

# PEMANCAR TELEVISI VHF MENGATASI BLANK SPOT DI TULAKAN PACITAN

Heri Wijayanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Ponorogo  
Jln. Budi Utomo No. 10 Ponorogo  
[hery@yahoo.com](mailto:hery@yahoo.com)

## ABSTRACTS

*Television program becomes a daily needs for most people, we can find as the television sets in every house. Even more on in rural area. The program is more and more interesting and news presented lively. And television is a vital for the people.*

*But the blank spot (electromagnetic coverage area wave), it is very hard to get the program. As it is geographical area that does not work for UHF television broadcast relay whether private or state program. If the blank spot area wants to get the program they have to spend a lot costs on trying to afford the satellite dish. It is not easy to afford to cost of this device.*

*It is the problem of Bubagan people in Tulakan district, Pacitan regency. They do not have television signal for UHF. If they wish to get it, they have to spend a lot of cost in enjoying Television program. As they have to buy satellite dish. In this area most people do not have television sets*

*Keywords:*

### 1. Pendahuluan

Televisi merupakan sarana informasi yang efektif, murah dan mudah. Efektifitas Televisi sebagai sarana komunikasi dapat dirasakan dengan banyaknya informasi yang disajikan dari berbagai belahan dunia dapat diterima oleh masyarakat secara langsung, televisi memadukan video (gambar) dan audio (suara) secara serentak sehingga memberikan daya tangkap yang lebih dibandingkan media yang mengandalkan video saja atau audio saja. Sebagai sarana yang murah dapat ditinjau dari biaya yang dikeluarkan untuk menikmati hiburan, informasi dan komunikasi sangat kecil.

*Blank spot area* (daerah diluar jangkauan pancaran gelombang electromagnetic), kebanyakan disebabkan oleh letak geografis yang tidak menguntungkan untuk menerima suatu relay siaran televisi baik nasional maupun swasta. Untuk dapat menangkap siaran televisi masyarakat di daerah *blank spot* harus menggunakan Antena Parabola, sehingga untuk dapat menangkap siaran Televisi harus mengeluarkan uang yang cukup banyak, dan tidak semua mampu membelinya.

Membuat pemancar dengan gelombang *Ultra High Frequency* (UHF) jauh lebih mahal dibandingkan dengan *Very High Frequency* (VHF) padahal kualitas gambar secara kasat mata adalah sama atau mendekati sama antara UHF dengan VHF, sehingga perlu alternative pemecahan untuk mengatasinya dengan mengolah penerimaan UHF (sebagai inputan) dan dipancarkan melalui pemancar televisi VHF.

Letak geografis Pacitan di sebelah barat daya provinsi Jawa Timur yang berbatasan dengan Propinsi Jawa Tengah, berada pada 7.55° s/d 8.17 ° Lintang Selatan dan 110.5° s/d 111.2°

Bujur Timur. Luas Kabupaten Pacitan 1.389.871,6 KM<sup>2</sup>, yang sebagian besar berupa bukit dan gunung, jurang terjal dan termasuk deretan Pegunungan Seribu yang membujur sepanjang Pulau Jawa. Secara keseluruhan daerahnya bergelombang (88%). Gunung tertinggi adalah Gunung Limo yang terletak di Kecamatan Kebonagung dan Gunung Gembes di Kecamatan Bandar. Gunung Gembes sekaligus merupakan mata air dari Sungai Grindulu. (Kabupaten Pacitan dalam Angka, 2004).

Tulakan adalah salah satu Kecamatan di Kabupaten Pacitan dengan Jumlah Desa sebanyak 16 Desa, salah satunya adalah desa Bubakan. Desa Bubakan Kecamatan Tulakan Pacitan tidak ada jaringan atau signal televisi yang dapat ditangkap oleh pesawat televisi. Hal ini dikarenakan letak Geografis Tulakan Pacitan yang dikelilingi oleh Gunung, sehingga tidak memungkinkan untuk dijangkau oleh pancaran *relay station* televisi (RCTI, TPI, Trans TV, ANTV, JTv dan TVRI dll). Pancaran yang dipancarkan oleh station relay televisi yang ada di Magetan untuk jangkauan daerah Magetan, Madiun, Ponorogo, Caruban, Ngawi dan sekitarnya, tidak mampu menembus daerah Pacitan.

Membuat pemancar televisi dengan gelombang *Ultra High Frequency* (UHF) jauh lebih mahal dibandingkan dengan gelombang *Very High Frequency* (VHF) padahal kualitas gambar secara kasat mata adalah sama atau mendekati sama antara UHF dengan VHF, sehingga perlu alternatif pemecahan untuk mengatasinya dengan mengolah penerimaan televisi UHF dipancarkan melalui pemancar televisi VHF sebagai stasiun relay televisi.

## 2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah penyelesaian masalah terkait dengan daerah blank spot adalah sebagai berikut :

### a. Perancangan Penerimaan Gelombang UHF

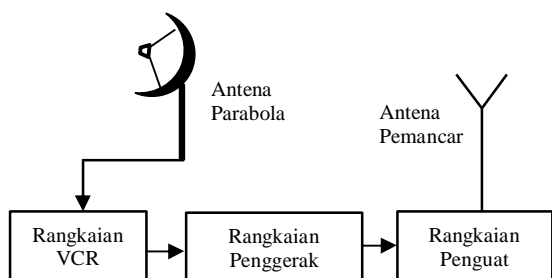
Penerimaan gelombang dari stations relay diterima melalui *Fixed Parabola* pada frekwensi pembawa (*Carrier*). Misalkan penerimaan *stations relay* dari station televisi SCTV diterima pada frekwensi 03727 Simbol Ratio 06620

### b. Perancangan Pemancaran ulang dengan Gelombang VHF

Pemancaran ulang dari penerima parabola dipancarkan pada frekwensi 226,25 MHz chanel 10 VHF.

Penguat daya RF yang direncanakan adalah penguat yang mempunyai frekwensi 226,25 MHz, daya keluaran 5 Watt (Maximum), beban 50 ohm, dalam perancangan penguat ini diperlihatkan adalah jenis PCB yang digunakan, komponen yang digunakan, bentuk jalur-jalur pada PCB, dan catu daya. Seperti halnya dalam penguat audio, untuk menghasilkan daya keluaran yang besar, digunakan penguat bertingkat (*Cascade*). Penguat daya RF 100 MHz, ini dibuat dengan 2 blok penguat, yaitu bagian penggerak yang dapat mengeluarkan daya output sebesar 1 watt, dan bagian penguat akhir yang dapat mengeluarkan daya 5 watt ke beban 50 ohm dengan catu daya sebesar 12 V.

Rangkaian *oscillator* yang berfungsi sebagai *modulator*, jenis modulasi adalah langsung dan output berupa Radio Frekwensi (RF) dengan daya 1 mw sampai 10 mw. Rangkaian penggerak awal berfungsi sebagai penguat awal RF output VCO dengan daya sekitar 1 sampai 3 watt. Rangkaian penguat akhir berfungsi untuk menguatkan RF yang dihasilkan rangkaian penggerak awal dengan daya output 5 sampai 7 watt.



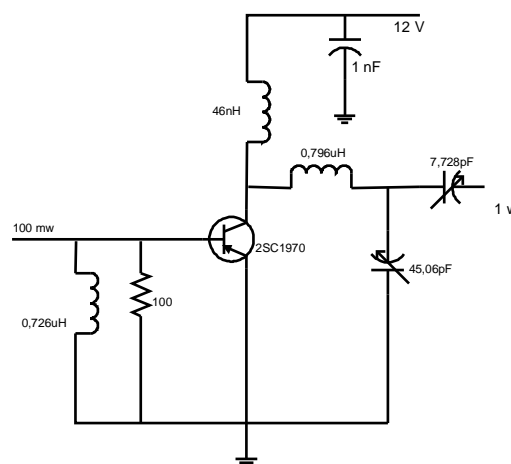
Gambar 1. Blok Rangkaian Lengkap Pemancar Televisi VHF

### c. Rangkaian Penggerak

Rancangan rangkaian penggerak ini dibuat dengan menggunakan 3 tingkat penguat yang

dapat menguatkan daya input sekitar 1 mw menjadi 1 w, maka setiap tingkat dibuat penguatan 10 kali. Tipe Transistor yang dipilih adalah Transistor yang mempunyai frekwensi *cut-off* melebihi 100 MHz., dan tegangan kolektor melebihi 12 V. Penguat dibuat dengan system bertingkat.

Penguat tingkat pertama dan kedua dibuat dengan system kelas A, dan penguat tingkat ketiga menggunakan system penguat kelas C tak tertala. Nilai-nilai komponen dicari dengan perhitungan yang dimulai dari tingkat yang paling akhir, karena resistansi input pada penguat bertingkat sebelumnya.



Gambar 2. Rangkaian Penggerak Tingkat Tiga

Daya yang ingin dibangkitkan pada penguat tingkat ketiga adalah 1 watt. Transistor yang digunakan adalah 2SC1970 yang mempunyai karakteristik  $V_{ce}(\text{maks}) = 18 \text{ V}$ ,  $I_c(\text{maks}) = 500 \text{ mA}$ ,  $P_D = 3 \text{ W}$ ,  $f_t = 200 \text{ MHz}$ , dan  $h_{fe} = 10$ . untuk tegangan catu 12 V, daya keluaran 1 W, beban 50 ohm, dengan persamaan diperoleh nilai  $r_c$  sebesar

$$r_c = \frac{V^2 C C}{2 P_o(\text{maks})} = \frac{12^2}{2 \cdot 1} = 72 \Omega \dots\dots(1)$$

sedangkan arus jenuh kolektor :

$$I_c(\text{sat}) = \frac{V_{cc}}{r_c} = \frac{12}{72} = 166,6 \text{ mA} \dots\dots(2)$$

nilai  $r_c$  tersebut parallel dengan resistansi beban, sehingga total beban ac adalah :

$$\frac{72 \times 50}{72 + 50} = 29,5 \Omega$$

dengan nilai inductor setara adalah :

$$L = \frac{XLc}{2f} = \frac{29,5}{2 \cdot 10^8} = 46\mu H \dots\dots(3)$$

Nilai RFC, tergantung pada impedansi input Transistor. Dengan data persamaan Transistor 2SC1970 diperoleh nilai impedansi input Transistor adalah  $(18+j3)$  ohm, sehingga  $|2B| = 18,25$  ohm, dan nilai RFC adalah  $25 \times 18,25 = 456,25$  ohm yang setara dengan nilai inductor 0,726 Mh.

Penyesuaian tingkat ketiga dengan impedansi keluaran ketiga adalah 14,4 ohm dan impedansi keluaran adalah 50 ohm, sehingga dengan persamaan 3 diatas, nilai inductor dengan factor kualitas 10 adalah :

$$XL = 10 \times 50 = 500$$

$$L = \frac{500}{2\pi \cdot 10^8} = 0,795\mu H$$

$$XC_2 = R_2 \sqrt{\frac{R_1(Q^2 + 1)}{R_2} - 1} \dots\dots(4)$$

Dari persamaan 4 diperoleh nilai  $C_2 \Rightarrow$

$$XC_2 = 14,4 \sqrt{\frac{50(10^2 + 1)}{14,4} - 1} = 35,31\Omega$$

dan

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 10^8 \cdot 35,31} = 45,06 pf$$

$$XC_1 = \frac{R_1(Q^2 + 1)}{Q \sqrt{\frac{R_1(Q^2 + 1)}{R_2} - 1}} \dots\dots(5)$$

Dari persamaan 5 diperoleh nilai  $C_1 \Rightarrow$

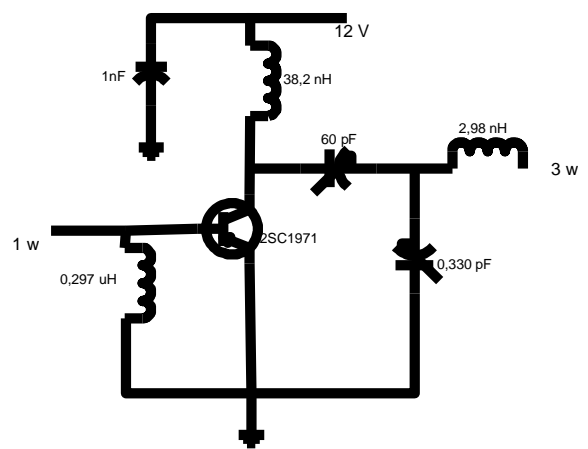
$$cL = \frac{1}{2\pi \cdot 10^8 \cdot 20,59} = 7,728 pf$$

**d. Rangkaian Penguat Akhir**

Rangkaian penguat akhir harus mempunyai Gain penguatan sebesar 5 kali, namun transistor daya RF tinggi biasanya hanya mempunyai  $h_{fe} = 10$ , sehingga digunakan 2 tingkat penguat kelas C, dengan system bertingkat jalur catu daya yang digunakan pada rangkaian penguat

akhir, untuk masing-masing transistor dipisah yang dimaksudkan agar oscillator yang masuk pada jalur catu daya tidak mempengaruhi transistor yang lain. Karena jika jalur daya dipisahkan, dan untuk tiap jalur catu daya diberikan kapasitor feedthrough 1 nf, sebagai perata terhadap gelombang osilasi yang mungkin mencapai rangkaian catu daya.

RFC pada basis tiap transistor tak harus diberi ferrite bead, dengan tujuan agar induktansi inductor dapat dinaikkan, sehingga daya yang disalurkan penguat sebelumnya tidak mengalami kehilangan daya yang terlalu besar.



Gambar 3. Rangkaian Penguat Akhir

**e. Perencanaan Antena**

Antena penerima menggunakan Receiver (Digital, VCR) dan sebuah antenna Parabola dengan Frekwensi LNB 05150 pada frekwensi Very Low dan untuk frekwensi tinggi juga menggunakan 05150 dan juga menggunakan tipe LNB normal. Penerimaan Parabola ditempatkan dengan arah parabola miring keutara dengan arah posisi  $113^\circ E$  pada satelit Palapa C2 dengan posisi Skew Vertikal. Sedangkan untuk sisi pengirim pancar ulang menggunakan antenna Ring ? yang biasanya dioperasikan pada frekwensi 144 – 146 – 250 MHz. Dan juga didukung dengan menggunakan cable RG-8U dengan beban maksimum  $50 \Omega$  s/d  $70 \Omega$  pada standing wave ratio (SWR) 1:1 dengan daya keluaran 5 Watt.

$$Xcl = \frac{50(10^2 + 1)}{10 \sqrt{\frac{50(10^2 + 1)}{14,4} - 1}} = 205,9\Omega$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

- a. Pengujian terhadap Perubahan Tegangan Catu  
 Generator RF diatur pada frekwensi 226,25 MHz, tegangan catu penguat diubah mulai 5 volt sampai 15 volt, dengan perubahan tiap tingkat adalah 0,5 volt. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Daya Keluaran untuk Variasi Tegangan Catu

Tegangan Catu (V)	Daya Keluaran ( Watt )			
	Konfigurasi A	Konfigurasi B	Konfigurasi C	Konfigurasi D
5,0	0,042	0,045	0,025	0,044
5,5	0,234	0,234	0,166	0,054
6,0	0,267	0,267	0,179	0,263
6,5	0,311	0,311	0,235	0,355
7,0	0,354	0,354	0,268	0,362
7,5	0,342	0,342	0,276	0,365
8,0	0,433	0,433	0,296	0,432
8,5	0,453	0,453	0,346	0,455
9,0	0,494	0,494	0,453	0,492
9,5	0,511	0,511	0,489	0,567
10,0	0,563	0,563	0,546	0,562
10,5	0,673	0,673	0,645	0,674
11,0	0,66	0,660	0,735	0,664
11,5	0,756	0,756	0,869	0,756
12,0	0,863	0,863	0,964	0,886
12,5	0,891	0,891	0,924	0,867
13,0	0,785	0,785	0,922	0,897
13,5	0,774	0,774	0,903	0,874
14,0	0,789	0,789	0,976	0,757
14,5	0,567	0,567	0,876	0,652
15,0	0,481	0,481	0,856	0,545

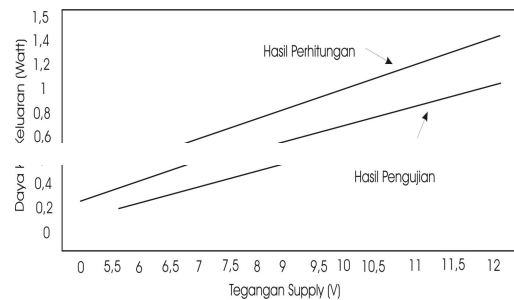
Sumber : Hasil Pengukuran dan Pengujian di Laboratorium

Tabel 2. Daya Keluaran Rangkaian Penggerak Rata-rata

Tegangan Catu (V)	Resistansi Beban AC / ohm	Daya Keluaran ( Watt )	Daya Keluaran rata-rata (Watt)
5	72	0,174	0,038
5,5	72	0,210	0,206
6	72	0,250	0,269
6,5	72	0,293	0,323
7	72	0,346	0,351
7,5	72	0,391	0,353
8	72	0,444	0,413
8,5	72	0,502	0,450
9	72	0,563	0,499
9,5	72	0,627	0,537
10	72	0,694	0,567
10,5	72	0,766	0,667
11	72	0,840	0,696
11,5	72	0,918	0,788
12	72	1,000	0,874
12,5	72	1,085	0,876
13	72	1,174	0,846
13,5	72	1,266	0,830
14	72	1,361	0,782
14,5	72	1,460	0,640
15	72	1,563	0,575

Sumber : Hasil Pengukuran dan Pengujian di Laboratorium

Daya rata-rata tiap konfigurasi dan perolehan daya dari perhitungan dapat diplot kedalam grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Daya rata-rata dan hasil perhitungan

- b. Pengujian Rangkaian Penguat Akhir  
 Pada pengujian penguat akhir, rangkaian telah ditempatkan pada kotak dengan konektor menggunakan kabel koaksial pada masukan maupun keluarannya, serta semuanya di shielding yang dibumikan. PCB yang digunakan adalah jenis FR-4 dengan jalur PCB menggunakan system pertanahan terdistribusi. Pengujian yang dilakukan adalah tanggapan terhadap perubahan frekwensi pembawa mulai 190 chanal 6, sampai dengan 212 chanal 10. Daya maksimal rata-rata-rata yang dapat dibangkitkan oleh penguat pada daerah frekwensi audio adalah 23,5 watt, dengan distorsi yaitu 1,38%. Daya keluaran penguat yang direncanakan adalah 25 Watt, dengan distorsi keluaran lebih kecil dari 3%. Disini terlihat perbedaan perolehan daya pada pengujian dengan perancangan sebesar 5,88%. Dan daya Video Audio kalau dicampur akan mengalami penurunan yang sangat besar sekali. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Daya Keluaran dan Stabilitas Frekwensi Penguat Akhir

Frekwensi Audio Video (MHz)	Distorsi (%)	$\Delta F$ (MHz)	Daya (Watt)
190	1,38	1342	23,7
194	1,39	2224	24,1
198	1,40	2521	23,6
202	1,38	2218	23,3
206	1,37	1328	23,2
210	1,39	1853	23,3
212	1,41	3984	23,4

Sumber : Hasil Pengukuran dan Pengujian di Laboratorium

Daya maksimal rata-rata-rata yang dapat dibangkitkan oleh penguat pada daerah frekwensi audio adalah 23,5 watt, dengan

distorsi yaitu 1,38%. Daya keluaran penguat yang direncanakan adalah 25 Watt, dengan distorsi keluaran lebih kecil dari 3%. Disini terlihat perbedaan perolehan daya pada pengujian dengan perancangan sebesar 5,88%. dan daya video audio kalau dicampur akan mengalami penurunan yang sangat besar, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah tegangan catu daya penguat yang tidak tepat 12 V, karena mengalami penurunan pada transistor daya sebesar 0,7 V, sehingga tegangan keluaran penguat daya adalah 11,3 V. penurunan tegangan sebesar 0,5 V, pada tegangan catu akan menyebabkan penurunan daya keluaran sebesar 3,6%. Selain itu juga akibat pantulan daya penguat selanjutnya yang diakibatkan ketidaksesuaian impedansi antar penguat. Distorsi yang terjadi pada penguat akhir sebesar 1,38% dengan signal masukan tanpa termodulasi. Sebenarnya distorsi ini terlalu besar untuk sebuah penguat daya RF dengan daya keluaran 5-25 watt, padahal pada rangkaian penggerak distorsi pada sinyal tanpa modulasi sebesar 0,22%. Disini jelas terlihat bahwa semakin besar penguatan, maka perubahan yang kecil pada masukan akan mengakibatkan perubahan yang besar pada keluaran.

Pada penguat daya frekwensi tinggi, perubahan karakteristik komponen yang digunakan juga akan berpengaruh besar terhadap keluaran yang dihasilkan stabilitas frekwensi keluaran cukup stabil, yaitu sebesar 2,2 KHz, karena penguat sudah ditempatkan pada kotak besi yang dibumikan. Sehingga tidak mudah terganggu oleh medan listrik maupun medan magnet lingkungan sekitar. Pada penalaan akhir, untuk mendapatkan daya keluaran yang besar dengan distorsi yang kecil, harus dilakukan dengan syarat hati-hati jangan sampai kapasitor yang ditala mempunyai nilai impedansi tak terhingga (terhubung buka). Hal ini akan merusak transistor, karena transistor mempunyai beban tak terhingga, yang pada penguat kelas C akan menyebabkan transistor seperti dihubung singkat.

Perubahan frekwensi modulasi pada modulasi frekwensi tidak mengubah karakteristik penguat, karena amplitudo sinyal pembawa tidak berubah untuk modulasi frekwensi. Daya keluaran penguat berada pada kisaran 23,5 watt, yang berarti 6% lebih kecil dari daya keluaran yang direncanakan. Hal tersebut terjadi karena komponen yang digunakan dalam rangkaian merupakan komponen

local, serta nilai-nilai komponen seperti resistor, kapasitor dan inductor tidak sama dengan apa yang direncanakan, akibat adanya toleransi komponen tersebut, serta efisiensi trafo catu daya yang hanya berkisar antara 0,5 - 0,7.

Untuk penguat akhir menggunakan 2 penguat tingkat. Masing-masing transistor harus diberi feedtrought sebagai kapasitor tapis untuk osilasi yang masuk ke jalur catu daya. Untuk penguat akhir penurunan frekwensi lebih curam dibandingkan dengan pada penguat penggerak, hal ini disebabkan karena pada pengujian penguat akhir seluruh komponen telah terpasang pada kotak aluminium yang dibumikan dan kabel konektor. Untuk tiap bagian penguat telah menggunakan kabel koaksial 50Ω. Tata letak komponen dan penempatan blok rangkaian dapat mempengaruhi keluaran suatu penguat frekwensi tinggi.

c. Pengujian Daya Pancar dan Penerimaan Signal

Pengujian ini dilakukan di 20 lokasi/titik di Empat Desa yang meliputi Desa Ngile, Bubakan, Losari dan Desa Tulakan yang masing-masing Desa di uji pada 5 Lokasi/titik pengujian dengan jarak antar lokasi dalam satu desa adalah > 500 meter, dengan hasil Penerimaan signal sebagai berikut :

No.	Lokasi	Kualitas Gambar (Video)	Kualitas Suara (Audio)	Keterangan
1.	Lokasi 1	Baik	Baik	
2.	Lokasi 2	Baik	Baik	
3.	Lokasi 3	Baik	Baik	
4.	Lokasi 4	Baik	Baik	
5.	Lokasi 5	Baik	Baik	
6.	Lokasi 1	Baik	Baik	
7.	Lokasi 2	Kurang	Ada Noise	
8.	Lokasi 3	Kurang	Ada Noise	
9.	Lokasi 4	Baik	Baik	
10.	Lokasi 5	No Signal	Jelek	di Kaki Gunung
11.	Lokasi 1	Baik	Baik	
12.	Lokasi 2	Kurang	Ada Noise	dr Pemancar >17 Km
13.	Lokasi 3	Kurang	Ada Noise	dr Pemancar > 15 Km
14.	Lokasi 4	No Signal	Jelek	terhalang Gunung
15.	Lokasi 5	No Signal	Jelek	Dr Pemancar > 20 Km
16.	Lokasi 1	Baik	Baik	
17.	Lokasi 2	Baik	Baik	
18.	Lokasi 3	Baik	Baik	
19.	Lokasi 4	Baik	Baik	
20.	Lokasi 5	Baik	Baik	

Sumber : Hasil Pengujian Pemancar di Lapangan

Keterangan :

- Baik : Kualitas Jelas tidak ada Noise
- Kurang : Kualitas ada gangguan goyang pada Gambar

- Ada Noise : Kualitas suara terganggu ada suara luar  
 No Signal : Televisi Sama sekali tidak dapat menangkap Signal  
 Jelek : Kualitas suara Jelek tapi ada suara

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. Kesimpulan

Pemancar televisi dengan input signal UHF dipancarkan dalam signal VHF yang direncanakan dan dirancang mempunyai hasil yang efektif untuk mengatasi blank spot di daerah Pacitan. Pemancar Televisi yang didesign ini membutuhkan biaya yang relative murah, dengan kualitas hasil (*audio dan video output*) hampir sama dengan pemancar yang dipancarkan oleh station relay Televisi swasta dan nasional sehingga sangat memungkinkan untuk dikembangkan di daerah-daerah yang sulit dijangkau siaran televisi. Pemancar televisi VHF yang dirancang mampu menjangkau 5 desa dengan radius melingkar lebih dari 10 kilometer.

##### 4.2. Saran

1. Pemerataan Sarana informasi dan komunikasi perlu di realisasikan, sehingga mayoritas penduduk Indonesia yang ada di Pedesaan dan Pedalaman dapat menikmati kemajuan teknologi komunikasi dan informasi, sehingga diharapkan dengan tahu informasi dan mampu berkomunikasi dengan dunia luar mampu memotivasi masyarakat Desa untuk maju dan mampu memperbaiki taraf hidup, memperbaiki peradaban, memperbaiki kualitas hidup dan dapat merasakan magna globalisasi.
2. Akademisi, Praktisi, Birokrasi dan Politisi harus bersatu persepsi bahwa teknologi komunikasi dan informasi harus dikedepankan sehingga Indonesia bebas Blank spot dapat segera terealisasi dengan berbagai cara dan alternative pemecahan.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Irawan, RM. Francis D. Yuri, 1991, *Radio Pemancar*, Bahagia Batang
2. Coughlin Robert F and Frederick F/Driscoll,1995 *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Erlangga, Jakarta
3. Dennis Roddy, Kamal Idris, John Coolen, 1984, *Komunikasi Elektronika Jilid 1*, Erlangga, Jakarta
4. Jacob Millman, Sutanto, 1993, *Mikroelektronika, System Digital dan Rangkaian Analog*, Erlangga, Jakarta
5. J.F. Gabriel,1996, *Fisika Kedokteran*, Penerbit buku Kedokteran EGC, Jakarta
6. Malvino, A.P,1996, *Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid 1*, Terjemahan Oleh M. Bardawi, Erlangga, Jakarta
7. Muhammad Muhsin, 2004, *Elektronika Digital Teori dan soal Penyelesaian*, Andi Yogyakarta

8. Sarbacher R.I.: "*Encyclopedic And Dictionary Of Electronics And Nucluer Engineering*", Prentice Hall, Englewood Clifffs, New Jersey.
9. Wahyu Noersasongko, 1997, *Pesawat Radio Telekomunikasi jilid 2*, Gunung Mas
10. Zuhail,1993, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektro daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta