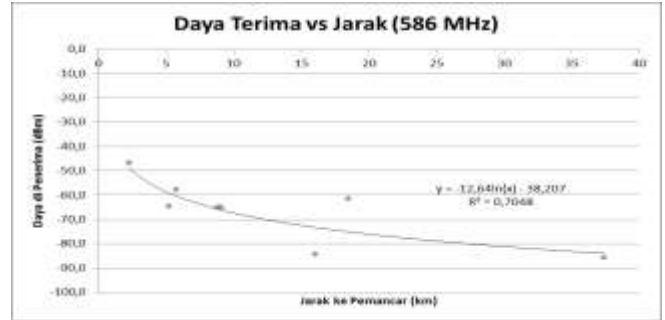
Pemetaan yang dilakukan terhadap ketiga pemancar digital di wilayah Gerbang Kertausila menghasilkan matriks jarak antar tiap titik, yang mana kemudian digabungkan dengan matriks daya terima pada tiap titik untuk menghasilkan scatter plot hubungan daya terima terhadap jarak.



Gambar 4. Scatter plot daya terima terhadap pemancar Tx1 (506 MHz)



Gambar 5. Scatter plot daya terima terhadap pemancar Tx2 (522 MHz)



Gambar 6. Scatter plot daya terima terhadap pemancar Tx3 (586 MHz)

D. Simulasi SFN dari Hasil Pengukuran

Penyusunan matriks daya terima untuk tiap kombinasi pemancar dimaksudkan sebagai simulasi skema SFN dari data lapangan, dimana setiap pasangan pemancar diasumsikan mentransmisikan sinyal dengan konten dan spesifikasi yang sama, dengan frekuensi yang sama (toleransi pergeseran maks. 1 Hz), dan delay yang terkontrol, untuk memenuhi persyaratan dasar implementasi SFN. Selisih absolut dari daya antara kedua pemancar ditampilkan sebagai parameter Power Imbalance (PI) yang merupakan salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kinerja SFN pada aplikasi DVB-T2, terutama untuk pemakaian teknik SISO dan MISO.

Tabel 8.

Matriks daya terima (dBm) dan PI (dB) terhadap kombinasi pemancar

	TP 0	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
Tx1	-60,4	-68,3	-72,9	-60,8	-84,9	-88,4	-65,3	-73,4
Tx2	-58,2	-60,6	-62,5	-52,1	-81,4	-73	-58,9	-62
PI	2,2	7,7	10,4	8,7	3,5	15,4	6,4	11,4
	TP 0	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
Tx1	-60,4	-68,3	-72,9	-60,8	-84,9	-88,4	-65,3	-73,4
Tx3	-65,3	-57,9	-64,7	-46,9	-84,6	-85,9	-61,7	-65,3
PI	4,9	10,4	8,2	13,9	0,3	2,5	3,6	8,1
	TP 0	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
Tx2	-58,2	-60,6	-62,5	-52,1	-81,4	-73	-58,9	-62
Tx3	-65,3	-57,9	-64,7	-46,9	-84,6	-85,9	-61,7	-65,3
PI	7,1	2,7	2,2	5,2	3,2	12,9	2,8	3,3
Keterangan :				0dB<PI<3dB				PI>3dB

Data nilai PI di atas menunjukkan bahwa semisal implementasi SFN-SISO untuk DVB-T2 di Gerbang Kertausila menggunakan konfigurasi yang serupa dengan di atas, maka diprediksi kejadian degradasi akibat efek SFN paling banyak akan ditemui pada skenario Tx2-3, dengan total 3 kejadian dari 8 test point. Melihat tidak ada skenario

dimana degradasi sama sekali tidak ditemui, maka diambil skenario Tx1-2 sebagai opsi terbaik untuk implementasi SFN-SISO, dengan prediksi kejadian degradasi hanya 1 dari 8 *test point* atau sebesar 12,5%.

Sementara itu semisal implementasi SFN menggunakan teknik MISO, maka justru akan diperoleh peningkatan performa pada wilayah dimana efek SFN memberikan degradasi terhadap kinerja SFN-SISO. Sesuai dengan formulasi (1), maka MISO *Gain* positif diprediksi akan paling banyak diperoleh pada skenario Tx2-3. Terlebih lagi skenario Tx2-3 memiliki rata-rata PI terkecil sebesar 4,92 dB, sehingga efek degradasi terhadap SFN-MISO ketika PI lebih besar 3 dB tidak akan terlalu signifikan jika dibandingkan dengan skenario lain, menjadikan skenario Tx1-3 sebagai opsi terbaik untuk implementasi SFN-MISO di Gerbang Kertasusila, dengan prediksi perolehan MISO *Gain* positif sebanyak 3 dari 8 *test point* atau sebesar 37,5%.

E. Rekomendasi untuk Implementasi Platform SFN

Menggunakan hasil pengukuran lapangan, simulasi SFN dan referensi dari literatur terkait, dapat disusun beberapa poin rekomendasi untuk pengembangan dan implementasi platform SFN DVB-T2 sebagai berikut :

1. Faktor PI amat berpengaruh pada kinerja SFN secara keseluruhan dan memiliki efek yang berbeda untuk SISO dan MISO, sehingga dalam implementasi perlu diperhatikan selisih daya antar pemancar untuk menghindari degradasi kinerja dan memperoleh *gain* yang positif (untuk implementasi MISO). PI dapat dimanipulasi melalui *attenuator* atau RF *channel simulator* dengan menjadikan salah satu pemancar sebagai kontrol.
2. Profil kanal 0 db *echo profile* direkomendasikan sebagai referensi untuk implementasi SFN, terutama jika menggunakan perangkat RF *channel simulator*. Selain karena adanya standar dari ETSI dan NorDig yang dapat digunakan sebagai validasi, profil kanal ini dipilih karena kesesuaiannya dengan konsep SFN sekaligus memudahkan untuk simulasi pengaruh parameter PI.
3. Pemakaian susunan antena fisik sebagai alternatif untuk pengujian laboratorium semisal RF *channel simulator* belum dapat disediakan. Opsi konfigurasi kanal dan propagasi yang diberikan metode ini relatif terbatas karena bergantung pada kanal nirkabel *indoor/outdoor* yang sebenarnya, namun dapat dibantu dengan menambahkan *attenuator* untuk implementasi parameter PI. Untuk menghindari risiko interferensi dari kanal penyiaran *existing*, maka dapat dipilih kanal digital yang saat ini belum terpakai (selain kanal 25, 27, dan 35).

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Poin-poin kesimpulan yang dapat diambil dari rancangan dan pengukuran dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Elemen penerima dari sistem yang dirancang sudah mampu diaplikasikan untuk pengukuran dan evaluasi jaringan penyiaran *existing*, baik dalam laboratorium

maupun melalui *drive test*, sekalipun *resource* belum terlengkapi sepenuhnya.

2. Untuk Zona Layanan VII wilayah Gerbang Kertasusila, teridentifikasi hanya ada tiga kanal yang menyediakan siaran TV digital, yakni kanal 25 (MUX Metro TV & BBS TV), kanal 27 (MUX Trans Group & Kompas TV), dan kanal 35 (MUX TVRI), terhitung sejak keluarnya putusan PTUN terkait penyelenggaraan TV digital.
2. Rata-rata nilai level RF secara keseluruhan diperoleh sebesar -67,70 dBm, dimana sebanyak 79% dari hasil pengukuran memenuhi syarat minimum yang diberikan NorDig untuk kondisi *30 sec. error-free video*.
3. Rata-rata nilai CNR dari 19 pengukuran dimana siaran digital terdeteksi diperoleh sebesar 20,40 dB, dimana sebanyak 58% diantaranya memenuhi syarat minimum dari ETSI untuk kondisi QEF.
4. Hasil simulasi SFN dengan data pengukuran di Gerbang Kertasusila menunjukkan bahwa kombinasi pasangan pemancar yang direkomendasikan untuk implementasi SFN-SISO di wilayah tersebut adalah skenario Tx1-2, dengan prediksi degradasi sebanyak 1/8 *test point*. Sedangkan untuk implementasi SFN-MIMO direkomendasikan skenario Tx2-3, dengan prediksi perolehan MISO *Gain* positif sebanyak 3/8 *test point*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Standar Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (*Free-to-Air*), Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2012.
- [2] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 32 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Secara Digital dan Penyiaran Multipleksing Melalui Sistem Terrestrial, Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2013.
- [3] Roadmap for the transition from analogue to digital terrestrial television broadcasting in the Republic of Indonesia, ITU, November 2013.
- [4] J. Morgade, P. Angueira, A. Arrindra, R. Pfeffer, V. Steinmann, J. Frank, and R. Brugger, "SFN-SISO and SFN-MISO Gain Performance Analysis for DVB-T2 Network Planning," IEEE Trans. Broadcast., vol. 60, no. 2, pp. 272-286, June 2014.
- [5] Pasanda, E.I.G., "Rancang Bangun Sistem Monitoring DVB-T2 Berbasis Hardware", Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [6] Putra, G.A., "Rancang Bangun Software Sistem Monitoring TV Digital DVB-T2", Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [7] Implementation Guidelines for A Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2), ETSI TS 102 831 V1.2.1, August 2012.
- [8] NorDig Unified Test Specification for DVB-T2 Addendum v1.0.1, NorDig, May 2010.