

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

ISSN 1411-8289

VOLUME II, NOMOR 3

OKTOBER - NOVEMBER 2002

- © Kata Pengantar
- © Comb-Line Filter Band-Pass (Bagian II)
*Yuyu Wahyu¹⁾
Rustini S. Kayatmo²⁾*
- © Sistem Charging Reactor pada Modulator Lini Radar X-Band
*Deni Permana¹⁾
Syamsu Ismail²⁾*
- © Filter Salur Tengah Bumbung Gelombang
Yahya Sukri
- © Sistem Komunikasi Data untuk Laboratorium Monitoring
Kualitas Udara Bergerak Berbasis CSM
*Ade Cahyana¹⁾
Dicky Rianto²⁾*
- © Perencanaan dan Realisasi Sistem Penguat Arus
untuk Pengapian Motor Bensin
Deni Permana
- © Pengaruh Pasta Konduktor terhadap Nilai Resistansi
Resistor Film Tebal
*Lia Muliani¹⁾
Lilis Retnaningsih²⁾*
- © Timbangan Berbasis Microcontroller MCS 51 dengan
Digital Display 7 Segmen
Hari Satriyo Basuki
- © Analisa Dampak Gangguan Elektromagnetik
terhadap Lingkungan
Sri Hardiati



PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI - LIPI
Jl. Cisitua No. 21/154 D Tlp. (022) 250 4660, 250 4661 Fax. (022) 250 4659 - Bandung 40135
<http://www.telkoma.lipi.go.id>

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Kepala Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi,
Kasi (PPET - LIPI)

Dewan Redaksi : Prof. Dr. M. Barmawi
Prof. Ir. Ahmadi Djajasugita M.Sc
Prof. Dr. Ir. Soegijardjo Soegijoko
Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto
Dr. Anung Kusnowo, M.Tech
Dr. Masbah RT. Siregar
Dr. Totok MS Soegandi, APU
Dr. Goib Wiranto
Ir. Sukarna Djaja, APU
Ir. Rustini S. Kayatmo, DIC
Ir. Yahya Sukri
Ir. Elly Herlia Effendi
Syamsu Ismail, ST

Redaksi Pelaksana :
Ketua : Ir. Yuyu Wahyu, MT

Anggota : Ir. Pamungkas Daud
Deni Permana, ST
Dedi, ST
Bagus Edy Sukoco, ST
Drs. Slamet Widodo

Sirkulasi : Lilis Retnaningsih, SSI
Endang Ridwan

Alamat Redaksi : Seksi JASA DAN INFORMASI
PPET - LIPI
Jl. Cisitu No. 21/154 D Bandung 40135
Tlp. (022) 250 4661 Fax. (022) 250 4659
E-mail : info@ppet-lipi.go.id

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
2 Comb-Line Filter Band-Pass (Bagian II) (Yuyu Wahyu ¹⁾ Rustini S. Kayatmo ²⁾	1
13 Sistem Charging Reactor pada Modulator Tipe Lini Radar X-Band	7
(Deni Permana ¹⁾ Syamsu Ismail ²⁾	
4 Filter Salur Tengah Bumbung Gelombang	14
(Yahya Sukri)	
14 Sistem Komunikasi Data Untuk Laboratorium Monitoring Kualitas Udara Bergerak Berbasis GSM	19
(Ade Cahyana ¹⁾ Dicky Rianto ²⁾	
10 Perencanaan dan Realisasi Sistem Penguat Arus untuk Pengapian Motor Bensin	23
(Deni Permana)	
9 Pengaruh Pasta Konduktor Terhadap Nilai Resistansi Resistor Film Tebal	31
(Lia Muliani ¹⁾ Lilis Retnaningsih ²⁾	
6 Timbangan Berbasis Microcontroller MCS 51 dengan Digital Display 7 Segmen	35
(Hari Satriyo Basuki)	
1 Analisa Dampak Gangguan Elektromagnetik terhadap Lingkungan	40
(Sri Hardiati)	

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Pembaca *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi* yang budiman.

Terbitan ke tiga *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi* dapat terbit lebih cepat karena materi sudah cukup tersedia.

Judul materi jurnal pada terbitan ke tiga ini meliputi *Comblin Filter Bandpass* yang merupakan kelanjutan dari terbitan kedua, *Sistem Charging Reaktor pada Modulator Tipe Lini Radar X-Band*, *Filter Salur Tengah Bumbung Gelombang*, *Sistem Komunikasi Data untuk Laboratorium Monitoring Kualitas Udara Bergerak Berbasis GSM*, *Perencanaan dan Realisasi Sistem Penguat Arus untuk Pengapian Motor Bensin*, *Pengaruh Pasta Konduktor terhadap Nilai Resistensi Resistor Film Tebal*, *Timbangan Berbasis Microcontroller MCS 51 dengan Digital Display 7 Segmen*, dan *Analisa Dampak Gangguan Elektromagnetik terhadap Lingkungan*.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk kesempurnaan jurnal ini.

Terima kasih atas perhatiannya. Semoga apa yang kami sajikan dapat menambah informasi dan bermanfaat bagi kita semua.

Selamat Membaca.

Redaksi

COMB-LINE FILTER BAND-PASS (Bagian II)

Yuyu Wahyu dan Rustini S. Kayatmo*)

Alamat Lembaga

Tgl masuk naskah & tgl revisi terakhir

ABSTRACT

Previous paper⁷⁾ had described that there are two methods for designing the Comblines band-pass filter, that is Butterworth system and Tchebyscheff system. In this paper is described the implementation of Tchebyscheff system for designing the comblines bandpass filter that is used in GPS (Global Positioning System) receiver that is needed for receiving and processing the GPS signals from satellite. The structure of the filter is using slab-line method.

INTISARI

Dalam makalah terdahulu⁷⁾ telah diuraikan, bahwa ada dua cara untuk merancang filter band-pass comblines, yaitu dengan menggunakan sistem Butterworth atau sistem Tchebyscheff. Dalam makalah ini diuraikan pemakaian sistem Tchebyscheff untuk merancang filter band-pass comblines yang digunakan pada penerima GPS (Global Positioning System) untuk menerima dan memproses signal-signal yang diterima dari satelit. Struktur filter ini diterapkan dengan menggunakan *slab-line*.

Kata kunci / Keywords

PENDAHULUAN

Seperti telah diuraikan pada tulisan Bagian I, bahwa perkembangan teknologi telekomunikasi pada daerah gelombang mikro (*microwave*) yaitu pada daerah frekuensi 1 GHz s/d 10⁶ GHz memicu untuk menguasai teknologi komponen-komponen *microwave*, salah satu komponen tersebut adalah *microwave filter*.

Filter yang merupakan salah satu komponen penting dalam sistem telekomunikasi berfungsi untuk menyalurkan sinyal-sinyal pada daerah frekuensi tertentu yang diinginkan dan menolak sinyal-sinyal pada daerah frekuensi yang tidak diinginkan. Filter juga biasanya

digunakan untuk memisahkan frekuensi dalam diplexer atau multiplexer.

Pada penulisan Bagian I telah dibuat suatu comblines filter dengan pendekatan Butterworth, maka pada penulisan Bagian II ini akan digunakan pendekatan Tchebyscheff pada frekuensi yang berbeda.

Dalam penelitian ini dirancang dan dibuat band pass filter untuk penerima GPS (Global Positioning System) yang diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari satelit GPS yang berfrekuensi 1.227,60 MHz. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Passband Freq : 1.227,6 MHz
- 1 dB Bandwidth : 16 MHz
- Insertion loss : 1,6 dB
- Ripple : 0,25 dB
- VSWR : 1,25 : 1
- 70 dB Bandwidth : 150 MHz

Microwave filter dengan spesifikasi tersebut di atas dibuat dari susunan **comblines**, potongan saluran berupa **slab line**. Perancangan didasarkan pada persamaan perancangan dari G.L. Matthaei⁴⁾ dan kurva-kurva dari E.G Cristal⁵⁾.

TEORI

PROTOTIP LOW-PASS FILTER

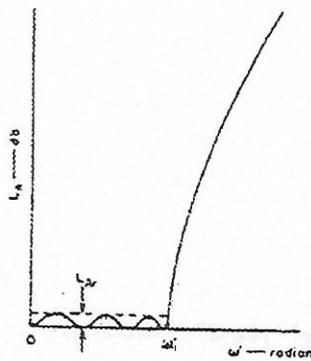
1. Bentuk Karakteristik Redaman Low-Pass Filter

Bentuk karakteristik redaman low-pass filter secara matematis telah diketahui. Perumusan yang sering dipakai adalah pendekatan **Butterworth** dan **Tchebyscheff**. Untuk orde filter yang sama, pendekatan Tchebyscheff akan memberikan kemiringan kurva redaman yang lebih curam pada daerah ban-peralihan dan memungkinkan adanya riak pada daerah pass band (ban-lewat).

Bentuk karakteristik redaman dari Tchebyscheff dikenal juga dengan sebutan karakteristik 'equal ripple' low-pass filter, seperti yang terdapat pada gambar 1.

Korespondensi:

*) Yuyu Wahyu dan Rustini S. Kayatmo adalah Staf Peneliti di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi, Alamat: Jl. Cisitu 21/154D Bandung 40135.



Gambar 1. Karakteristik Redaman 'equal ripple' LPF

Karakteristik filter tersebut secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$L_A(w') = 10 \log \left[1 + \epsilon \cos^2 \left(n \cos^{-1} \left(\frac{w'}{w_1'} \right) \right) \right] \quad \text{untuk } w' \leq w_1'$$

dan

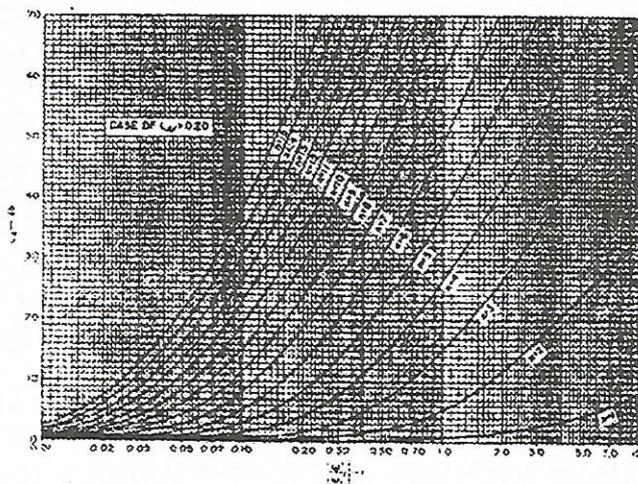
$$L_A(w') = 10 \log \left[1 + \epsilon \cosh^2 \left(n \cosh^{-1} \left(\frac{w'}{w_1'} \right) \right) \right] \quad \text{untuk } w' \geq w_1'$$

dengan

$$\epsilon = \left(10 \exp \frac{L_{Ar}}{10} - 1 \right)$$

- L_{Ar} : Redaman 3 dB, merupakan batas pass band
- w_1' : Frekuensi Batas pada Redaman L_{Ar}
- n : Banyaknya unsur reaktif pada prototip low-pass filter (orde filter)

Fungsi redaman dari Tchebyscheff di atas dapat digambarkan dalam bentuk kurva untuk $n = 1$ s/d 15 pada berbagai macam harga L_{Ar} . Pada gambar 2. diperlihatkan kurva untuk $L_{Ar} = 0,2$ dB dengan $n = 1$ s/d 15.



Gambar 2. Kurva Redaman Filter dan Tchebyscheff dengan $L_{Ar} = 0.2$ dB

Perhitungan selanjutnya akan menggunakan teori-teori low pass filter yang telah dibahas dalam penulisan Bagian I, demikian juga halnya dengan cara-cara perhitungan dalam menentukan kapasitansi sendiri dan kapasitansi bersama untuk Comblin filter, menggunakan rumus-rumus yang sama dengan yang digunakan dalam penulisan Bagian I.

Untuk bentuk karakteristik filter Tchebyscheff pada gambar 1, harga elemen-elemennya dapat dihitung dengan menggunakan table berikut:

Tabel 1. Harga Elemen Prototip Untuk Filter Tchebyscheff $g_0 = 1, w = 1$ dan $n = 1$ s/d 15, $L_{Ar} = 0,01$ s/d 3 dB

VALUE OF n	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4	ϵ_5	ϵ_6	ϵ_7	ϵ_8	ϵ_9	ϵ_{10}	ϵ_{11}
0.01 dB ripple											
1	0.0960	1.0000									
2	0.4452	2.4071	1.0000								
3	0.6281	0.9792	0.6281	1.0000							
4	0.7128	1.2001	1.3112	1.6478	1.1007						
5	0.7502	1.3649	2.5773	1.2849	0.7502	1.0000					
6	0.7513	1.5500	4.6896	1.5329	1.9924	0.7869	1.0000				
7	0.7469	1.7924	7.6624	1.8331	3.4081	1.1007	1.0000				
8	0.7377	2.1130	11.7824	2.1823	5.1193	1.3554	0.7333	1.0000			
9	0.7244	2.5170	17.4043	2.5255	7.2035	1.7123	1.8043	1.4279	0.8144	1.0000	
10	0.7080	2.9989	25.1193	2.7811	9.7590	2.1923	2.3043	1.6327	1.5817	0.7446	1.1007
0.1 dB ripple											
1	0.3052	1.0000									
2	0.8430	0.4230	1.3554								
3	1.0215	1.474	0.5154	1.0000							
4	1.1268	3.061	1.733	0.8180	1.3554						
5	1.1681	5.712	4.950	1.212	1.8408	1.0000					
6	1.1881	8.639	13.562	1.5178	1.9029	0.8418	1.3554				
7	1.1871	12.928	29.964	1.7333	2.0996	1.4278	1.2011	1.0000			
8	1.1692	18.946	61.199	1.8109	2.1699	1.5640	1.9446	0.8773	1.3554		
9	1.1366	26.425	116.87	1.7852	2.2152	1.6107	2.1345	1.4415	1.956	1.0000	
10	1.1099	35.661	214.46	1.7253	2.2333	1.6416	2.2046	1.5821	1.9528	0.8513	1.3554
0.2 dB ripple											
1	0.1342	1.0000									
2	0.6278	0.6743	1.3388								
3	0.7205	1.1425	2.213	1.0000							
4	0.7628	1.7844	3.969	0.8468	1.3388						
5	0.7694	2.5770	6.660	1.3370	1.3396	1.0000					
6	0.7608	3.512	11.455	1.8874	0.8838	1.3388	1.0000				
7	0.7372	4.711	17.56	2.501	2.2756	1.3781	1.1722	1.0000			
8	0.7120	6.185	25.961	3.2113	3.4825	1.7349	0.8972	1.5481	1.0000		
9	0.6854	7.933	37.203	4.0083	5.0540	2.3093	1.3936	1.1869	1.0000		
10	0.6581	9.983	52.181	4.8617	6.9904	3.0046	1.5046	1.1314	0.9034	1.3388	
0.5 dB ripple											
1	0.0994	1.0000									
2	0.4029	0.7071	1.2841								
3	0.5963	1.0967	1.5962	1.0000							
4	0.6703	1.5926	2.5661	0.9419	1.3061						
5	0.7058	2.2996	4.5408	1.2296	1.7058	1.0000					
6	0.7254	3.2419	8.064	1.5338	2.4938	0.8896	1.3041	1.0000			
7	0.7272	4.5283	14.381	1.8444	3.4381	1.2883	1.7372	1.0000			
8	0.7151	6.1547	25.664	2.2390	4.6064	1.3889	2.5093	0.8796	1.2841	1.0000	
9	0.6924	8.1408	43.78	2.7138	6.0713	1.6673	3.4679	1.2690	1.7504	1.0000	
10	0.6591	10.512	74.874	3.2783	7.9282	1.8806	4.7231	1.3483	2.5239	0.9842	1.3041

Tabel 2. Persamaan perancangan Untuk Menentukan Kapasitansi Sendiri dan Kapasitansi Bersama Untuk Comblin Band-Pass Filter

Pilih Admitansi Karakteristik Yang Ternormalisasi

$\frac{Y_{ak}}{Y_A}$ sehingga memberikan Q-tanpa beban yang baik. Kemudian Hitung:

$$\left. \frac{b_k}{Y_A} \right|_{k=1s/dn} = \frac{Y_{ak}}{Y_A} \left(\frac{\cot \theta_0 + \theta_0 \csc^2 \theta_0}{2} \right)$$

dimana θ_0 adalah panjang elektrik resonator pada frekuensi tengah.

Hitung:

$$\frac{G_{T1}}{Y_A} = \frac{w \frac{b_1}{Y_A}}{g_0 g_1 w_1}$$

$$\left. \frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \right|_{k=1s/dn-1} = \frac{w}{w_1} \sqrt{\frac{(b_k/Y_A)(b_{k+1}/Y_A)}{g_k g_{k+1}}}$$

$$\frac{G_{Tn}}{Y_A} = \frac{w \frac{b_n}{Y_A}}{g_n g_{n+1} w_1}$$

Dimana w adalah Fraksional Bandwidth

Kemudian hitung kapasitansi sendiri:

$$\frac{C_0}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(1 - \sqrt{\frac{G_{T1}}{Y_A}} \right)$$

$$\frac{C_1}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{Y_{a1}}{Y_A} - 1 + \frac{G_{T1}}{Y_A} - \frac{J_{12}}{Y_A} \tan \theta_0 \right) + \frac{C_0}{\epsilon}$$

$$\left. \frac{C_k}{\epsilon} \right|_{k=2s/dn-1} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{Y_{ak}}{Y_A} - \frac{J_{k-1,k}}{Y_A} \tan \theta_0 - \frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \tan \theta_0 \right)$$

$$\frac{C_n}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{Y_{an}}{Y_A} - 1 + \frac{G_{Tn}}{Y_A} - \frac{J_{n-1,n}}{Y_A} \tan \theta_0 \right) + \frac{C_{n+1}}{\epsilon}$$

$$\frac{C_{n+1}}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(1 - \sqrt{\frac{G_{Tn}}{Y_A}} \right)$$

dimana ϵ adalah konstanta dielektrik mutlak dari medium propagasi dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif.

Selanjutnya menghitung kapasitansi bersama:

$$\frac{C_{01}}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} - \frac{C_0}{\epsilon}$$

$$\left. \frac{C_{k,k+1}}{\epsilon} \right|_{k=1s/dn-1} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \tan \theta_0 \right)$$

$$\frac{C_{n,n+1}}{\epsilon} = \frac{376,7Y_A}{\sqrt{\epsilon_r}} - \frac{C_{n+1}}{\epsilon}$$

$$C_k^s \Big|_{k=1s/dn} = Y_A \left(\frac{Y_{ak}}{Y_A} \right) \frac{\cot \theta_0}{w_0}$$

IV. Perancangan

Filter

- Passband Freq : 1.227,6 MHz
- 1 dB Bandwidth : 16 MHz
- Insertion loss : 1,6 dB
- Ripple : 0,25 dB
- VSWR : 1,25 : 1
- 70 dB Bandwidth : 150 MHz

Dengan menggunakan prosedur perancangan yang sama pada Filter dengan cara Butterworth seperti diuraikan pada makalah⁹⁾ terdahulu, kecuali pada penentuan orde filter karena mempunyai syarat ripple 0,25 dB, sehingga menggunakan pendekatan filter low-pass Tchebyscheff. Adapun hasil perhitungan dimensi untuk filter ini adalah sebagai berikut:

$$\theta_0 = \frac{45}{360} \times \frac{3 \cdot 10^{10} \text{ cm/det}}{1227,6 \text{ MHz}} = 3,055 \text{ cm} = 30,55 \text{ mm}$$

$$b = 1,7 \text{ cm} = 17 \text{ mm}$$

Harga Absis $\left(\frac{1s}{2b} \right)$	$C_{k,k+1}$
0,235	C_{01}
0,210	C_{01}
0,580	C_{12}
0,580	C_{12}
0,6125	C_{23}

$$s_{01}/b = 0,235 + 0,210 = 0,445 = s_{45}/b$$

$$S_{12}/b = 0,580 + 0,580 = 1,160 = s_{34}/b$$

$$S_{23}/b = 0,6125$$

$$d_0/b = 0,539 = d_5/b$$

$$d_1/b = 0,350 = d_4/b$$

$$d_2/b = 0,356 = d_3/b$$

Untuk $b = 1,7 \text{ cm}$, maka didapat:

$$d_0 = 0,9163 \text{ cm} = d_5$$

$$d_1 = 0,595 \text{ cm} = d_4$$

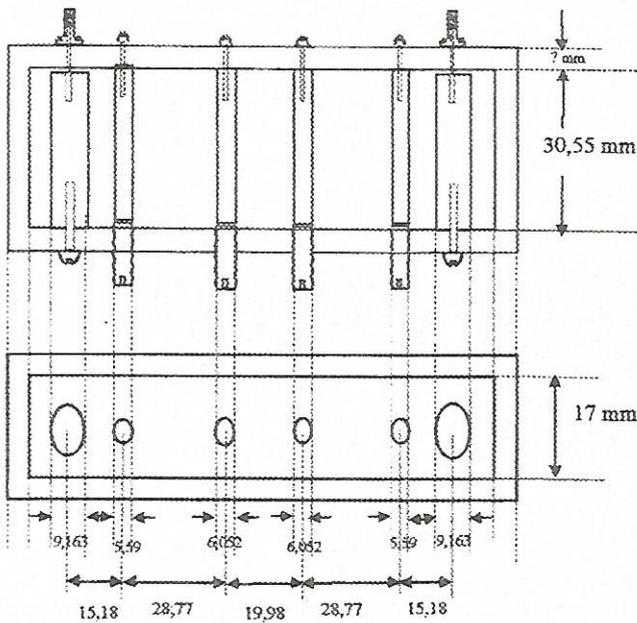
$$d_2 = 0,6052 \text{ cm} = d_3$$

$c_{k,k+1}/b = s_{k,k+1}/b + 1/2 (d_k/b) + 1/2 (d_{k+1}/b)$, dengan $b = 1,7 \text{ cm}$ maka didapat:

$$c_{01} = 1,518 \text{ cm} = c_{45}$$

$$c_{12} = 2,877 \text{ cm} = c_{34}$$

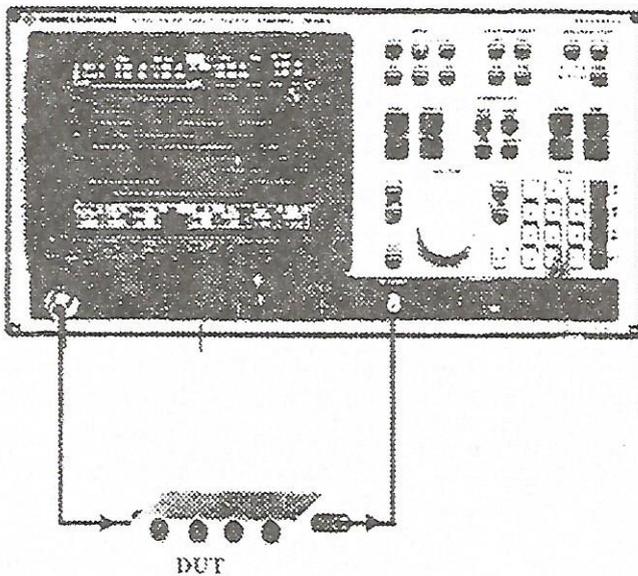
$$c_{23} = 1,1755 \text{ cm}$$



Gambar 3. Konstruksi Filter

V. PENGUKURAN

Sistem Pengukuran:



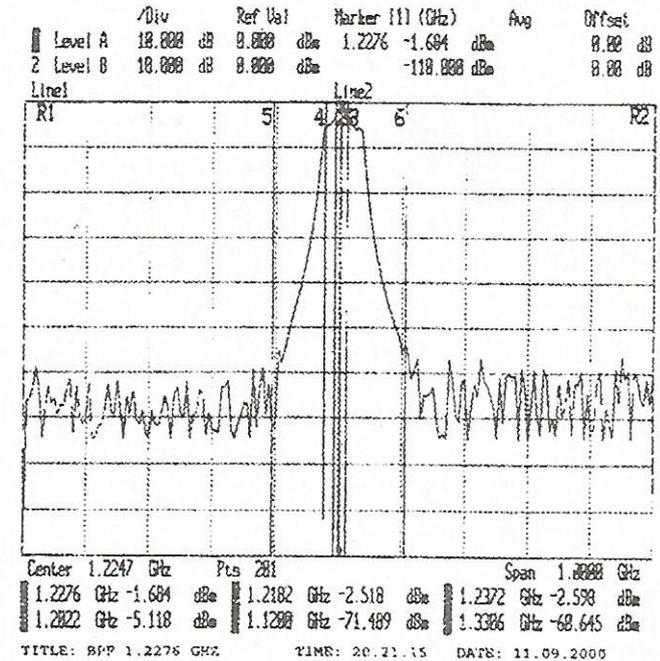
Gambar 4. Sistem Pengukuran Filter

Untuk melihat karakteristik filter digunakan alat Polyskop ZWOB5 buatan Rohde & Schwarz dengan cara pengukuran seperti terlihat pada gambar 4 di atas dengan spesifikasi berikut:

- Frekuensi kerja: 100 KHz sampai dengan 2700 MHz;
- Dapat mengukur response: S_{21} dan S_{11} dengan menggunakan alat tambahan berupa bridge VSWR.

Hasil Pengukuran S21:

Hasil Pengukuran redaman filter dapat dilihat pada tampilan Polyskop berikut:

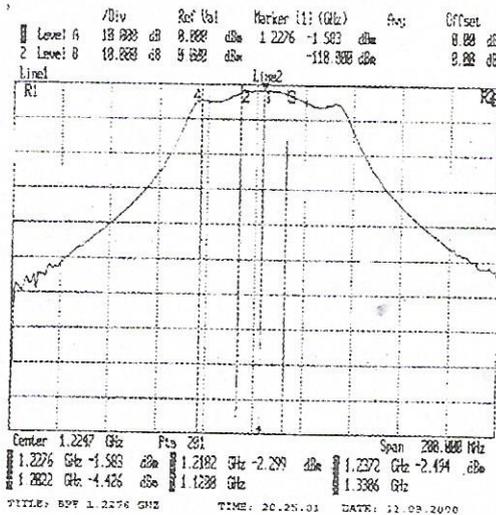


Gambar 5. Redaman Filter

Impedansi masukan diukur dari parameter S_{11} . Keduanya harus sama, karena filter ini reversible. Redaman dan fasanya dilihat dari parameter S_{21} .

Hasil pengukuran filter ini ditunjukkan pada gambar 5. Marker 1 menunjukkan bahwa insertion loss pada frekuensi tengah $f_0 = 1.227,6$ MHz sebesar 1,684 dB. Hal ini tidak sesuai dengan spesifikasi perancangan yaitu 1,6 dB. Bandwidth 1 dB merupakan selisih antara marker-2 dan marker-3 sama dengan 19 MHz dan bandwidth pada 70 dB sama dengan 200 MHz. Apabila dibandingkan dengan spesifikasi perancangan, yaitu 16 MHz dan 150 MHz, nampak bahwa bandwidth hasil pengukuran lebih besar dari spesifikasi yang diinginkan. Selain itu filter tersebut mempunyai spesifikasi perancangan ripple sebesar 0,2 dB, sementara hasil pengukuran menunjukkan sebesar 2,843 dB seperti terlihat pada gambar 5. yang merupakan selisih antara marker-1 dan marker-4. Hal ini disebabkan oleh kualitas dari masing-masing resonator yang kurang memenuhi syarat dan impedance matching atau VSWR yang kurang baik.

Faktor kecuraman filter hasil pengukuran sebesar 200/19, sementara factor kecuraman perancangan sebesar 150/16. Dengan demikian factor kecuraman hasil pengukuran lebih besar (lebih landai) dari pada faktor kecuraman perancangan.



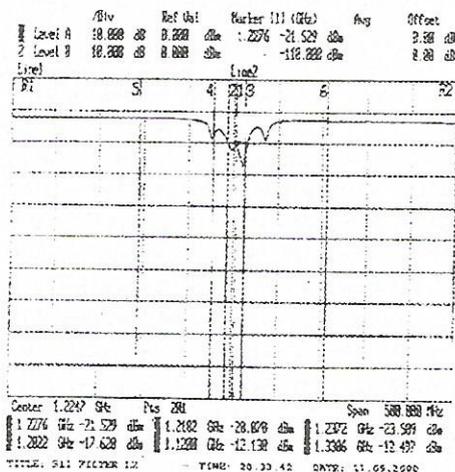
Gambar 6. Ripple Filter

Insertion loss filter lebih besar 0,084 dB dari spesifikasi perancangan, demikian juga dengan bandwidth-1 dB dan bandwidth-70dB. Hal ini disebabkan antara lain oleh:

- Rugi-rugi bahan yang ditimbulkan oleh resistansi dari bahan aluminium;
- Kontak tutup filter yang mengandalkan kekuatan sekrup, sehingga bagaimanapun masih ada rongga yang menimbulkan kebocoran, sehingga menimbulkan rugi-rugi disipasi. Demikian juga halnya dengan kapasitor tuner yang dibuat dalam bentuk sekrup;
- Matching Impedance (penyesuai impedansi) yang tidak baik pada terminal masukan.

Tetapi dari semua alasan di atas, yang sangat berpengaruh pada filter ini ada pada bandwidth-1 dB dan bandwidth-70dB, yaitu masing-masing jarak antar permukaan S_{23} dan S_{12} atau S_{34} .

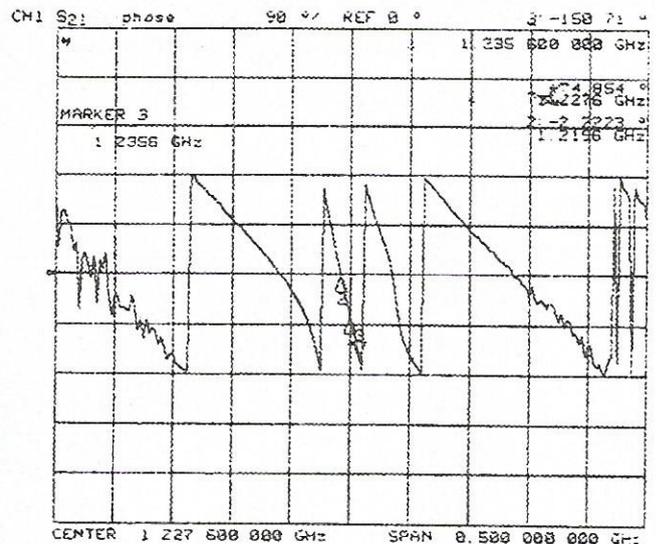
Pengukuran S_{11} .



Gambar 7. S_{11} Filter

Gambar 7 menunjukkan bahwa S_{11} pada daerah passband maksimum, S_{11} terjadi pada frekuensi marker-2 $f_2 = 1.218,2$ MHz yaitu sebesar 20,070 dBm atau VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) pada frekuensi tersebut sebesar 1,22. Sementara itu VSWR yang diinginkan maksimum 1,25, berarti VSWR filter tersebut memenuhi spesifikasi perancangan atau penyesuaian impedansinya lebih baik.

Pengukuran Fasa S_{21}



Gambar 8. Fasa S_{21}

Perubahan fasa yang penting diamati adalah perubahan fasa pada daerah pass-band. Gambar 8 di atas ini menunjukkan bahwa perubahan fasa untuk filter ini pada daerah pass-band linear, ini berarti perubahan fasa terhadap frekuensi atau group-delaynya konstan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Seperti telah diuraikan dalam pembahasan hasil pengukuran di atas, filter yang dibuat mempunyai frekuensi tengah 1227,6 MHz, insertion loss maksimum sebesar 1,684 dB, bandwidth-1 dB sebesar 19 MHz, VSWR maksimum pada bandwidth-1 dB sebesar 1,22 dan bandwidth-70dB sebesar 200 MHz.

Faktor kecuraman hasil pengukuran sebesar $200/19 = 10,53$, sementara factor kecuraman perancangan sebesar $150/16 = 9,375$. Dengan demikian perlu factor koreksi untuk perancangan sebesar 89,1 % dari factor kecuramannya.

Untuk mengurangi insertion loss perlu dilakukan pelapisan pada bahan aluminium dengan bahan yang mempunyai konduktifitas yang lebih tinggi, misalnya perak atau emas. Selain itu VSWR-nya perlu diperkecil (mendekati 1), sehingga penyesuaian impedansinya

lebih baik. Untuk menghindari kontak yang kurang baik antara tutup filter yang terbuat dari aluminium dengan penyangga filter diberi pasta konduktor, misalnya pasta perak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rhea, R-W, *HF Filter Design and Computer Simulation*, Noble Publishing Atlanta, 1994.
 2. Malherbe J.A.G., *Microwave Transmission Line Filters*, Artech House, Inc, Washington, 1980.
 3. Matthaei, G.L., Young, L., and Jones, E.M.T, *Microwave Filter, Impedance Matching Network, and Coupling Structure*, Artech House, Inc, 1980.
 4. Matthaei, G.L, 'Comb-line band-pass filter of narrow or moderate bandwidth', *Microwave J*, 6, p.82, August 1963.
 5. Cristal, E.G, 'Coupled circular cylindrical rods between parallel ground plane', *Trans. Inst Elect. Electronics Engrs*, MTT-12, July, 1964.
 6. Nicholson, B.F, The practical design of interdigital and comb-line filter, *The Radio and Electronic Engineer*, July 1967.
 7. Rustini S. Kayatmo, Yuyu Wahyu, "Perancangan Filter Compline", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, Januari-Maret 2001.
 8. Yuyu Wahyu, Rustini S. Kayatmo, "Filter Bnad-Pass Comb-line (Bagian I)", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, Agustus-September 2002.
-

SISTEM CHARGING REACTOR PADA MODULATOR TIPE LINI RADAR X-BAND

Deni Permana dan Syamsu Ismail*)

ABSTRACT

Have been done research about reactor charging system at lini type modulator, where this Lini Type Modulator system, functioned Hydrogen Thyatron Type FX 2530 as switch, so that do not be needed voltage which too big, because to move Hydrogen Thyatron needed voltage which smaller than cathode voltage ($HV < VK$). Because nature of this Hydrogen Thyatron like Thyristor wrongly its one electrode represent to conduct (separate gate), to enable giving of voltage level to start the Thyristor of conduction. Because nature of typically, hence needing of a system able to off the Hydrogen Thyatron tube automatically, hence designed a Charging Reactor system, to awaken a voltage return from Magnetron with inversed polarization, this matter happened because between primary winding and second circumference at transformator there are situation which is mismatch its Impedance Characteristic (Z_0), so that will off locked system.

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang sistem charging reaktor pada modulator tipe lini, dimana pada sistem Modulator Tipe Lini ini, difungsikannya *Hydrogen Thyatron* Type FX 2530 sebagai switch, sehingga tidak diperlukan tegangan yang terlalu besar, karena untuk menggerakkan Hydrogen Thyatron diperlukan tegangan yang lebih kecil dari tegangan katode ($HV < VK$). Karena sifat dari Hydrogen Thyatron ini seperti *Thyristor* dengan salah satu elektrodanya merupakan kendali (gerbang) terpisah, untuk memungkinkan pemberian level tegangan yang akan memulai Thyristor tersebut konduksi. Karena sifat khasnya tersebut, maka diperlukan suatu sistem yang dapat mematikan tabung Hydrogen Thyatron tersebut secara otomatis, maka dirancang suatu sistem *Charging Reactor*, yang akan membangkitkan suatu tegangan balik dari *Magnetron* dengan polarisasi yang terbalik. Hal ini terjadi karena

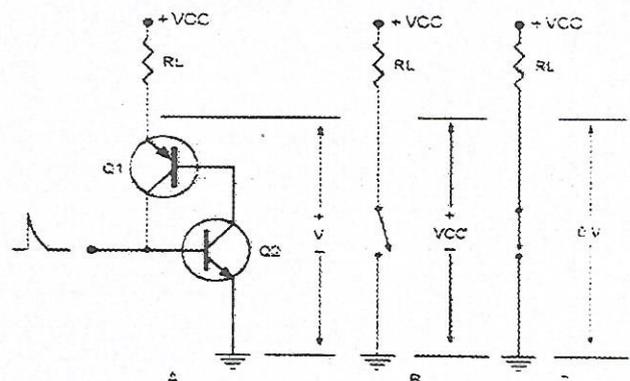
Korespondensi:

*) Deni Permana dan Syamsu Ismail adalah Peneliti pada PPET - LIPI, Jl. Cisitua No. 21/154D (Sangkuriang) Bandung 40135.

antara lilitan primer dan lilitan sekunder pada transformator terdapat keadaan yang *mismatch* pada Impedansi Karakteristiknya (Z_0), sehingga akan mematikan sistem yang terkunci.

I. PENDAHULUAN

Thyristor terdiri dari bahan semikonduktor 4 lapis yang menggunakan umpan balik dalam (internal) untuk mendapatkan perilaku penahanan/penguncian (latching). Tidak seperti transistor bipolar dan FET, yang dapat beroperasi baik sebagai penguat linear maupun sebagai saklar. Thyristor ini hanya dapat beroperasi baik jika difungsikan sebagai saklar saja. Salah satu cara yang dipakai untuk membuat supaya sebuah Thyristor ini konduksi (tersambung), adalah dengan cara memberikan prategangan maju salah satu basisnya. Di bawah ini diperlihatkan sebuah pemacu (pulsa tajam) yang diberikan pada salah satu basis dari transistor Q2.



Gambar 1. Pemacu prategangan maju [2] 21-261

Pada saat datangnya prategangan maju dari sebuah pulsa tajam yang diberikan kepada basis Q2, arus kolektor Q2 dengan segera mengalir dan menimbulkan arus basis pada transistor pertama (Q1). Akibatnya akan menimbulkan arus kolektor pada Q1 yang akan memberikan arus basis pada Q2. Dengan demikian, prategangan maju yang berasal dari pemacu tadi (awal) tidak diperlukan lagi. Proses ini dikenal dengan istilah

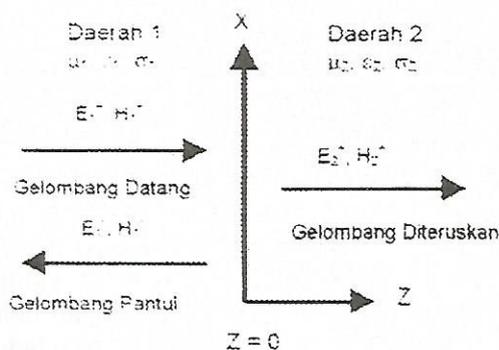
regenerasi yang merupakan hasil dari umpan balik positif. Keadaan ini akan berlangsung terus dengan sendirinya sampai kedua transistor tersebut mengalami kejenuhan. Arus masukan minimum yang diperlukan untuk memulai proses regenerasi ini dikenal dengan *arus pemicu*.

Karena keadaan ini akan berlangsung terus menerus, maka diperlukan salah satu cara untuk membuat kedua transistor ini keluar dari keadaan jenuhnya dan kembali ke keadaan terbuka.

Ada beberapa cara yang dipakai untuk keluar dari proses regenerasi ini, salah satu caranya adalah dengan menurunkan *arus beban sampai menjadi nol*, dengan cara membuka tahanan beban, sehingga arus beban akan turun mendekati nol. Cara lain yang dipergunakan misalkan saja dengan menurunkan tegangan sumber (V_{cc}) sampai menjadi nol. Pada kedua kasus ini, keadaan mengecilkan arus (*low-current dropout*) sampai pada harga yang paling rendah.

Selain dari cara tersebut di atas, cara lain yang dipakai untuk membebaskan kedua transistor itu dari keadaan konduksi, adalah dengan cara memberikan *pemicu prategangan-balik*. Bila yang digunakan pemicu awal adalah prategangan positif, maka untuk membebaskan dari keadaan konduksi diberikan pemicu prategangan negatif. Kondisi ini akan menurunkan arus basis transistor kedua (Q2), dengan demikian maka arus basis Q1 juga akan turun. Karena arus Q1 turun, maka proses regenerasi dari kedua transistor tersebut akan berakhir sampai ke dalam keadaan putus, yang berarti mengembalikan keadaan tersebut ke keadaan awal.

Untuk dapat membangkitkan suatu prategangan balik dari *Magnetron* dengan polarisasi yang terbalik, maka dibuat suatu kondisi yang tidak sesuai (*mismatch*) antara lilitan primer dan lilitan sekunder pada transformator, sehingga akan mematikan sistem yang terkunci. Untuk membuat suatu transformator yang mempunyai kondisi tidak *sesuai* antara lilitan primer dan lilitan sekunder, maka harus dibuat besarnya impedansi saluran (Z_0) dan impedansi beban (Z_b) mempunyai harga yang berbeda, sehingga akan timbul *gelombang pantul* dengan polarisasi yang terbalik.



Gambar 2. Pemantulan Gelombang [4]11-330

Di atas ini diperlihatkan suatu gelombang datang (E_1) yang jatuh pada bidang datar perbatasan, akan menimbulkan suatu gelombang pantul (E_1) dan suatu gelombang yang diteruskan (E_2).

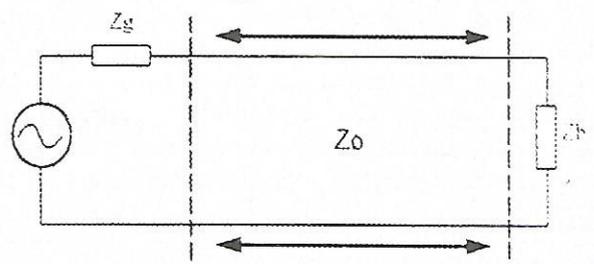
Secara umum saluran transmisi adalah suatu media untuk menyalurkan tenaga listrik (daya gelombang elektromagnetik), dari satu titik ke titik lain. Penyaluran tenaga listrik ini harus dilakukan dengan redaman yang sekecil mungkin sehingga terjadi transfer daya maximum antara sumber dan beban. Hal ini terjadi apabila sistem transmisi dalam keadaan *match* (sesuai), yaitu kesesuaian antara impedansi sumber, impedansi saluran dan impedansi beban.

$$Z_g = Z_0 = Z_b \dots\dots\dots (1)$$

Bila salah satu dari ketiga Impedansi (Z) ini tidak sesuai, maka akan timbul suatu *refleksi daya* yang dikenal dengan istilah *mismatch*. Rasio amplitudo pantul terhadap amplitudo datang dari medan listrik yang berangkutan, disebut dengan *Koefisien pemantulan* atau *koefisien refleksi*, yang mana besarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah:

$$\rho = \frac{E_1^-}{E_1^+} = \frac{Z_b - Z_0}{Z_b + Z_0} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan menganggap daerah 1 sebagai dielektrik sempurna dan daerah 2 merupakan konduktor sempurna, maka dengan mengingat bahwa untuk suatu konduktor sempurna tidak terdapat medan yang berubah terhadap waktu, maka cara lain yang dipergunakan untuk melihat suatu persoalan ini adalah dengan memperhatikan bahwa kedalaman (tebal) kulit adalah nol. Karena Impedansi beban (Z_b) sama dengan nol, maka besarnya $\rho = -1$. Karena Impedansi beban (Z_b) dikurangi dengan impedansi saluran (Z_0) merupakan besarnya amplitudo dari gelombang pantul (E_1^-), serta Impedansi beban (Z_b) merupakan besarnya amplitudo dari gelombang datang (E_1^+). Dengan demikian, maka gelombang pantul mempunyai amplitudo yang sama besar dengan gelombang datang, tetapi tandanya berlawanan. Ini berarti bahwa semua energi yang datang dipantulkan oleh konduktor sempurna.



Gambar 3. Sistem saluran secara umum [3]

Perbandingan antara harga maximum dan harga minimum gelombang tegak yang dibangkitkan oleh tegangan di sepanjang saluran, dikenal dengan istilah *perbandingan tegangan gelombang tegak (voltage standing wave ratio, VSWR)*. Perbandingan gelombang tegak ini merupakan ukuran untuk menyatakan besarnya tenaga yang terpantul dalam saluran. Semakin besar bilangan untuk VSWR, maka semakin besar pula tenaga yang dipantulkan.

Besarnya VSWR ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti di bawah ini, dimana besarnya koefisien refleksi merupakan bilangan mutlak:

$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \dots\dots\dots (3)$$

karena ρ merupakan *koefisien refleksi tegangan*, maka dengan mengingat *Hukum Ohm*:

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (4)$$

Maka ρ^2 adalah *koefisien refleksi daya*.

II. TEORI DASAR PERENCANAAN

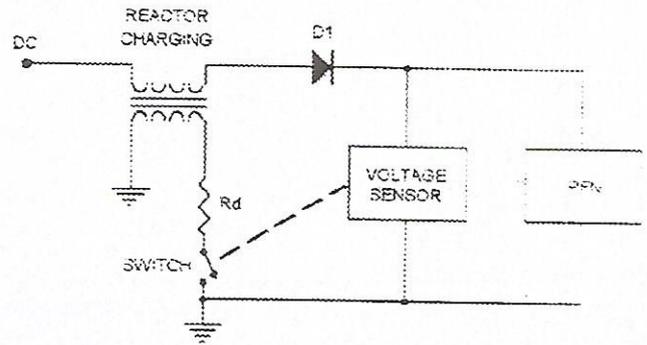
Dalam membuat perencanaan untuk sebuah sistem Charging Reactor yang dipakai dalam suatu sistem radar dengan menggunakan Modulator Tipe Lini ini, salah satu rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya induktansi dari suatu reaktor diperlihatkan di bawah ini:

$$L = \frac{Tr^2}{\pi^2 C_{tot}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- L = Induktansi dalam Henry (H)
- Tr = Periode (t)
- C_{tot} = Kapasitas Total (F)
- π = 3,14

Di bawah ini diperlihatkan konfigurasi dari suatu sistem Charging Reactor, dengan memfungsikan *Hydrogen Thyatron Type FX 2530* sebagai switch. Karena sifat dari *Hydrogen Thyatron* ini seperti *Thyristor* dengan salah satu elektrodanya merupakan kendali (gerbang) terpisah. Dengan demikian, pada gerbang kendali hanya diperlukan pemberian level tegangan yang relatif kecil untuk memulai Thyristor tersebut konduksi.



Gambar 4. Sistem Charging Reactor [1] 6 - 204

Ada beberapa cara untuk mendesain induktansi reaktor yang kita perlukan. Langkah awal dari proses desain ini adalah memilih bahan dari inti (core) yang akan digunakan. Hal terpenting yang menjadikan dasar pertimbangan adalah memilih besarnya ukuran inti (core) yang akan digunakan (dimensi core), serta data teknis dari bahan seperti: kerapatan garis gaya (Φ) yang terkandung dalam inti, pemilihan material inti butiran baja-silicon yang terkandung dalam bahan sesuai dengan tabel 1. (Besaran yang umum dipakai adalah 4-mil atau 12-mil butiran baja silicon), serta dengan diasumsikannya kerapatan flux magnetik (B) sebesar 5 kG sudah cukup baik sebagai langkah awal dalam perencanaan sistem Charging Reactor ini. Di bawah ini akan diperlihatkan tabel data yang mewakili dimensi dari 4-mil C Core.

Tabel 1. Dimensi dari 4-mil C Core [1] 6-199

No. Core	Lebar Saluran D (in)	Panjang Saluran E (in)	Lebar Jendela F (in)	Panjang Jendela G (in)	Luas Core Dx E (in)	Panjang Core 2F-2G+2.9E
H.1	0.5	0.25	0.5	1 1/8	0.125	3.98
H.5	1	0.25	0.5	1 1/2	0.250	4.73
H.48	0.75	5/16	5/8	1 9/16	0.23	5.28
H.11	1	9/32	5/8	1 9/16	0.28	6.46
H.51	5/8	3/8	0.75	1 15/16	0.28	6.46
H.8	1	1 1/2	0.5	1 9/16	0.50	5.58
H.19	1 1/8	0.75	0.75	2 5/16	0.84	8.30
H.25	1 3/8	1 5/16	1 5/16	2 1/2	1.29	9.59
H.33	1 3/4	1	1	3	1.75	10.90
H.34	2	1	1	3	2.00	10.90
AH 1430	3	3/4	5 1/2	16 1/2	9.75	53.43

Untuk menghitung banyaknya jumlah lilitan yang terdapat dalam suatu sistem Charging Reactor, maka dipergunakan persamaan di bawah ini.

$$N = \frac{4,93 \times 10 E_{dc} Tr}{AS \Delta B_{ac}} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

- ΔB_{ac} = Kerapatan flux magnetik ac (g)
- E_{dc} = dc Power Supply (V)
- T_r = Periode
- A = Luas penampang Inti (Inci²)
- S = Faktor Penumpukan (0.9 dari 4-mil)

Untuk menentukan besarnya celah udara, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$a = \frac{3,2 N^2 A \times 10^{-8}}{L} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan menganggap bahwa besarnya $a/1$ lebih kecil dari 0,6%, maka perhitungan untuk menentukan besarnya kerapatan flux magnetik dc adalah:

$$B_{dc} = \frac{0,16 N I_{dc}}{a} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- B_{dc} = Kerapatan flux magnetik dc (G)
- a = celah udara efektif (inci)
- N = Jumlah Lilitan
- I_{ac} = Arus pada Choke ($PRF_{cn} \times 1.9E_{dc}$)

Selain hal di atas, asumsi yang lain yang dipergunakan dalam perhitungan adalah $\Delta B_{ac} + B_{dc}$ lebih kecil dari 15 kG. Atas dasar asumsi ini, maka kita meninjau kembali pilihan awal yang telah dilakukan terhadap ΔB_{ac} . Jika celah udara yang diberikan terlalu kecil atau kerapatan garis-gaya terlalu besar, maka kita perlu menghitung ulang terhadap sistem Reactor tersebut dengan cara memberikan beberapa asumsi yang berbeda atau mengganti tipe dari core.

Dalam hal pembebanan reactor, isolator yang umumnya dipilih adalah jenis *Oil-Impregnated Kraft*. Besarnya tegangan jatuh yang diberikan untuk beberapa jenis penyekatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Jenis Isolator yang dipakai [1] 6-199

Jenis Penyekatan	Tegangan Jatuh
Penyekatan pada Inti	25 V/mil
Penyekatan pada setiap Lapisan	50 V/mil
Penyekatan antara Lapisan	25 V/mil

Tabel 3. Lapisan Minimum Isolator [1] 6-200

Ukuran Kawat (SWG)	Lapisan Minimum Isolator (inci)
> 30	0.002
26 - 29	0.003
23 - 25	0.004
18 - 22	0.005

Dalam menentukan faktor Q dan besarnya kenaikan temperatur dari lilitan suatu Reactor, maka perlu diperhitungkan beberapa sumber kerugian lain yang mungkin akan terjadi pada sistem. Ada tiga jenis sumber kerugian (loss) yang harus dipertimbangkan. Yang pertama adalah kerugian tembaga, rugi-rugi inti yang dapat diperoleh dari data teknik pabrik, serta kerugian adanya celah udara. Di bawah ini diperlihatkan perhitungan yang digunakan untuk mengetahui besarnya kerugian akibat celah udara:

$$W_g = k D a f (\Delta B_{ac})^2 \sqrt{te} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

- W_g = Kerugian celah udara (Watt)
- k = Konstanta (baja-silicon 3.22×10^{-3})
- D = Lebar saluran Inti (inci)
- a = Total panjang celah udara (inci)
- ΔB_{ac} = Kerapatan flux magnetik ac (kG)
- te = Penyekatan (V/mil)

Dari ketiga jenis kerugian ini, maka menurut Hukum Ohm, dimana besarnya daya adalah hasil perkalian antara besarnya kwadrat arus dengan besarnya hambatan, maka kerugian total dari suatu sistem Reactor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$W_t = I^2 \times R_{eq} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

- W_t = Total kerugian reactor (Watt)
- I = Arus rata-rata di dalam reactor (A)
- R_{eq} = Besarnya hambatan pada reactor

Untuk menentukan besarnya Q pada suatu reactor, maka:

$$Q = \frac{\omega L}{R_{eq}} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

- ω = π / Periode

III. PERENCANAAN SISTEM

Dalam perencanaan sistem Charging Reactor ini, Pembebanan suatu Charging Diode diasumsikan bekerja pada tegangan penuh sekitar 90% dalam satu perioda diantara pulsa-pulsa yang dihasilkan. Pada saat terjadinya resonansi, $T_r = 225 \mu s$ dengan total kapasitas yang terdapat pada suatu jaringan PFN (Pulse Forming Network) adalah 2600 pF. Dengan demikian, maka besarnya induktansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$L = \frac{T_r^2}{\pi^2 C_{tot}}$$

$$L = \frac{(255 \times 10^{-6})^2}{(3,14)^2 \times (2.6 \times 10^{-6})}$$

$$L = 1.97 H = 2 h$$

Dalam hal perencanaan pembuatan sebuah Charging Reactor, hal pertama yang dilakukan adalah memilih standard inti magnetik yang akan dipergunakan. Dari tabel 1. Untuk H - 25 dimensi 4-mil C core dapat dilihat bahwa lebar dari jendela (F) adalah 15/16 inci dengan panjang daun jendela (G) adalah 21/2 inci. Dengan mengasumsikan besarnya Kerapatan flux magnetik ac adalah 7 kGauss: dari tabel 2. dapat dilihat Isolator jenis *Winding Core Insulation* sanggup menahan tegangan sebesar 5 kV dengan tegangan jatuh sebesar 25 V/mil: faktor penumpukan yang terjadi pada 4-mil C Core adalah 0.9 besamya periode adalah 225 μs ; dengan induktansi dari Reactor adalah 2 H; serta luas penampang inti adalah 1.29 inci², maka banyaknya jumlah lilitan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6.

$$N = \frac{4.93 \times 10^{-6} E_{ac} T_r}{AS \Delta B_{ac}}$$

$$N = \frac{4.93 \times 10^{-6} \times 5000 \times 225 \times 10^{-6}}{1.29 \times 0.9 \times 7000}$$

$$N = 682 \text{ lilitan}$$

Dengan menggunakan persamaan 7, maka besarnya celah udara efektif dapat ditentukan dengan besarnya induktansi 2 H:

$$a = \frac{3.2N^2A \times 10^{-8}}{L}$$

$$a = \frac{3.2 \times 682^2 \times 1.29 \times 10^{-8}}{2}$$

$$a = 0.0096 \text{ inci}$$

Dari tabel 1. Dapat dilihat panjang dari inti magnet untuk nomor inti H - 25 adalah

$$l = 2F + 2G + 2.9E$$

$$l = 2(0.938) + 2(2.5) + 2.9(0.938) = 9.596 \text{ in}$$

Maka besarnya perbandingan (ratio) antara celah udara dengan panjang inti magnetik adalah:

$$\frac{a}{l} = \frac{0.0096}{9.596} = 0.1\%$$

Untuk menghitung besarnya flux magnetik dc pada sebuah Charging Reactor. maka arus Choke dapat dihitung dengan mengetahui besarnya PRF sebesar 4000 pulsa/detik:

$$\begin{aligned} I_{dc} &= (PRF \times C_n \times 1.9 \times E_{dc}) \\ &= (4000) \times (2.6 \times 10^{-9}) \times (1.9 \times 5000) \\ &= 98.8 \text{ mA} = 0.0988 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$B_{dc} = \frac{0.16NI_{dc}}{a}$$

$$B_{dc} = \frac{0.16 \times 682 \times 98.8 \times 10^{-3}}{0/0096}$$

$$B_{dc} = 1123 \text{ Gauss} = 0.1123 \text{ Tesla}$$

Dengan lebar saluran inti adalah 1.38 inci serta tegangan jatuh sebesar 25 V/mil. maka besarnya kerugian celah udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9:

$$f = 1/2 \times \text{Perioda}$$

$$f = 1/2 \times 225 \mu s$$

$$f = 2222.22 \text{ Hz}$$

$$W_g = kDaf (\Delta B_{ac})^2 \sqrt{te}$$

$$W_g = 3.22 \times 10^{-3} \times 1.38 \times af (\Delta B_{ac})^2 \sqrt{te}$$

$$W_g = 4.4 \times 10^{-3} \times 0.0096 \times 2222.2 (\Delta B_{ac})^2 \sqrt{te}$$

$$W_g = 94.8 \times 10^{-3} \times (7)^2 \sqrt{te}$$

$$W_g = 23.22 \text{ Watt}$$

Dengan menganggap arus Choke seri terhadap Charging Reactor, serta besarnya total kerugian pada Reactor hampir sama dengan besarnya kerugian celah udara, maka besarnya hambatan pada Reactor adalah:

$$W_g = I^2 \times R_{cq}$$

$$R_{eq} = \frac{23.22}{(0.0988)^2} = 2379 \Omega = 2.379 \text{ K}\Omega$$

Besarnya Q pada suatu Reactor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 11 :

$$Q = \frac{\omega L}{R_{eq}}$$

$$Q = \frac{(\pi / Tr) \times L}{R_{eq}}$$

$$Q = \frac{(13.956) \times (2)}{2379} = 11.7$$

IV. REALISASI DAN PENGUKURAN

Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap besarnya induktansi reactor sebesar $L = 1.97 \text{ H}$. pada kondisi hambatan beban $RL = 130 \Omega$. choke reactor $L_1 = 132.4 \text{ H}$ serta besarnya nilai dari reaktansi kapasitif adalah $C = 8.02 \text{ nF}$ didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengukuran pada Charging Reactor dengan induktansi reactor sebesar $L = 1.97 \text{ H}$

V_{HF} (Volt)	I_{HF} (mA)	Vd - peak (Volt)	Vo - peak (Volt)	T 50% (μ s)
50	0.986	100	64	1,1
75	1.456	140	85	1,1
100	2.261	190	124	1,1
125	2.897	240	165	1,0
150	3.892	295	215	1,0
175	4.694	332	254	1,0
200	5.782	397	279	1,0
225	5.612	433	324	0,0
250	6.267	476	375	0,9

1. Untuk realisasi dari rangkaian pada Transformator Impedansi (T2) digunakan Pot Core H5A-NAG dengan perbandingan antara lilitan primer dan sekunder adalah :

$N_s : N_p = 2 : 1 = 40 : 20$. dengan data:

$$N_p = 840 \mu\text{H} \quad D_p = 0.033$$

$$L_{PL} = 1,2 \mu\text{H}$$

$$N_s = 3.22 \text{ mH} \quad D_s = 0.017$$

$$L_{SL} = 0.01 \text{ mH}$$

2. Sementara untuk Transformator Impedansi (T1) digunakan Pot Core YEL. BP 20T dengan perbandingan antara lilitan primer dan sekunder adalah :

$N_s : N_p = 1 : 1$, dengan data sebagai berikut,

$$L_p = 14,8 \mu\text{H} \quad D_p = 1.288$$

$$L_{PL} = 1,8 \mu\text{H}$$

3. Untuk Transformator Impedansi (T1) digunakan Pot Core GRE. BP 21T dengan perbandingan antara lilitan primer dan sekunder adalah

$N_s : N_p = 1 : 1$, dengan data sebagai berikut.

$$L_p = 543 \mu\text{H} \quad D_p = 0.386$$

$$L_{PL} = 0.4 \mu\text{H}$$

Dengan merubah besarnya induktansi reactor sebesar $L = 2 \text{ H}$. serta dengan kondisi hambatan beban $RL = 130 \Omega$ choke reactor $L = 132,2 \mu\text{H}$ serta besarnya nilai dari reaktansi kapasitif adalah $C = 8.02 \text{ nF}$ didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengukuran pada Charging Reactor dengan induktansi reactor sebesar $L = 2 \text{ H}$

V_{HF} (V)	I_{HF} (mA)	Vd-peak (Volt)	Vo-peak (Volt)	T 50% (μ s)	tR (ns)	ΔV (V)
50	0.959	94	88	0.96	-	-
75	1.467	140	132	0.98	-	-
100	1.969	190	175	0.98	<100	125
125	2.413	230	210	0.98	<100	150
150	2.910	275	250	1.0	<100	150
175	3.372	325	290	0.9	200	110
200	3.774	370	330	0.86	200	70
225	4.243	425	375	0.7	200	105
250	4.680	480	430	0.7	180	110

V. KESIMPULAN

Dalam pembuatan sistem Charging Reactor ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Misalkan saja untuk sistem secara keseluruhan dapat dikatakan berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran dari sistem yang dibuat serta hasil uji coba sistem dalam rangkaian didapatkan hasil yang memuaskan. Pada tabel hasil pengukuran terlihat perbedaan induktansi reactor dapat menyebabkan perbedaan ΔV menghilang dan membesar pada tegangan HV + 250 Volt. Terjadinya saturasi tegangan masukan puncak (V_a Peak) pada Charging Reactor, dapat diatasi dengan menggunakan High quality Capacitor.

Proyek Penelitian ini dibiayai oleh DiP tahun anggaran 2001 dengan tolok ukur kegiatan Sistem Radar X-Band untuk Marine bagian pemancar.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] George W. Ewell, 1981, Radar Transmitter, McGraw - Hill Inc., Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia, 197 - 206.
- [2] Alberty paul Malvino, 1991. Prinsip-Prinsip Elektronika. Erlangga, Jakarta, hal 260-278.
- [3] Deni Permana; Arief S; Syamsul/ Nanang S. 2000, Perencanaan dan Realisasi Saluran Wave Guide untuk rekuensi 2.97 GHz pada Sistem Penerima radar L-Band, Proseding Pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik 2000. Jakarta, 7-8 November 2000.
- [4] William H. Hayt. Jr, 1992. Elektromagnetik Teknologi, Erlangga, Jakarta. hal 303 -304.

FILTER SALUR TENGAH BUMBUNG GELOMBANG

Yahya Syukri

ABSTRACT

The evolution of MIC technologies does not mean that waveguide based design is to be abandoned as the characteristics that depend on the latter is unique. In this work, one of these characteristics, the high -Q factor, is manifested in the design of a narrow band-pass low insertion loss filter.

INTISARI

Evolusi teknologi MIC tidak berarti meninggalkan teknik bumbung gelombang karena karakteristik yang bertumpu pada teknik ini belum dapat dicapai dengan cara lain. Salah satu karakteristik ini adalah faktor kualitas yang tinggi. Dalam tulisan ini dipaparkan disain filter berpita salur sempit beredaman rendah yang memper-syaratkan faktor ini dalam bentuk bumbung gelombang.

1. PENDAHULUAN

Evolusi teknologi MIC tidak meninggalkan penggunaan disain-disain yang bertumpu pada bumbung gelombang dan koaksial, karena keduanya tidak dapat diganti bilamana diperlukan daya besar, ketelitian, dan faktor kualitas tinggi. Di samping itu struktur ini berperan dalam sistim-sistim gelombang milimeter.

Filter dengan pita-salur (passband) sempit dan pemisahan tajam memerlukan komponen-komponen dengan faktor kualitas tinggi. Komponen-komponen ini pada filter salur-tengah (bandpass) bumbung gelombang yang khas terdiri dari sederet rongga (cavity) yang digandengkan guna mencapai karakteristik yang dipersyaratkan. Deretan rongga ini merupakan struktur berulang berupa bumbung gelombang yang dibebani pada selang periodik yang merupakan bangun kopleng antara rongga.

Filter bumbung gelombang biasa digunakan dalam pita frekuensi antara 1 GHz sampai diatas 100 GHz. Suatu bumbung gelombang dapat menopang sejumlah besar 'mode' dengan karakteristik yang berbeda-beda.

Korespondensi:

*)

Filter-filter yang menggunakan mode dominan TE_{10} pada bumbung gelombang segi empat dapat berkinerja salur rendah (lowpass), salur-tengah, dan salur-tinggi (highpass). Sejumlah rongga yang panjangnya setengah panjang gelombang bumbung dan digandengkan oleh iris atau tiang-tiang induktip dapat membentuk filter bumbung gelombang sederhana. Tiang-tiang induktip hanya digunakan hingga frekuensi 40 GHz karena penempatan tiang dengan tepat tidak mudah pada frekuensi yang lebih tinggi.

Keunggulan filter bumbung gelombang adalah rugi ruginya yang rendah dan kesanggupannya menopang daya besar. Bahan yang umum digunakan adalah kuningan, tembaga, aluminium, dan invar. Keempat bahan ini harus dilapis perak untuk menjamin redaman serendah mungkin pada pita-salur. Kemantapan temperatur yang paling baik didapat dengan invar karena koefisien muai temperaturnya rendah; sedangkan aluminium digunakan untuk filter-filter berbobot ringan.

Dalam tulisan ini dipaparkan pembuatan dua buah filter salur-tengah bumbung gelombang yang pita-salurnya cukup sempit dengan menggunakan dua dan tiga buah rongga yang digandengkan oleh sejumlah tiang induktip pada frekuensi dibawah 2 GHz dengan menggunakan bahan kuningan yang dilapis perak.

2. KOMPONEN FILTER

Komponen-komponen filter bumbung gelombang terdiri dari beberapa rongga, bangun kopleng, dan bila filter akan dihubungkan kesaluran koaksial, seperti filter yang akan direncanakan di bawah, transisi dari bumbung gelombang kesaluran koaksial. Karena itu karakteristik dan disain ketiga komponen ini perlu diketahui.

Jumlah rongga yang dipergunakan tergantung pada unjuk kerja filter yang harus dicapai. Redaman diluar pita-salur dan lebar pita-salur menentukan jumlah rongga. Pada filter-filter ini dipergunakan rongga-rongga segi-empat yang dihubungkan oleh kopleng induktip. Ukuran rongga ditentukan dari frekuensi resonansi.

$$f_{mnl} = \frac{ck_{mnl}}{2\pi\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} \quad (1)$$

μ_r permeability relatif, ϵ_r konstanta dielektrika relatif dan k_{mnl} adalah nomor gelombang (wave number) 'cut-off',

$$k_{mnl} = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2} \quad (2)$$

m, n, l menunjukkan jumlah variasi pola gelombang berdiri pada arah-arrah masing-masing sejajar dengan a, b dan d . d adalah panjang rongga, l menunjukkan kelipatan setengah panjang gelombang rongga. Karena itu rongga ini merupakan resonator saluran transmisi setengah panjang gelombang dalam bentuk bumbung gelombang

Mode dominan adalah TE_{101} , sesuai dengan mode TE_{10} pada bumbung gelombang dengan panjang $\lambda_g / 2$ yang dlhubung-singkat.

Faktor kualitas rongga ini, Q ditetapkan dari

$$Q = \left(\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d}\right)^{-1}$$

Q_c adalah faktor kualitas karena rugi-rugi pada dinding rongga, dan Q_d faktor kualitas dari rugi-rugi dielektrika.

$$Q_c = \frac{(kad)^3 b \eta}{2\pi^2 R_s (2\ell^2 a^3 b + 2bd^3 + \ell^2 a^3 d + ad^3)} \quad (4)$$

$R_s = \frac{\omega\mu_0}{2\sigma}$ adalah tahanan permukaan dinding rongga, η impedansi karakteristik, σ konduktivitas, dan μ_0 permeabilitas ruang terbuka.

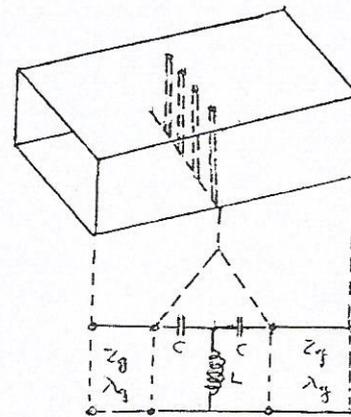
$$Q_d = \frac{1}{\tan \delta} \quad (5)$$

adalah sama dengan rugi-rugi tangen.

Kopling antara rongga terdiri dari beberapa kawat yang dipasang sejajar membentuk kisi pada penampang bumbung gelombang. Kawat-kawat ini disebut tiang induktip karena sukseptansi induktipnya. Penampang tiang tiang ini berbentuk lingkaran dengan garis tengah tetap. Kopling-kopling yang beragarn dapat dicapai

dengan membuat berbagai konfigurasi tiang. Kopling yang besar didapat dengan satu atau dua buah tiang. Penambahan jumlah tiang akan mengurangi besar kopling. Penalaan kopling dicapai dengan merubah jarak antara tiang.

Sukseptansi kisi dengan jumlah, ukuran dan jarak antara tiang tertentu didapat dengan menghitung parameter-S nya, yang kemudian dibenarkan dengan pengukuran [1]. Konfigurasi kisi beserta rangkaian ekuivalennya diperlihatkan pada gambar 1. Parameter pembalik-impedansi (impedance-inverted parameter) $K_{n,n+1}$, yang didapat dari spesifikasi filter dengan menggunakan metoda sintesa Matthaei [2] digunakan sebagai jalan untuk mendapatkan konfigurasi ini. Konfigurasinya sendiri berupa persoalan saluran transmisi, dihitung dengan program PUFF [3].



Cambar 1. Konfigurasi Kisi

Untuk masukan dan keluaran filter digunakan transisi koaksial-bumbung gelombang. Transisi ini meliputi terusan koaksial yang merupakan kelanjutan dari penghantar dalam saluran koaksial. Disain terusan ini pernah dibahas [4] berdasarkan teori Mumford [5] dengan melihat impedansi bumbung gelombang dari terusan koaksial,

$$Z = Z_{(og)} \sin^2 \frac{2\pi\ell}{\lambda_g} \cos^2 \frac{rd}{a} + jX \quad (6)$$

$Z_{(og)}$ adalah impedansi karakteristik bumbung gelombang, yaitu :

$$Z_{(og)} = K \frac{b \lambda_g}{a} \frac{g}{\lambda} \quad (7)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\left(1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

X adalah reaktansi yang berasal dari terusan dan bidang hubung-singkat. Impedansi Z harus sesuai dengan impedansi saluran koaksial yang resistip ($\approx R$), karena itu

$$R = Z_{(og)} \sin^2 \frac{2\lambda\ell}{\lambda_g} \cos^2 \frac{\pi d}{a} = K \times \frac{b\lambda_g}{a\lambda} \sin^2 \frac{2\lambda\ell}{\lambda_g} \cos^2 \frac{\pi d}{a} \quad (9)$$

d adalah jarak antara sumbu terusan dan sumbu bambung gelombang, a dan b masing-masing adalah lebar dan tinggi bambung gelombang, sedangkan ℓ adalah jarak antara terusan dan bidang hubung singkat pada bambung gelombang. Persamaan di atas menghasilkan

$$\frac{\tan \frac{2\pi\ell}{\lambda_g}}{\frac{2\pi\ell}{\lambda_g}} = \frac{2}{\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} \quad (10)$$

untuk $\frac{dR}{d\lambda_g} = 0$, yang dapat digunakan untuk menetapkan

jarak ℓ yang optimum pada frekuensi pusat pita salur. Panjang terusan L yang optimum dapat dicari dengan pertolongan diagram Smith dari besar $\ell_{optimum}$ dengan d mula-mula disamakan dengan 0.

3. DISAIN DAN IMPLEMENTASI

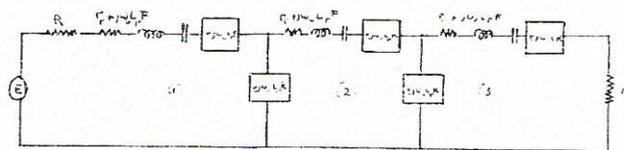
Lebar pita salur pada filter yang pertama adalah 10.247 MHz, sedangkan faktor bentuknya (shape-factor) 8.9. Syarat ini dapat dipenuhi dengan menggandengkan tiga buah rongga. Bagi filter yang kedua syarat ini berturut turut adalah 10.116 MHz dan 7. Untuk filter ini cukup digunakan dua buah rongga.

Filter dengan elemen sama diketahui [6] menghasilkan rugi-rugi sisipan paling rendah dipusat pita salur untuk sejumlah resonator pada kecuraman yang dispesifikasikan. Karena itu untuk filter-filter ini digunakan rongga-rongga yang sama. Setiap rongga dilengkapi dengan penala untuk menetapkan frekuensi resonansinya. Untuk filter-filter di atas, frekuensi-frekuensi resonansi rongga ini ditetapkan pada satu frekuensi.

Jarak antara pusat rongga-rongga biasanya $0.75 \lambda_g$ atau tiga-perempat panjang gelombang bambung gelombang, akan tetapi jarak ini dapat diubah sesuai dengan persyaratan filter.

Filter ini dianalisa dengan menggunakan rangkaian ekuivalen pada gambar 2. Rangkaian ini terdiri dari sejumlah rangkaian resonansi seri dengan faktor kualitas tak terbeban Q yang sama serta koefisien kopling K. Bagi filter berelemen sama $\omega_0 L r K = R$. R adalah tahanan penutup pada masukan dan keluaran. Kopling

ini terdiri dari reaktansi paralel antara resonator. Reaktansi kopling ini dianggap tetap pada selang frekuensi yang dipersyaratkan dan sama dengan nilainya pada frekuensi resonansi. Anggapan ini berlaku bagi filter-filter bila lebar pita 3 dB-nya kecil dibanding frekuensi resonansi, yaitu dibawah 5 persen.



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen filter

Rangkaian pada gambar di atas dianalisa guna menentukan matrik ABCD-nya untuk menghitung rugi rugi sisipan. Rugi rugi ini adalah [7]

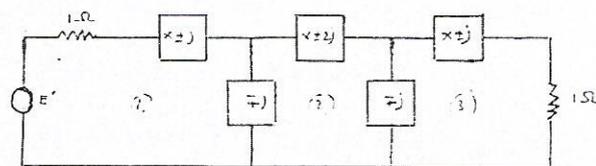
$$L = 10 \log \frac{|A + B + C + D|^2}{4} \quad (11)$$

Rugi-rugi dapat dinyatakan sebagai fungsi variabel kompleks tunggal $X = u + jv$. Parameter $u = r_i / R = 1/KQ_{11}$, adalah faktor disipasi yang dinormalisasi dan

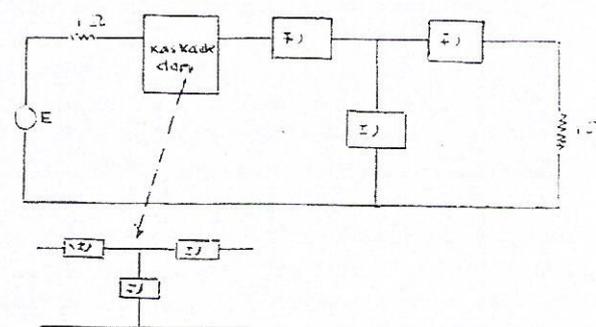
$$v = \frac{1}{K} \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) = \frac{F}{K} \quad (12)$$

merupakan variabel frekuensi yang dinormalisasi.

Rangkaian di atas dinormalisasi terhadap tahanan pada masukan dan keluaran, menurut gambar 3 yang selanjutnya diubah menjadi jala-jala berulang (iterative) terdiri dari rangkaian T reaktif dalam gambar 4. Matrik ABCD ditetapkan dengan teknik analisa jala-jala reaktif yang kemudian digunakan untuk menghitung rugi-rugi sisipan[9]



Gambar 3. rangkaian yang dinormalisasi



Gambar 4. Jala-jala berulang.

Hasil analisa ditayangkan dalam bentuk kurva-kurva rugi-rugi sisipan yang dapat digunakan untuk menentukan rugi rugi sisipan ditengah-tengah pita salur serta menentukan jumlah resonator dan kopling yang diperlukan.

Impedansi ternormalisasi masukan ditentukan dari elemen-elemen matrik ABCD menurut [9]

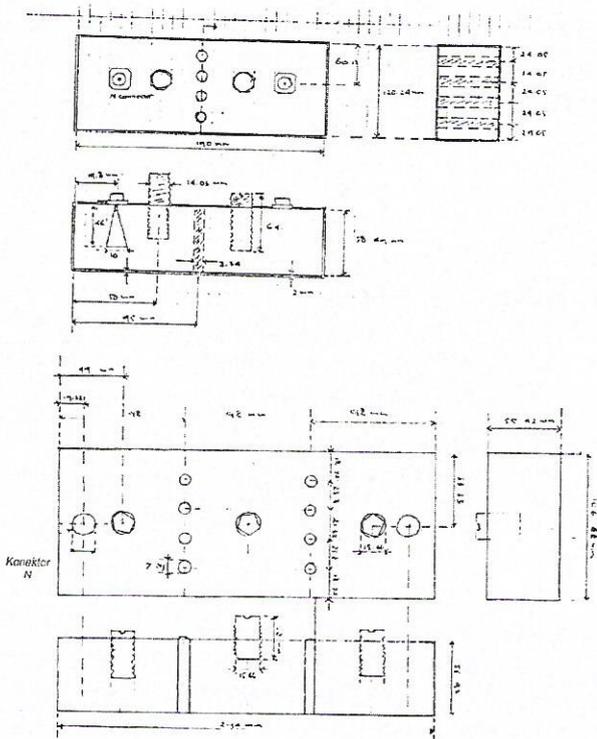
$$Y_{in} = \frac{C + D}{A + B} \tag{13}$$

sedangkan koefisien refleksinya ditetapkan dari

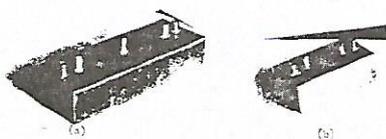
$$\Gamma = \frac{A + B - C - D}{A + B + C + D} \tag{14}$$

Dalam implementasinya impedansi ini digunakan untuk menentukan transisi impedansi dari bumbung gelombang kesaluran koaksial.

Gambar berikut adalah bagan filter-filter yang direncanakan yang masing masing terdiri dari dua dan tiga rongga dengan elemen kopling terdiri dari empat tiang induktip



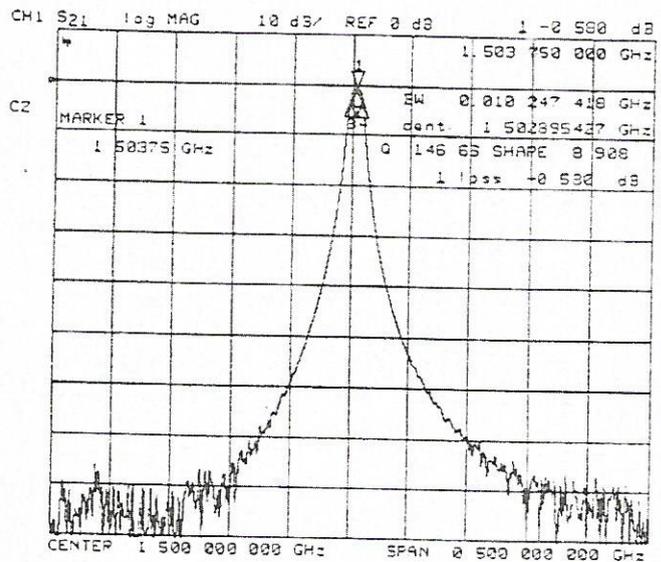
Gambar 5. Bagan Filter



Gambar 6. Filter Bumbung Gelombang

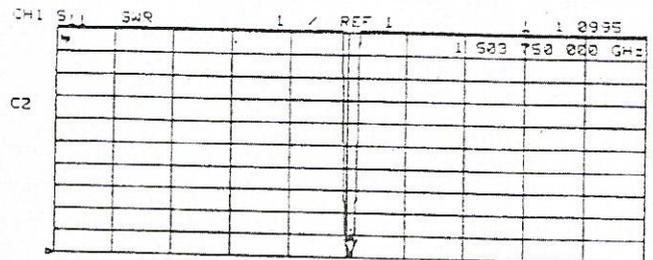
4. PENGUKURAN

Gambar 6 memperlihatkan kedua filter yang telah difabrikasi. 6a adalah filter tiga rongga dan 6b filter 2 rongga. Karakteristik filter-filter ini diukur dengan Network Analyzer HP 8720C. Parameter S_{21} filter yang pertama yang menunjukkan redaman sisipannya diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Karakteristik Filter Tiga Rongga

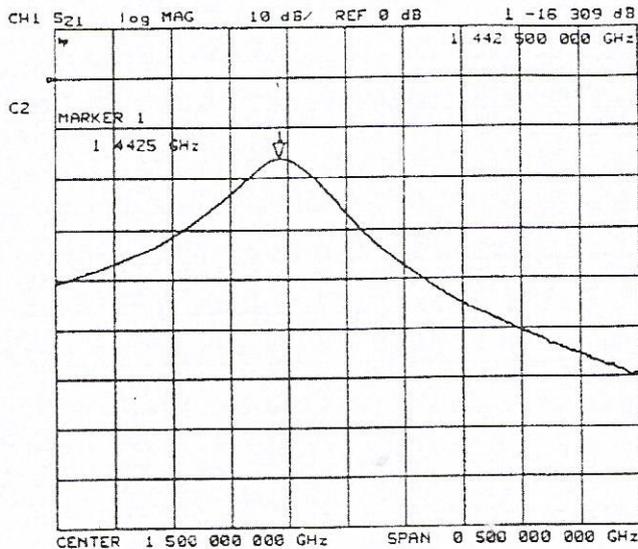
Didapat lebar pita salur 3 dB sebesar 10.247418 MHz, besar redamannya di pusat pita adalah 0.58 dB, sedangkan faktor bentuknya 8.908. Hasil yang didapat cukup mendekati persyaratan yang ditetapkan sebelumnya. Penala pada ketiga rongga dipergunakan untuk mendapatkan hasil ini. Pola VSWR filter ini, seperti yang tampak pada gambar 8 menunjukkan penyesuaian yang cukup baik pada pita salur terhadap beban penutup 50 Ohm yang diberikan oleh Network Analyzer.



Gambar 8. Pola VSWR.

Gambar berikut memperlihatkan karakteristik sisipan filter yang kedua, yang jauh dari persyaratan yang diberikan. Parameter pita salur dan faktor bentuknya sulit diukur, sedangkan redamannya di pusat pita mencapai

16.3 dB. Pengukuran VSWRnya menunjukkan bahwa filter ini tidak sesuai sama sekali dengan bebannya. Analisa awal menunjukkan konstruksi yang kurang sempurna, dalam bentuk pelapisan perak bagian dalam filter antara sudut-sudutnya kurang merata dan disain serta letak transisi koaksial kebumbung gelombang yang kurang tepat, demikian pula letak tiang-tiang induktif antara rongga.



Gambar 9. Karakteristik Filter Dua Rongga

5. KESIMPULAN

Hasil pertama, yang didapat dari filter tiga rongga menunjukkan bahwa disain dan implementasi memberikan apa yang diharapkan, yaitu suatu filter yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan sebelumnya. Implementasi yang kedua tidak memenuhi persyaratan. Dari kedua hal di atas serta setelah memeriksa hitungan disain, diketahui bahwa tidak ada kesalahan dalam perhitungan, akan tetapi didapati beberapa kekurangan kekurangan mekanis pada penerapan filter yang kedua. Pengukuran kembali dimensi-dimensi komponen filter yang kedua, dengan membuka kemasan filter, menunjukkan kesalahan dalam letak dan dimensi transisi

serta ukuran letak tiang-tiang induktif. Di samping itu, didapati pelapisan perak yang kurang sempurna pada sudut-sudut rongga. Implementasi yang kurang sempurna ini harus dibayar mahal dengan membongkar kemasan filter, memperbaiki ukuran dan pelapisan, dan dalam hal yang ekstrim membuat ulang filter yang berarti pemborosan bahan. Disimpulkan dari kedua hasil bahwa filter-filter sejenis dapat dibuat dengan hasil yang memuaskan bila faktor-faktor mekanis yang mempengaruhi ketelitian dapat dipenuhi dengan baik.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. S. Saad "Microwave Engineers' Handbook", Volume 1, Artech House, Inc. Dedham, Massachusetts. 1971, pp 76-80.
- [2] G. L. Matthaei, et al "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures", Mc Graw-Hill, 1964.
- [3] S. W. Wedge, et al "PUFF Version 2.0", California Institute of Technology, 1991.
- [4] Y. Syukri "Transisi antara Penghantar Koaksial dan Bumbung Gelombang" LEN Technical Journal, Vol 3, No 1, Jan/Feb/ Mar 1989, pp 6-8.
- [5] W. W. Mumford "The Optimum Piston Position for Wide-Band Coaxial to Waveguide Transducers" Proc IRE, Feb 53.
- [6] S. B. Cohn, "Dissipation Loss in Multiple-Coupled Resonator Filters", Proc IRE, Vol. 47, August 1959, pp1342-1348,
- [7] J. Reed and G. I Wheeler, "A Method of Analysis of Symmetrical Four-Port Networks" IRE-PGTTT Trans, Vol. MTT-4, October 1956, p 247.
- [8] J. J. Taub, "Design of Minimum Loss Band-Pass Filters", The Microwave Journal November 1963, pp 67-76.
- [9] J. J. Taub and H. J. Hindin, "Minimum Insertion Loss Microwave Filters", The Microwave Journal, August 1964, pp 41-45.

SISTEM KOMUNIKASI DATA UNTUK LABORATORIUM MONITORING KUALITAS UDARA BERGERAK BERBASIS GSM

Ade Cahyana *) Dicky Rianto **)

ABSTRACT

Communication plays a very important role in life. The combination of computer and telecommunication grows in to become data communication system, a process of information (data) transfer from one area to another within a certain geographic environment.

One most important in the system of data communication is media select. Cellular communication of GSM (Global System for Mobile Communication) is preferred more for its infrastructural and technological benefits instead of other technologies such as AMPS (Advance Mobile Phone System), NMT (Nordic Mobile Telephone), CDMA (Code Division Multiple Access).

Mobile laboratory of monitoring the air quality requires reliable data communication devices to transfer and report data from the field accurately and efficiently in regard with supporting fast decision making.

GSM is considerably chosen for data communication in reason of cellular phone operator wich cover a large member of areas throughout the country.

Kata Kunci: Udara, Komunikasi data, GSM, Mobile station.

INTISARI

Komunikasi memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan. Perpaduan antara aspek teknik komputer dengan teknik telekomunikasi berkembang pesat menjadi teknik komunikasi data. Komunikasi data merupakan proses pengiriman informasi (data) dari daerah satu ke daerah yang lain dalam lingkungan geografis tertentu.

Salah satu hal terpenting didalam sistem komunikasi data adalah pemilihan jenis media komunikasi. Media komunikasi telepon selular GSM (Global System for Mobile communication) paling banyak digunakan bila dibandingkan dengan teknologi lainnya, seperti: AMPS

(Advance Mobile Phone System), NMT (Nordic Mobile Telephone), CDMA (Code Division Multiple Access) karena mempunyai keunggulan infrastruktur dan teknologi.

Laboratorium monitoring kualitas udara yang berpindah-pindah (mobile) tentunya memerlukan alat komunikasi data yang akurat dalam pengiriman dan pelaporan data, sehingga data-data yang berasal dari lapangan dapat diinformasikan secara cepat, akurat dan efisien yang akan menjadikan pendukung dalam pengambilan keputusan.

Dipilihnya jaringan GSM untuk aplikasi komunikasi data ini lebih menekankan pada operator jaringan telepon selular yang memiliki coverage area paling luas yang mencakup ke seluruh pelosok daerah-daerah.

1. Pendahuluan

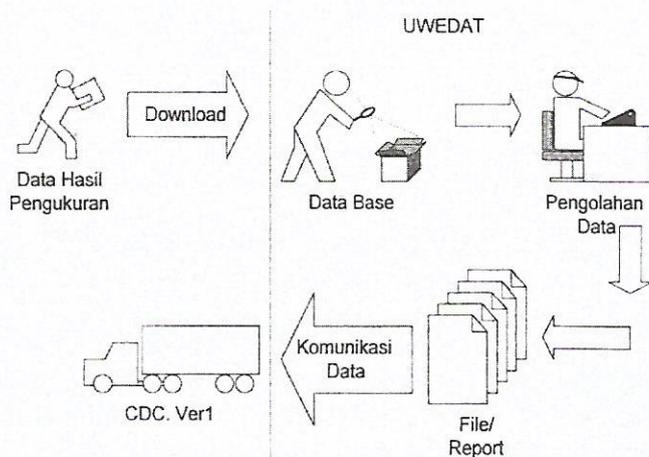
Isu lingkungan dunia sebagian besar berkaitan dengan pencemaran udara. Udara merupakan media yang paling berhubungan antara satu tempat dengan yang lainnya. Menurunnya kualitas udara bisa diakibatkan oleh perubahan lingkungan udara yang pada umumnya disebabkan oleh pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar ke dalam udara secara alamiah seperti: asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteroit, pancaran garam laut juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, industri, pembuangan sampah dan lain - lain yang secara tidak langsung dapat mengganggu atau berbahaya bagi manusia, tumbuhan dan hewan.

Hampir semua kegiatan manusia memasukkan pencemar ke dalam atmosfer termasuk pada proses alami seperti : proses pembusukan dan letusan gunung berapi. Proses metabolisme mikro organisme di air atau tanah tidak membawa akibat yang membahayakan, namun proses yang bukan alami kegiatan manusia (antropogenik) menyebabkan dampak yang berbahaya dan akibatnya tidak terpulihkan.

Bervariasinya sumber-sumber pencemar dapat dibagi beberapa kategori, diantaranya:

Korespondensi:

*) Peneliti pada Pusat Penelitian Informatika (PPI-LIPI)
JL.Cisitu No.21/154D
Telp (022)-2504711-Fax 2504712-Bandung



Gambar. 6. Pola operasi program komunikasi data.

Manfaat dan kelebihan menggunakan GSM ini adalah

- Lebih ekonomis dalam perawatan dan pengembangan;
- Urgensi dan prioritasnya;
- Lokasi dan jumlah tempat (site) yang mobile;
- Keandalan, kecepatan data, urgensi dan prioritas;
- Menaikkan akses dan distribusi data informasi;
- Memudahkan dalam mengintegrasikan suatu aplikasi dengan aplikasi lain;
- Mempercepat proses pengiriman data dan pengumpulan data;
- Mengetahui secara dini informasi di lapangan mengenai keadaan kualitas udara yang ada pada

saat ini;

- Membantu proses analisis data historis pencemaran udara, data-mining, mempercepat proses pengambilan keputusan dan rekomendasi.
- Membantu proses desentralisasi.

Dengan potensi-potensi arsitektur ini akan memberikan kemungkinan pengembangan lebih lanjut yang lebih besar tanpa perlu banyak mengubah infrastruktur yang telah ada.

7. Kesimpulan

Aplikasi sistem komunikasi data untuk laboratorium monitoring kualitas udara bergerak berbasis GSM ini dapat membantu kelancaran tugas monitoring kualitas udara mobile guna mengetahui kondisi yang berkembang (trend) pada saat itu di suatu daerah tertentu, yang pada kondisi tertentu harus diketahui dengan segera serta dikirim ke kantor pusat.

Dengan sistem ini diharapkan pihak-pihak yang terkait akan mendapatkan akses yang cepat dan tepat terhadap informasi yang berkembang serta sebagai penunjang dalam pengambilan keputusan.

Daftar Pustaka :

1. Laporan akhir proyek Pencemaran udara Bapedalda - Jawa Barat 2002.
2. Proyek AQMS Indonesia.
3. Vijay K.Garg and Josep K.Wilkes, 1999, "*Principles & Application of GSM*", Printice Hall. Commucations Engineering and Emerging Technologies Series.

PERENCANAAN DAN REALISASI SISTEM PENGUAT ARUS UNTUK PENGAPIAN MOTOR BENSIN

Deni Permana*)

ABSTRACT

A research on current amplifier for vehicle ignition system has been done. In the research, a current amplifying circuit was made and assembled between negative terminal of an ignition coil and the ground (car's body). Thus, a contact point (CP) or current switch breakers can not be passed by high level of current, so that the contact point life time can be extended. On conventional ignition system, the level of current passing through contact point is from 1 until 3 Ampere, this level of current reduces the life time of contact point. Using the current amplifying system that we have made, the level of current on contact point is less than 50 mA. This is a reason why a contact point can have a long life time, because there are no high sparks between contact on the contact point. This current amplifying system for vehicle's ignition has been tested on several cars and motorcycle with satisfactory results.

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang penguat arus untuk sistem pengapian kendaraan bermotor. Dalam penelitian ini, dibuat suatu rangkaian penguat arus yang dipasang di antara terminal negatif ignition coil dengan ground. Dengan demikian, maka *contact point (CP)/saklar pemutus arus* tidak lagi melewati arus-arus langsung yang besar, sehingga umur dari contact point dapat lebih panjang. Pada sistem pengapian yang konvensional, arus yang melewati contact point sekitar 1 sampai 3 Ampere, arus ini cukup membuat contact point cepat aus dan harus cepat diganti. Dengan menggunakan sistem penguat arus yang dibuat, arus pada contact point tidak lebih dari 50 mA. Alasan inilah yang menyebabkan contact point berumur panjang, karena tidak adanya percikan-percikan api yang besar di antara contact, sehingga erosi dari contact point dapat dihindari/diperlambat. Sistem penguat arus untuk

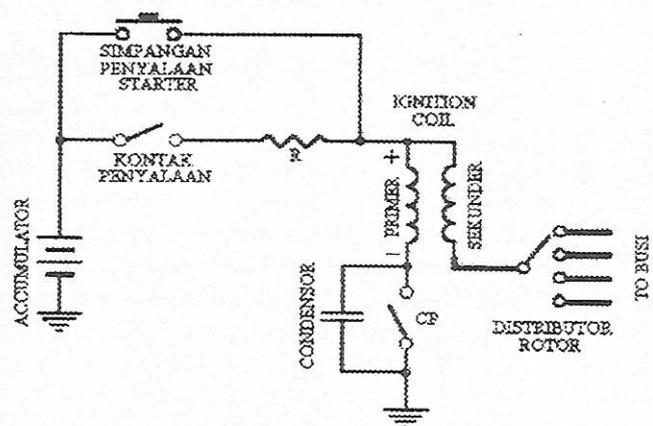
Korespondensi:

*) Deni Permana adalah Peneliti pada Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi PPET - LIPI Jl. Cisitu No. 21/154D Bandung 40135.

pengapian kendaraan bermotor ini telah dicoba dipergunakan pada kendaraan dengan hasil baik.

I. PENDAHULUAN

Pada sistem pengapian kendaraan bermotor secara konvensional, akan dijumpai beberapa komponen pendukung untuk proses pengapian. Komponen/piranti yang umum dan pasti terdapat dalam semua sistem pengapian konvensional adalah *accumulator* (sumber listrik searah), *contact point* (saklar pemutus arus), *condensor*, *ignition coil*, *kabel busi* (high voltage spark plug cables), *distributor*, dan busi sebagai piranti terakhir dari suatu sistem pengapian, karena tanpa komponen-komponen tersebut tidak mungkin pengapian bisa terjadi. Di bawah ini dipedulikan skema pengapian pada kendaraan.



Gambar 1. Sistem pengapian pada kendaraan

Aliran listrik yang mengalir melalui kumparan primer itu akan menimbulkan garis-garis gaya magnet yang cukup kuat pada inti besinya. Pada saat torak di dalam silinder mesin sampai pada TMA (titik mati atas), yaitu pada akhir gerakan kompresi, yang akan mengakibatkan lengan kontak pada contact point terbuka (posisi off) karena ditekan oleh bagian *cam* pada poros distributor sejalan dengan putaran mesin. Hal ini akan menyebab-

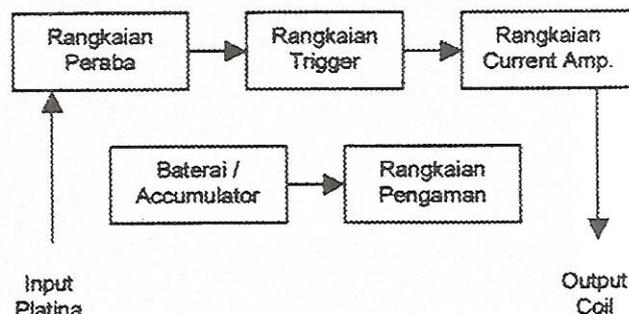
kan aliran listrik yang mengalir dari baterai ke kumparan primer tidak dapat langsung berhubungan dengan ground (aliran terputus). Pada saat yang bersamaan, maka garis-garis gaya magnet yang terdapat di sekitar inti besi coil hilang. Hilangnya garis-garis gaya magnet tersebut akan memotong kumparan primer, kumparan sekunder (secondary winding) dan inti besi itu sendiri. Pemotongan garis-garis gaya magnet yang terjadi pada kumparan sekunder ini akan menimbulkan tegangan induksi (tegangan listrik) yang cukup besar, yaitu sekitar 15.000 Volt sampai 20.000 Volt. Arus listrik bertegangan tinggi ini akan dialirkan ke bagian distribution melalui *high voltage cod cable*. Dengan bantuan dari rotor di dalam distribution, arus listrik tersebut akan dibagikan kepada setiap busi sama rata melalui *high voltage spark plug cables* langsung ke ruang bakar. Dengan terjadinya tegangan tinggi sebesar 20.000 volt tersebut, maka pada celah elektroda busi (Spark Gap) akan terjadi loncatan bunga api listrik, yang pada saat yang bersamaan, bahan bakar yang sudah melalui proses *pengkabutan* pada calburator juga memasuki ruang bakar dengan terlebih dahulu melewati katup (clap), sesuai dengan waktu *penyamaan* (top). Begitu percikan bunga api dihasilkan oleh busi yang kemudian bertemu dengan bahan bakar hasil pengkabutan, maka pada saat itu akan terjadi ledakan pada ruang bakar. Hasil ledakan itu akan menyebabkan terdorongnya piston dan akan menggerakkan komponen-komponen mesin lainnya. Jika terjadi ketidaktepatan waktu penyamaan, dimana timbul percikan api yang tidak sama dengan waktu keluarnya bahan bakar hasil pengkabutan pada katup, maka waktu penyalaan akan menjadi lambat atau terlalu cepat sehingga akan timbul gejala *knocking*.

Pemotongan terhadap garis-garis gaya magnet pada kumparan primer akan menimbulkan tegangan induksi diri sebesar kurang lebih 250 Volt, yang berarti pada saat itu terdapat aliran listrik yang cukup besar. Dengan demikian, pada inti besi akan terjadi medan magnet kembali dan dapat mempengaruhi keadaan tegangan induksi yang terdapat pada kumparan sekunder. Untuk mengatasi ini, maka pada contact point dilengkapi dengan condensator yang dipasang paralel. Jadi dengan adanya condensator, maka kumparan sekunder tidak dapat dipengaruhi oleh tegangan induksi diri serta kontak-kontak pada contact point akan terhindar dari bahaya terbakar. Dalam hal ini condensator berfungsi untuk mengatasi aliran listrik yang ditimbulkan oleh tegangan induksi diri. Atau dengan kata lain, tegangan induksi pada kumparan primer dan tegangan induksi pada inti besi tidaklah menguntungkan. Keburukan ini dapat dikurangi dengan memasang condensator secara paralel.

II. TEORI DASAR

Dalam sistem pengapian secara konvensional, masalah kontak point, coil, condensor dan busi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap sistem pengapian. Telah terbukti di lapangan bahwa jika ada salah satu dari komponen tersebut yang rusak atau lemah, maka mesin susah hidup, hidup mesin tidak stabil pada saat putaran mesin rendah, mesin tidak bertenaga, dan lain-lain.

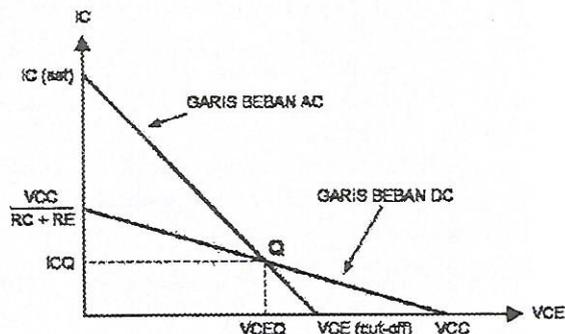
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dirancang dan dibuat suatu sistem pengapian untuk motor bensin dengan sistem yang lebih baik. Di bawah ini diperlihatkan blok diagram dari sistem yang dibuat:



Gambar 2. Diagram blok sistem penguat arus

1. Rangkaian Peraba

Pada gambar di atas diperlihatkan adanya *rangkaiannya peraba*, yang merupakan rangkaian penguat awal untuk mendeteksi pulsa yang dihasilkan oleh contact point. Rangkaian penguat yang dipakai sebagai rangkaian untuk peraba atau pendeteksi terhadap pulsa-pulsa yang dihasilkan oleh *kontak platina (contact point/breaker)*, adalah sebuah penguat transistor kelas A yang dikenal dengan penguat linier. Dalam operasi kelas A, arus kolektor akan mengalir sepanjang 360° dari siklus ac sehingga transistor selalu bekerja dalam *daerah aktif*. Pada setiap penguat akan dapat dilihat dua buah beban, yaitu *beban dc* dan *beban ac*. Oleh karena itu, semua penguat selalu mempunyai dua garis beban, yaitu *garis beban dc* dan *garis beban ac*. Di bawah ini diperlihatkan garis beban dc dan garis beban ac yang dipakai pada sebuah penguat transistor kelas A.



Gambar 3. Garis Beban dc dan Garis Beban ac [3]10-250

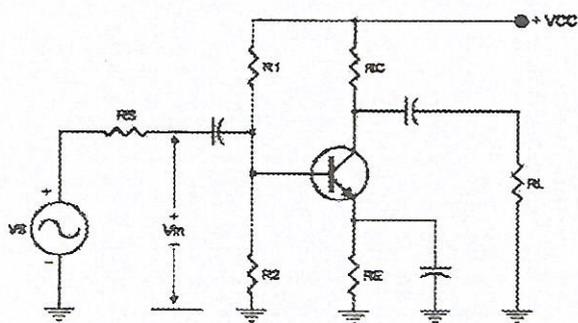
Untuk mengetahui cara kerja dari sebuah transistor yang bekerja pada penguat kelas A dengan konfigurasi penguat emitor bersama (CE), pertama sekali harus dibuat suatu rangkaian ekivalen dc dari suatu rangkaian penguat yang akan digunakan. Dari rangkaian ekivalen dc tersebut dapat dibuat suatu garis beban dc, dimana pada saat sebuah sinyal menggerakkan transistor, kapasitor-kapasitor akan dianggap terbuka (open circuit), sedangkan pada rangkaian ekivalen ac, kapasitor-kapasitor tersebut akan seperti terhubung singkat (short circuit), sehingga resistansi sumber (R_s) dan resistansi beban (R_b), akan dilihat berbeda oleh transistor. Dengan kata lain, resistansi Thevenin ac yang menggerakkan basis adalah:

$$r_b = R_s // R_1 // R_2 \dots\dots\dots (1)$$

Serta resistansi beban ac yang dilihat oleh kolektor adalah:

$$r_c = R_c // R_L \dots\dots\dots (2)$$

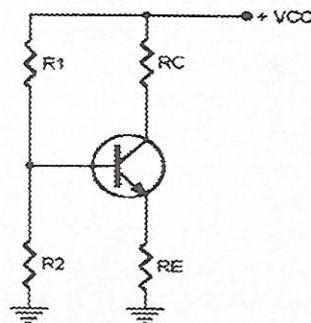
Dengan mengingat bahwa arus jenuh dc adalah $V_{cc}/(R_c + R_E)$ serta tegangan putus dc adalah V_{cc} , maka sebuah garis beban dc dapat dibuat seperti pada gambar di atas. Selanjutnya di bawah ini diperlihatkan sebuah rangkaian penguat kelas A dengan konfigurasi penguat emitor bersama (CE).



Gambar 4. Penguat Emitor Bersama [3]10 - 250

Karena untuk rangkaian ekivalen dc semua kapasitor dianggap terbuka, maka rangkaian penguat kelas di atas akan berubah seperti gambar di bawah ini. Dengan melihat rangkaian ekivalen tersebut, maka dapat dihitung arus jenuh dc dengan menghitung tegangan basis sebagai langkah awal perhitungan.

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc} \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 5. Rangkaian Ekivalen dc [3]10 - 250

Karena besarnya tegangan basis-emitor (V_{BE}) adalah sekitar 0.7 Volt untuk jenis transistor silikon serta 0.3 Volt untuk jenis transistor germanium, maka besarnya arus emitor (I_E) yang juga dianggap hampir sama dengan arus kolektor tenang (I_{CQ}), dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$I_E \cong I_{CQ} = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan diketahuinya arus kolektor tenang yang tidak lain adalah arus emitor, maka besarnya tegangan emitor-kolektor dc tenang dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$V_{CEQ} = V_{CC} - [I_E \times (R_E + R_C)] \dots\dots\dots (5)$$

Karena tegangan putus dc adalah V_{cc} , maka besarnya arus jenuh dc adalah:

$$I_{C(sat)-DC} = \frac{V_{CC}}{R_E + R_C} \dots\dots\dots (6)$$

Pada saat kondisi tenang atau pada saat kondisi tidak ada sinyal yang masuk, maka transistor beroperasi pada titik Q pada garis beban dc. Sedangkan pada saat kondisi ada sinyal yang masuk pada kaki basis transistor, maka titik Q beroperasi atau berayun sepanjang garis beban ac. Hal ini disebabkan oleh resistansi beban dc berbeda dengan resistansi beban ac. Dalam rangkaian ekivalen ac, semua kapasitor dianggap tertutup. Jadi, rangkaian penguat kelas A dengan konfigurasi penguat emitor bersama (CE) pada gambar 4. di atas akan berubah menjadi seperti pada gambar di bawah ini.

Karena titik jenuh dan titik putus dc berbeda dengan titik jenuh dan titik putus ac, maka cara yang dipakai

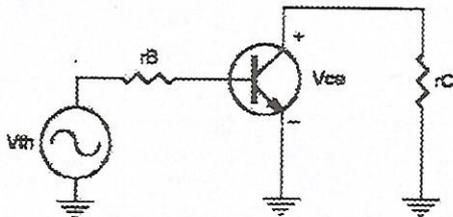
untuk mendapatkan garis beban ac adalah dengan menjumlahkan tegangan-tegangan ac yang melingkar simpal basis dan kolektor sehingga untuk menentukan besarnya arus jenuh ac serta tegangan putus ac dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$I_{C(SAT)-AC} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_c} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- $I_{C(SAT)-AC}$ = arus jenuh ac
- I_{CQ} = arus kolektor tenang dc
- V_{CEQ} = tegangan kolektor-emitor tenang dc
- r_c = resistansi ac dilihat oleh kolektor
- $V_{CE(CUT)}$ = tegangan putus (cut-off) ac

$$V_{CE(CUT)} = V_{CEQ} + (I_{CQ} \times r_c) \dots\dots\dots (8)$$



Gambar 6. Rangkaian Ekuivalen ac [3]10 - 250

Selama setengah siklus tegangan dari sumber ac yang positif, tegangan kolektor akan berayun dari titik Q ke arah titik jenuh. Sedangkan untuk setengah siklus tegangan dari sumber ac yang negatif, tegangan kolektor akan berayun dari titik Q ke arah titik putus. Keadaan ini dikenal dengan *kepatuhan luaran ac* (PP) yaitu keadaan dimana tegangan maksimum puncak ke puncak ac yang tidak terpotong yang dapat dihasilkan oleh sebuah penguat. Karena tegangan putus ac adalah $V_{CEQ} + I_{CQ}r_c$, sementara V_{CEQ} adalah tegangan kolektor emitor dc atau titik awal dari Q untuk berayun, maka maksimum ayunan positif dari titik Q adalah $I_{CQ}r_c$. Untuk maksimum ayunan negatif dari titik Q dimana tegangan jenuh ac idealnya nol, adalah $-V_{CEQ}$. Dengan mengetahui maksimum ayunan positif dan maksimum ayunan negatif, maka besarnya kepatuhan luaran ac dari sebuah penguat emitor bersama (CE) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\begin{aligned} V_{CEQ} + I_{CQ}r_c - V_{CEQ} &= I_{CQ}r_c \\ 0 + I_{CQ}r_c - 0 &= I_{CQ}r_c \\ V_{CEQ} + 0 - V_{CEQ} &= 0 \\ PP &= 2I_{CQ}r_c \dots\dots\dots (9) \\ PP &= 2V_{CEQ} \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

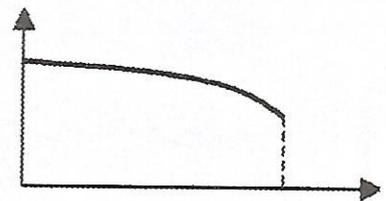
Pada saat tidak ada sinyal yang menggerakkan penguat, disipasi daya transistor sama dengan perkalian antara tegangan dan arus dc:

$$P_{DQ} = V_{CEQ} \times I_{CQ} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

- P_{DQ} = disipasi daya tenang
- V_{CEQ} = tegangan kolektor-emitor tenang dc
- I_{CQ} = arus kolektor tenang dc

Di bawah ini diperlihatkan bagaimana disipasi daya transistor berubah dengan dipengaruhi oleh berubahnya tegangan beban puncak ke puncak.



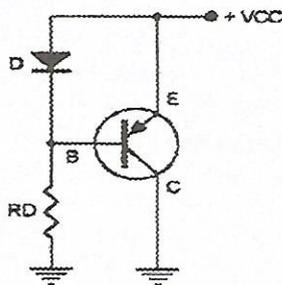
Gambar 7. Disipasi daya transistor [3]10-260

P_{DQ} mempunyai harga maksimum pada saat tidak ada sinyal masuk ke penguat dan akan mempunyai harga turun (minimum) pada saat tegangan beban puncak ke puncak (V_{pp}) naik. Dalam kasus terburuk, transistor harus mempunyai batas kemampuan daya yang lebih besar dari disipasi daya tenang (P_{DQ}) sehingga transistor terhindar dari kerusakan. Hal ini terjadi karena pada operasi kelas A, disipasi daya terburuk dari transistor dapat terjadi dalam keadaan tanpa sinyal.

2. Rangkaian Trigger

Dalam perancangan dan pembuatan rangkaian trigger ini dipergunakan operasi kelas B dengan sifat khasnya, dimana arus kolektor hanya mengalir 180° dari siklus ac (menggantung setengah siklus) yang berarti bahwa titik Q ditempatkan di dekat titik putus garis beban dc dan ac. Pada operasi ini, hal yang sulit adalah menetapkan titik Q yang mantap di dekat titik putus sehingga perlu digunakan prategangan dioda (diode bias), karena dipergunakan juga untuk menghindari *pelanturan termal* (thermal runaway) yang akan merusak transistor. Sebab, kenaikan suhu akan menyebabkan arus kolektor naik pula, dan ini sama dengan titik Q yang bergerak ke atas sepanjang garis beban dc sampai daya yang berlebihan akan merusak transistor. Selain untuk memberikan prategangan bagi dioda emitor, juga berfungsi sebagai dioda kompensasi yang akan mengurangi prategangan yang diberikan untuk setiap kenaikan suhu sehingga arus

kolektor tenangnya menjadi tetap. Di bawah ini diperlihatkan sebuah transistor yang bekerja dengan prategangan dioda.



Gambar 8. Prategangan dioda [3]10 - 276

Untuk menghitung arus kolektor tenang, maka dihitung besarnya arus yang mengalir melalui tahanan pemberi prategangan dengan menganggap bahwa lengkung dioda cocok dengan lengkung V_{BE} , maka persamaan yang digunakan adalah:

$$I_R \cong I_C = \frac{V_{CC} - V_D}{R} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

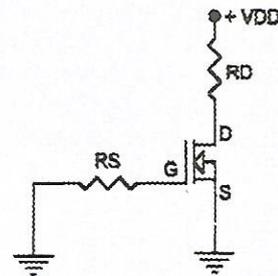
- I_R = arus pada tahanan prategangan
- I_C = arus kolektor tenang
- V_{CC} = tegangan sumber
- V_D = tegangan dioda
- R = tahanan prategangan

3. Rangkaian Switching

Dalam pembuatan rangkaian untuk penguat arus ini dipergunakan jenis transistor VMOS (metal-oxide semiconductor vertical) yang merupakan tipe baru dari MOSFET (metal-oxide semiconductor field effect transistor), dimana dalam beberapa hal mempunyai kelebihan yang menyolok jika dibandingkan dengan rangkaian dengan menggunakan transistor bipolar biasa. Pada transistor VMOS tidak terjadi *pelanturan termal* karena VMOS mempunyai koefisien *termal negatif*, dimana pada saat suhu naik, arus penguras akan turun sehingga akan mengurangi disipasi daya. Berbeda dengan transistor bipolar biasa, dimana pada saat suhu naik, maka akan menurunkan harga V_{BE} . Hal ini akan menaikkan arus kolektor, yang mengakibatkan transistor bipolar rusak karena disipasi daya yang berlebihan.

Selain itu, keuntungan lain dari transistor VMOS dibandingkan dengan transistor bipolar adalah tidak adanya *waktu penyimpanan* sehingga sangat baik digunakan pada rangkaian switching berkecepatan tinggi. Karena pada transistor VMOS tidak ada muatan

berlebih yang disimpan di dalam VMOS pada saat menghantar, maka VMOS hampir seketika dapat keluar dari keadaan jenuhnya. Berbeda dengan transistor bipolar yang mempunyai waktu *penundaan jenuh* (t_s) sekitar $0.3 \mu s$. Itu berarti dibutuhkan waktu sekitar $0.3 \mu s$ untuk keluar dari keadaan jenuh, setelah penggerak basis dihilangkan. Di bawah ini diperlihatkan penggerak VMOS dengan beban pasif (tahanan R_D).



Gambar 9. R_D adalah Beban Pasif [3]10 - 368

Pada rangkaian switching di atas, V_{IN} dapat rendah atau tinggi sehingga VMOS berlaku sebagai switch yang dapat putus dan menghantar. Bila V_{IN} rendah, maka VMOS putus dan tegangan V_{OUT} sama dengan tegangan catu. Sebaliknya, bila V_{IN} tinggi, maka VMOS menghantar dan tegangan V_{OUT} jatuh ke harga yang rendah.

Untuk menghitung besarnya arus yang mengalir tahanan beban (R_D) dipergunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \dots\dots\dots (13)$$

$$I_{D(SAT)} = \frac{V_{DD} - V_{DS(ON)}}{R_D} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

- $I_{D(SAT)}$ = arus pada penguras
- V_{DD} = tegangan sumber
- $V_{DS(ON)}$ = tegangan penguras sumber
- R_D = hambatan pada penguras

III. PERENCANAAN SISTEM

Dalam perencanaan suatu sistem penguat arus untuk pengapian motor bensin dipergunakan rangkaian penguat kelas A dengan konfigurasi penguat emitor bersama (CE) pada Rangkaian Pick - Up atau perabanya. Dari data book dapat dicari karakteristik dari sebuah transistor yang akan digunakan. Untuk rangkaian peraba ini dipilih jenis transistor NPN dengan arus kolektor maksimum adalah 1000 mA, tegangan kolektor

emitor maksimum 40 Volt, arus basis maksimum 400 mA, penguatan arus dc (H_{FE}) sebesar 40 pada saat arus kolektor 200 mA, maka sekarang dapat dihitung besarnya kepatuhan luaran ac, atau keluaran tegangan maksimum puncak ke puncak ac yang tidak terpotong, dengan menentukan besarnya hambatan yang dipakai pada $R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $R_C = 22 \Omega$, $R_E = 680 \Omega$, $R_L = 10 \Omega$, serta tegangan sumber adalah 12 Volt.

Tegangan basis yang terdapat pada rangkaian penguat adalah:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$V_B = \frac{100}{22 + 100} \times 12 = 9,8 \text{ Volt}$$

Karena besarnya arus emitor (I_E) dianggap hampir sama dengan arus kolektor tenang (I_{CQ}), maka besarnya tegangan kolektor emitor tenang (V_{CEQ}) dapat dihitung:

$$I_E \cong I_{CQ} = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$$

$$I_E \cong I_{CQ} = \frac{9,8 - 0,7}{680} = 0,0133 \text{ A} = 13,3 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - [I_E \times (R_E + R_C)]$$

$$V_{CEQ} = 12 - [13,3 \cdot 10^{-3} \times (680 + 22)] = 2,66 \text{ Volt}$$

Dengan tegangan putus dc adalah V_{CC} , maka besarnya arus jenuh dc adalah :

$$I_{C(sat)-DC} = \frac{V_{CC}}{R_E + R_C}$$

$$I_{C(sat)-DC} = \frac{12}{680 + 22} = 0,0170 \text{ A} = 17 \text{ mA}$$

Untuk menentukan besarnya arus jenuh ac serta tegangan putus ac, maka harus dihitung dahulu besarnya resistansi Thevenin ac yang menggerakkan basis serta resistansi beban ac yang dilihat oleh kolektor:

$$r_C = R_C // R_L$$

$$r_C = \frac{22 \times 10}{22 + 10} = 6,875 \Omega$$

$$I_{C(SAT)-AC} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_C}$$

$$I_{C(SAT)-AC} = 13,3 \cdot 10^{-3} + \frac{2,66}{6,875} = 400 \text{ mA}$$

$$V_{CE-(CUT)} = V_{CEQ} + (I_{CQ} \times r_C)$$

$$V_{CE-(CUT)} = 2,66 + (13,3 \times 6,875) = 2,75 \text{ V}$$

Dengan diketahuinya besaran untuk arus jenuh ac serta tegangan putus ac, maka besarnya kepatuhan luaran ac dari sebuah penguat emitor bersama (CE), dapat dihitung, dengan terlebih dahulu menghitung besarnya maksimum ayunan negatif dan maksimum ayunan positif:

$$I_{CQ} r_C = 13,3 \times 10^{-3} \times 6,875 = 0,09 \text{ Volt}$$

$$-V_{CEQ} = -2,66 \text{ Volt}$$

$$PP = 2V_{CEQ}$$

$$PP = 2 \times (-2,66) = -5,32 \text{ Volt}$$

Pada saat tidak ada sinyal yang menggerakkan penguat, maka disipasi daya transistor adalah:

$$P_{DQ} = V_{CEQ} \times I_{CQ}$$

$$P_{DQ} = 2,66 \times (13,3 \times 10^{-3}) = 35,375 \text{ mW}$$

Dengan luaran yang dihasilkan oleh rangkaian peraba tersebut, dimana sinyal luarannya berupa pulsa negatif, maka dibuat rangkaian selanjutnya dengan menggunakan jenis transistor PNP, dengan menggunakan sebuah dioda yang dipasang sejajar kaki basis-emitor. Hal ini dipakai untuk menghindari adanya pelanturan termal, yaitu pada saat kenaikan suhu, maka dioda kompensasi akan mengurangi prategangan dioda emitor (V_{BE}), sehingga arus kolektor tenangnya menjadi tetap. Dengan persyaratan dimana lengkung dioda harus cocok (match) dengan lengkung V_{BE} dari transistor, maka arus kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 12.

$$I_R \cong I_C = \frac{V_{CC} - V_D}{R}$$

$$I_R \cong I_C = \frac{12 - 0,7}{680} = 0,0166 \text{ A} = 16,6 \text{ mA}$$

Besarnya arus yang terdapat pada kaki emitor adalah sama dengan arus yang melintas pada kaki kolektor transistor pemacu, sehingga besarnya arus ini cukup untuk menggerakkan rangkaian switching.

Dengan demikian, besarnya arus yang mengalir pada beban dapat dihitung dengan mengetahui besarnya tegangan sumber-penguras dari data book, yaitu 1.8 Volt, serta besarnya tahanan beban ($R_D = X_L$) adalah 36.581 Ohm, dimana dalam hal ini tahanan bebannya adalah coil. Karena coil terdiri dari lilitan kawat email, maka besarnya tahanan beban didapat dengan melakukan pengukuran terhadap besarnya harga induktansi yang ada pada coil tersebut. Dengan diketahuinya induktansi dari coil, maka besarnya reaktansi induktif dapat dihitung dengan menentukan besarnya frekuensi yang digunakan pada saat pengukuran berlangsung. Menghitungnya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 13. dan persamaan 14.

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 1000 \times 5,825 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 36,581 \Omega$$

$$I_{D(SAT)} = \frac{V_{DD} - V_{DS(ON)}}{R_D}$$

$$I_{D(SAT)} = \frac{12 - 1,8}{36,581} = 0,278 \text{ A} = 278 \text{ mA}$$

IV. REALISASI DAN PENGUKURAN

Dengan menggunakan peralatan ukur *Dual Display LCR Meter type Escort ELC - 131D* untuk mengukur besarnya induktansi, kapasitansi serta resistansi, dan selain itu dipakai juga peralatan ukur *True RMS Multimeter type Fluke 8060A* untuk mengukur besarnya tegangan serta arus yang ada pada rangkaian.

Pada pengukuran coil yang difungsikan pada rangkaian sebagai R_D atau tahanan beban, terukur besarnya induktansi, kapasitansi, resistansi, serta besarnya faktor Q pada frekuensi 1 KHz, seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Besaran yang terukur pada coil

NO	BESARAN	TERUKUR	SATUAN
1.	L	$5,825 \times 10^{-3}$	H
2.	C	$4,201 \times 10^{-8}$	F
3.	R	280,2	Ω
4.	Q	7,45	-

Pada pengukuran rangkaian peraba serta rangkaian trigger, hasil pengukuran yang diperoleh seperti yang terdapat pada Tabel 2. Pada rangkaian peraba dan

rangkain trigger hanya menggunakan masing-masing satu buah transistor yang berfungsi sebagai komponen aktifnya, maka pada pengukuran untuk rangkaian peraba adalah TR1 dan pada rangkaian trigger adalah TR2. Untuk melihat kondisi yang sesungguhnya, maka pengukuran dilakukan dengan cara membuat contact point sebagai bagian terdepan. Untuk memberikan pulsa pada rangkaian peraba dibuat dua kondisi, yaitu kondisi tersambung (ON), dan kondisi terbuka (OFF). Pada rangkain trigger (TR2) akan terlihat hasil pengukuran untuk tegangan kolektor yang mempunyai besaran yang sama pada saat kondisi tersambung (ON) dan kondisi terbuka (OFF). Hal ini terjadi karena kaki kolektor pada rangkaian disambungkan langsung dengan pembumian rangkaian (grounded). Dalam pengukuran rangkaian, arus kolektor untuk rangkaian trigger (TR2) identik dengan arus emitor sehingga dalam Tabel 2 terlihat bahwa arus yang terukur adalah arus emitor.

Tabel 2. Besaran yang terukur pada TR1 dan TR2

ITEM	TR1		TR2	
	ON	OFF	ON	OFF
V_B	10,319	12,000	11,060	0,001
V_E	11,087	12,000	10,760	0,021
V_C	11,067	0,001	0,002	0,002
V_{CE}	0,013	12,000	10,750	0,022
I_C	13,3 mA	0	0	0
$I_{C(SAT)}$	18,7 mA (dc)		15,1 mA (dc)	
$I_{C(SAT)}$	370,2 mA (ac)		290,4 mA (ac)	

Pada Tabel 3. di bawah ini diperlihatkan besaran yang terukur pada rangkaian switching (TR3), pada dua kondisi yang berbeda, yaitu kondisi tersambung (ON) dan kondisi terbuka (OFF).

Tabel 3. Besaran yang terukur pada TR3

ITEM	TR3	
	ON	OFF
V_G	10,740 VOLT	0,027 VOLT
V_D	2,379 VOLT	12,000 VOLT
I_D	6 AMP	0 AMP
$I_{D(SAT)}$	220 mA	

Untuk melihat perbedaan antara sistem konvensional dengan sistem penguat arus (CA), di bawah ini diperlihatkan Tabel 4 yang merupakan hasil pengukuran dari arus yang melewati contact point (platina) pada dua kondisi yang berbeda.

Tabel 4. Arus yang terukur pada Contact Point

PUTARAN	CONTACT POINT	
	CONV.	CA
500 RPM	874 mA	42 mA
1000 RPM	612 mA	43 mA
2000 RPM	578 mA	44 mA
3000 RPM	532 mA	46 mA

V. KESIMPULAN

Dalam pembuatan sistem penguat arus untuk pengapian motor bensin ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan dengan pembuktian dan uji coba peralatan di dalam kendaraan. Didapatkan hasil yang memuaskan, baik dilihat dari segi kehandalan sistem, maupun dilihat dari keunggulan-keunggulan yang diperoleh dengan menggunakan peralatan tambahan ini. Beberapa kelebihan yang dapat dibuktikan di lapangan dengan menggunakan alat ini adalah seperti lebih panjangnya umur dari contact point (platina), karena besarnya arus yang melewati contact point relatif stabil, berkisar antara 42 mA sampai 46 mA pada putaran mesin stasioner dan

putaran mesin tinggi. Terjadinya pengapian yang lebih baik sehingga lebih menghemat bahan bakar, mesin lebih gampang hidup pada kondisi dingin, lebih meningkatkan tenaga karena pengapian yang sempurna, baik pada saat putaran mesin rendah maupun putaran mesin tinggi.

Proyek ini dibiayai oleh Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Daerah (IPTEKDA) IV tahun anggaran 2001, serta telah dipabrikasi oleh UKM Bestra yang beralamat di Kampung Cisaat, RT 02/RW 09 Desa Sabandar, Kecamatan Karang Tengah, Kabupaten Cianjur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] William Crouse, 1992, *Automotive Electrical Equipment*, McGraw - Hill, Inc., Second Edition, California, hal 156 - 195.
- [2] E. Karyanto, 1994. *Pedoman Reparasi Motor Bensin*, Pedoman Ilmu Jaya, Cetakan Pertama, Jakarta, hal 220 - 266.
- [3] Malvino, dan Barmavvi, 1986, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Erlangga, Edisi ketiga, Jilid 1, Jakarta, hal 249 - 287 ; 356 - 373.
- [4] Motorola Inc, 1984, *Bipolar Power Transistor And Thyristor Data*, Fourth Edition, Phoenix, Arizona. Hal 1-955 ; 3 -2,3,4.

PENGARUH PASTA KONDUKTOR TERHADAP NILAI RESISTANSI RESISTOR FILM TEBAL

Lia Muliani*), Lilis Retnaningsih*)

INTISARI

Resistor film tebal memiliki kehandalan yang tinggi dengan bentuknya yang kecil, ringan dan stabil terhadap perubahan lingkungan. Sifat kehandalan dari resistor ini dipengaruhi oleh material yang digunakan dan proses pembuatannya. Selain material pasta resistor, yang harus diperhatikan juga adalah pasta konduktornya. Sebagai terminasi resistor, pasta konduktor akan menentukan dimensi resistor sehingga berpengaruh pada nilai dari resistansi sebuah resistor. Tulisan ini menguraikan hasil pengamatan tentang pengaruh pasta konduktor terhadap nilai resistansi resistor. Pengamatan dilakukan pada pembuatan resistor film tebal dengan menggunakan pasta konduktor Pd-Ag dari jenis Shoei, DuPont dan ESL.

1. PENDAHULUAN

Resistor film tebal dibuat dengan mencetakkan suatu pasta resistor di atas substrat keramik dengan cara screen printing. Sebelum pasta resistor dicetakkan, di atas substrat terlebih dahulu dicetakkan jalur konduktor dengan menggunakan pasta konduktor. Teknologi pembuatan resistor film tebal dengan cara screen printing ini dikenal dengan Teknologi Hibrid Film Tebal. Film yang dihasilkan dengan teknologi ini memiliki ketebalan sekitar 20- 40 mikron.

Resistor film tebal memiliki kehandalan yang tinggi dengan bentuknya yang kecil, ringan dan stabil terhadap perubahan lingkungan. Sifat kehandalan dari resistor ini dipengaruhi oleh material yang digunakan dan proses pembuatannya. Selain material pasta resistor, yang harus diperhatikan juga adalah pasta konduktornya.

Dalam mendisain sebuah resistor dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi resistor yang akan dibuat. Untuk itu perlu diketahui nilai sheet resistivitas dari pasta resistor dan konduktivitas dari pasta konduktor. Pada tulisan ini diterangkan pengaruh dari pasta konduktor terhadap nilai resistansi resistor.

Korespondensi:

*) Pusat Penelitian elektronika dan Telekomunikasi - LIPI Jl. Sangkuriang, Komp. LIPI Gd.20 Bandung 40135. Email: lia@telkoma.lipi.go.id.

2. KOMPONEN PASTA PADA RESISTOR FILM TEBAL

2.1 Pasta Konduktor

Pasta konduktor dalam pembuatan sirkit Hibrid film tebal secara kuantitas merupakan material yang paling banyak digunakan dalam pembuatan sirkit dibandingkan dengan komponen lainnya, sehingga pemilihan jenis bahan konduktor yang tepat akan sangat menentukan biaya produksi dari sirkit Hibrid tersebut.

Dalam pemilihan pasta konduktor, yang harus diperhatikan antara lain adalah nilai konduktivitasnya, temperatur pembakaran, metoda interkoneksinya, dan kecocokan (*compatibility*) dengan pasta yang lainnya. Selain itu, yang juga perlu dipertimbangkan pada saat pemilihan pasta konduktor adalah fungsi konduktor pada sirkit dan juga aplikasi secara keseluruhan. Pasta konduktor memiliki banyak fungsi, antara lain sebagai jalur interkoneksi, tempat pemasangan divais, elektroda untuk kapasitor, terminasi resistor, tempat pemasangan lead, dan lain-lain.

Sebagai terminasi resistor, pasta konduktor akan turut menentukan dimensi resistor sehingga berpengaruh pada nilai dari resistansi sebuah resistor. Untuk mendapatkan resistor dengan tingkat "noise" yang rendah harus ada ikatan yang baik antara pasta konduktor dengan pasta resistor yang dibakar, sehingga bahan konduktor dan bahan resistor harus memiliki daya ikat yang baik dan harus kompatibel. Konduktivitas konduktor juga harus lebih tinggi dibandingkan dengan resistor.

Pasta konduktor terdiri dari logam atau paduan logam, senyawa gelas dan senyawa organik. Bahan logam dan paduan logam yang umum digunakan adalah Emas (Au), Perak (Ag), Paladium-Perak (Pd-Ag), Platinum-Emas (Pt-Au). Senyawa gelas berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel logam serta pembentuk lapisan yang memungkinkan penempelan partikel logam pada substrat. Senyawa gelas yang sering digunakan adalah Bismuth oksida, Cadmium oksida dan Timbal borosilikat, sedangkan senyawa organik berfungsi

sebagai senyawa yang memberikan sifat fluida pada partikel-partikel logam dan senyawa gelas.

Dalam pembuatan suatu sirkit Hibrid umumnya konduktor dibakar lebih dulu sebelum resistor dicetak dan dibakar. Akan tetapi, proses pembakaran dengan cara bersamaan atau biasa dikenal dengan "cofiring" dapat dilakukan dan secara ekonomis lebih menguntungkan. Pada proses ini konduktor dicetak dan dikeringkan, kemudian resistor dicetak di atas terminasi konduktor dan dibakar secara bersamaan.

Konduktor Pd-Ag dengan kandungan Paladium yang tinggi mempunyai sifat yang baik untuk terminasi resistor pada saat dibakar bersamaan dengan resistor Pd-Ag. Sedangkan kandungan paladium yang rendah mengandung konduktor Ag yang umumnya menunjukkan kompatibilitas yang baik pada saat dibakar dengan resistor berbasis Rhutenium. Hampir semua konduktor Pd-Ag memberikan terminasi yang baik pada saat dibakar dengan berbagai jenis resistor.

2.2 Pasta Resistor

Pasta resistor digunakan dalam sirkit film tebal untuk membuat resistor sesuai dengan dimensi serta resistivitas dan bahannya. Umumnya suatu pabrik memproduksi pasta resistor dalam bentuk "series". Dimana dalam satu series umumnya memiliki nilai sheet resistivitas antara 10 Ohm - 10 Mohm. Perbedaan ini didasarkan pada komposisi dari senyawa pembentuknya.

2.3 Reaksi yang terjadi antara Komponen Pasta

Sifat fisik dan listrik film tebal terbentuk karena adanya reaksi kimia yang terjadi selama proses pembakaran pada temperatur tinggi.

Reaksi yang terjadi dapat diklasifikasikan sebagai reaksi antara¹⁾:

- Komponen pasta
- Komponen pasta dan substrat
- Komponen pasta dan udara
- Komponen dan pasta yang berbeda yang kontak selama proses pembakaran.

Pada pembuatan resistor film tebal, terminasi pasta konduktor juga sangat dipengaruhi oleh jenis pasta dan proses pembuatannya. Hal ini erat kaitannya dengan reaksi yang akan terjadi antara pasta konduktor dan pasta resistor.

3. PEMBUATAN RESISTOR FILM TEBAL

3.1 Material Resistor Film Tebal

Material yang gunakan adalah:

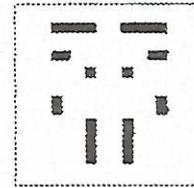
- Pasta resistor Shoei R-9110, R-9210, R-9310, R-9410, R-9510, R9610
- Pasta konduktor Shoei
- Pasta konduktor Du Pont
- Pasta konduktor ESL

- Emulsi Ulano line-3
- Substrat Alumina

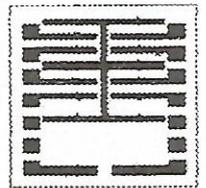
3.2 Proses Pembuatan Resistor Film Tebal

Proses pembuatan resistor film tebal disini diawali dengan mendisain tata letak hybrid sesuai dengan perbedaan aspek ratio. Tata letak hybrid didisain dengan menggunakan Corel Draw, untuk mendapatkan file positifnya. Dari film positif ini kemudian dibuat screeny dengan menggunakan emulsi ulano line-3.

Disain rangkaiannya adalah sebagai berikut:



(a) Disain resistor



(b) Disain Konduktor

Pencetakan pasta dimulai dengan pencetakan pasta konduktor. Konduktor yang dipakai yaitu konduktor Shoei, Du Pont dan ESL. Setelah jalur konduktor dipanaskan pada temperatur tinggi, dilanjutkan dengan pencetakan pasta resistor Shoei untuk ketiga sampel konduktor. Pasta resistor yang digunakan adalah pasta resistor yang sama untuk mengetahui pengaruh perbedaan pasta konduktor terhadap nilai resistansi resistor yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembakaran pasta resistor pada temperatur 850°C. Pada proses ini terjadi reaksi antara kedua pasta tersebut sehingga menghasilkan nilai resistansi dari pasta resistornya. Resistor yang didapat kemudian diukur tahanannya dengan menggunakan multimeter digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Resistor yang telah dicetak dan dibakar kemudian diukur resistansinya. Pengukuran dilakukan untuk tiap resistor dengan berbagai jenis pasta konduktor yang berbeda. Pasta konduktor yang dipakai adalah pasta konduktor Paladium-Perak (Pd-Ag), yaitu pasta Shoei, pasta Du Pont dan pasta ESL. Sedangkan pasta resistor yang dipakai adalah pasta resistor Shoei dengan sheet resistivitas 10 Ohm sampai 1 MegaOhm. Hasil pengukuran didapatkan harga untuk tiap bentuk Aspect Ratio (L/W), ditunjukkan pada Tabel1a, Tabel1b dan Tabel 1c. Besarnya Aspect Ratio itu adalah 1/5, 1/2, 1, dan 5.

Tabel 1a: Pasta Konduktor Shoei

L/W	R-9110	R-9210	R-9310	R-9410	R-9510	R-9610
0.2	2.6	23.1	131	2.32k	19.05k	294.5
0.5	5.5	49.25	289	5.89k	47.75k	692.6
1	9.85	94.35	675.5	10.92k	91.85k	1.281
2	21.6	200.65	1.322k	20.25k	167.75k	2.591
5	51.8	496.31	3.3k	42.55k	391.15k	7M

sebagai senyawa yang memberikan sifat fluida pada partikel-partikel logam dan senyawa gelas.

Dalam pembuatan suatu sirkuit Hibrid umumnya konduktor dibakar lebih dulu sebelum resistor dicetak dan dibakar. Akan tetapi, proses pembakaran dengan cara bersamaan atau biasa dikenal dengan "cofiring" dapat dilakukan dan secara ekonomis lebih menguntungkan. Pada proses ini konduktor dicetak dan dikeringkan, kemudian resistor dicetak di atas terminasi konduktor dan dibakar secara bersamaan.

Konduktor Pd-Ag dengan kandungan Paladium yang tinggi mempunyai sifat yang baik untuk terminasi resistor pada saat dibakar bersamaan dengan resistor Pd-Ag. Sedangkan kandungan paladium yang rendah mengandung konduktor Ag yang umumnya menunjukkan kompatibilitas yang baik pada saat dibakar dengan resistor berbasis Rhutenium. Hampir semua konduktor Pd-Ag memberikan terminasi yang baik pada saat dibakar dengan berbagai jenis resistor.

2.2 Pasta Resistor

Pasta resistor digunakan dalam sirkuit film tebal untuk membuat resistor sesuai dengan dimensi serta resistivitas dan bahannya. Umumnya suatu pabrik memproduksi pasta resistor dalam bentuk "series". Dimana dalam satu series umumnya memiliki nilai sheet resistivitas antara 10 Ohm - 10 Mohm. Perbedaan ini didasarkan pada komposisi dari senyawa pembentuknya.

2.3 Reaksi yang terjadi antara Komponen Pasta

Sifat fisik dan listrik film tebal terbentuk karena adanya reaksi kimia yang terjadi selama proses pembakaran pada temperatur tinggi.

Reaksi yang terjadi dapat diklasifikasikan sebagai reaksi antara⁽¹⁾:

- Komponen pasta
- Komponen pasta dan substrat
- Komponen pasta dan udara
- Komponen dan pasta yang berbeda yang kontak selama proses pembakaran.

Pada pembuatan resistor film tebal, terminasi pasta konduktor juga sangat dipengaruhi oleh jenis pasta dan proses pembuatannya. Hal ini erat kaitannya dengan reaksi yang akan terjadi antara pasta konduktor dan pasta resistor.

3. PEMBUATAN RESISTOR FILM TEBAL

3.1 Material Resistor Film Tebal

Material yang gunakan adalah:

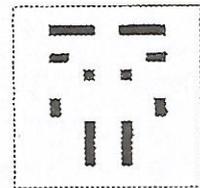
- Pasta resistor Shoei R-9110, R-9210, R-9310, R-9410, R-9510, R9610
- Pasta konduktor Shoei
- Pasta konduktor Du Pont
- Pasta konduktor ESL

- Emulsi Ulano line-3
- Substrat Alumina

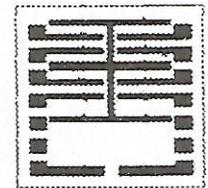
3.2 Proses Pembuatan Resistor Film Tebal

Proses pembuatan resistor film tebal disini diawali dengan mendisain tata letak hybrid sesuai dengan perbedaan aspek ratio. Tata letak hybrid didisain dengan menggunakan Corel Draw, untuk mendapatkan film positifnya. Dari film positif ini kemudian dibuat screennya dengan menggunakan emulsi ulano line-3.

Disain rangkaiannya adalah sebagai berikut:



(a) Disain resistor



(b) Disain Konduktor

Pencetakan pasta dimulai dengan pencetakan pasta konduktor. Konduktor yang dipakai yaitu konduktor Shoei, Du Pont dan ESL. Setelah jalur konduktor dipanaskan pada temperatur tinggi, dilanjutkan dengan pencetakan pasta resistor Shoei untuk ketiga sampai konduktor. Pasta resistor yang digunakan adalah pasta resistor yang sama untuk mengetahui pengaruh perbedaan pasta konduktor terhadap nilai resistansi resistor yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembakaran pasta resistor pada temperatur 850°C. Pada proses ini terjadi reaksi antara kedua pasta tersebut sehingga menghasilkan nilai resistansi dari pasta resistornya. Resistor yang didapat kemudian diukur tahanannya dengan menggunakan multimeter digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Resistor yang telah dicetak dan dibakar kemudian diukur resistansinya. Pengukuran dilakukan untuk tiap resistor dengan berbagai jenis pasta konduktor yang berbeda. Pasta konduktor yang dipakai adalah pasta konduktor Paladium-Perak (Pd-Ag), yaitu pasta Shoei, pasta Du Pont dan pasta ESL. Sedangkan pasta resistor yang dipakai adalah pasta resistor Shoei dengan sheet resistivitas 10 Ohm sampai 1 MegaOhm. Hasil pengukuran didapatkan harga untuk tiap bentuk Aspek Ratio (L/W), ditunjukkan pada Tabel1a, Tabel1b dan Tabel 1c. Besarnya Aspek Ratio itu adalah 1/5, 1/2, 1, 2, dan 5.

Tabel 1a: Pasta Konduktor Shoei

L/W	R-9110	R-9210	R-9310	R-9410	R-9510	R-9610
0.2	2.6	23.1	131	2.32k	19.05k	294.5k
0.5	5.5	49.25	289	5.89k	47.75k	692.65k
1	9.85	94.35	675.5	10.92k	91.85k	1.281M
2	21.6	200.65	1.322k	20.25k	167.75k	2.59M
5	51.8	496.31	3.3k	42.55k	391.15k	7M

Tabel 1b : Pasta Konduktor DuPont

LW	R-9110	R-9210	R-9310	R-9410	R-9510	R-9610
0.2	2.45	19.2	122.3	1.803k	21.2k	323.5k
0.5	5.6	47.4	305	4.75k	51.65k	756k
1	10.3	83.05	552	8.88k	97.2k	1.408M
2	22.15	183.5	1.215k	14.47k	180.5k	3M
5	53.7	409.5	2.96k	30.75k	393.5k	6.89M

Tabel 1c : Pasta Konduktor ESL

LW	R-9110	R-9210	R-9310	R-9410	R-9510	R-9610
0.2	2.6	18.05	129.9	1.85k	18.4k	257.5k
0.5	5.5	45.55	320.5	4.78k	44.9k	622.5k
1	10	80	570	8.975k	85.45k	974M
2	21	175.15	1.335k	15.56k	164.9k	2.415M
5	51.1	419	3.285k	32.5k	381k	5.85M

Dari sini dihitung sheet resistivitas pasta yang dihasilkan dengan menggunakan rumus:

$$R_s = \frac{R}{(L/W)}$$

Dimana:

R_s = Sheet Resistivitas pasta

R = Nilai Resistansi

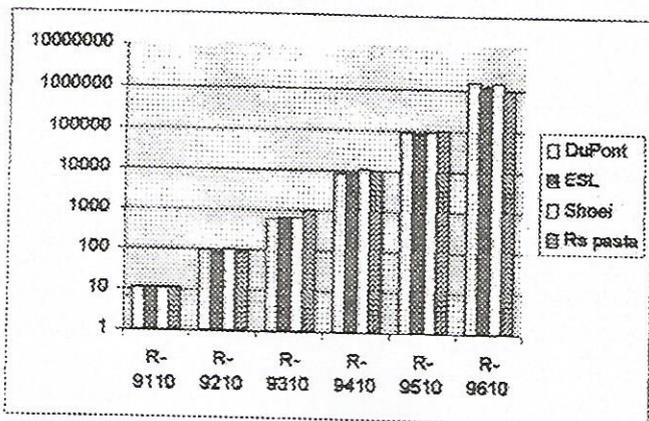
L/W = Aspek Ratio

Dengan demikian, didapatkan nilai *sheet resistivitas* dari pasta-pasta tersebut. Nilai R_s yang didapat ditunjukkan pada Tabel 2 dan Grafik 1.

Tabel 2: Nilai R_s hasil proses

Satuan: Ohm/□

Resistor	DuPont (A)	ESL (B)	Shoei (C)	R_s pasta (D)
R-9110	11.113	10.944	11.002	10.45
R-9210	89.5	86.545	101.587	90.27
R-9310	594.65	637.37	636	970
R-9410	8148	8413	10587	9776
R-9510	95110	85180	88941	100700
R-9610	1483900	1177000	1367000	1021000



Grafik 1: Nilai R_s hasil proses

Ket: R_s pasta adalah R_s pasta resistor yang tertera pada kemasan (Nilai dari pabrik)

Sebelum menggunakan pasta resistor biasanya resistor dikarakterisasi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah nilai sheet resistivitas bahan pasta yang didapat dari hasil proses masih sama dengan sheet resistivitas yang tertera pada pasta itu sendiri (sesuai pabrik). Bahan resistor sangat peka terhadap lingkungan sehingga dengan lamanya waktu penyimpanan maka bukan tidak mungkin homogenitas dan viskositas dari bahan pasta tersebut akan berubah. Perubahan ini mengakibatkan harga R_s dari pasta tersebut akan berubah.

Selain itu, dilihat pula pengaruh pasta konduktor sebagai terminasi resistor, dimana konduktor sendiri memiliki resistivitas bahan yang berbeda untuk setiap jenis pasta, tergantung dari pabrik pamanufaktur. Karena itu, pada saat proses pembakaran akan terjadi reaksi antara pasta resistor dan pasta konduktor yang akan membentuk nilai resistansi suatu resistor.

Walaupun secara umum konduktor Pd-Ag sangat kompatibel terhadap semua jenis pasta resistor, akan tetapi hasil penelitian (Tabel 2 dan Grafik 1) menunjukkan adanya pengaruh perbedaan jenis pasta konduktor terhadap nilai resistansi resistor.

Dari grafik 1 terlihat bahwa untuk pasta resistor dan konduktor yang sama (sampel C dan sampel D) terdapat adanya perbedaan R_s yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya perubahan homogenitas dan viskositas dari pasta.

Pengaruh perbedaan pasta konduktor secara umum terjadi untuk semua nilai resistor. Pengaruh yang besar terjadi untuk nilai resistor R-9610, sehingga untuk membuat resistor dengan menggunakan pasta resistor R-9610 memerlukan disain resistor yang berbeda untuk tiap jenis konduktor.

Sementara itu, untuk nilai resistor di bawah 1 kOhm, pengaruhnya tidak terlalu besar sehingga untuk membuat resistor dengan pasta ini dapat digunakan salah satu di antara konduktor ESL, DuPont, ataupun Shoei.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka sebelum menggunakan suatu pasta untuk proses pembuatan sirkuit Hibrid, perlu dilakukan karakteristik pasta resistor ataupun konduktor.

4. KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh perbedaan pasta konduktor terhadap nilai resistansi suatu resistor.
2. Besarnya perbedaan ini tidaklah sama untuk semua nilai resistor.
3. Perlunya dilakukan karakteristik pasta resistor dan konduktor untuk mendapatkan nilai resistansi yang sesuai dengan rancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamer D.W, Biggers J.V, *"Thick Film Hybrid Microcircuit Technology"*, wiley Interscience, a Division of John Wiley & Sons, New York, 1972.
- [2] Harkard, MR., *Thick Film Hybrid, Manufaktur and Design*, Prentice Hall, New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, 1988.
- [3] Harper, C.A., *Handbook of Thick Film Hybrid Microelectronics*, McGraw Hill Book Company, New York, 1974.
- [4] Herlia, E.E., *Konduktor Film Tebal pada Rangkaian Hybrid IC.*, Buletin IPT No 5-6 Vol. Oktober 1995/Januari 1996.
- [5] Lilis R, L.Muliani, *Karakterisasi Pasta Resistor*, Prosiding Seminar Nasional X, Kimia Dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, 6-7 November 2001.
-

TIMBANGAN BERBASIS MICROCONTROLLER MCS 51 DENGAN DIGITAL DISPLAY 7 SEGMENT

*Hari Satriyo Basuki *)*

ABSTRACT

There are many scale with high accuracy and microcontroller base in the market. Beside the price also the after sales service are still as a common problem. In this paper will be discussed a study about a scale, accurate enough as a common scale, microcontroller base but technically easy to understand by technician. There is no after sales problem anymore.

INTISARI

Timbangan dengan ketelitian tinggi dan berbasis microcontroller sudah banyak dipasaran. Akan tetapi harganya cukup mahal serta purna jualnya sangat sulit. Untuk itu dalam makalah ini dibahas suatu hasil penelitian pembuatan suatu timbangan yang cukup teliti dan berbasis microcontroller yang secara teknik mudah diketahui sehingga kalau ada yang rusak maka dapat sesegera mungkin diperbaiki.

1. PENDAHULUAN

Timbangan atau pengukur berat merupakan alat yang sangat banyak dipergunakan dalam kehidupan manusia, terlebih dalam perdagangan dan bidang lain yang memerlukan pengukuran berat suatu barang. Termasuk di dalam hal ini adalah dunia kesehatan.

Spesifikasinya sangat bervariasi, baik kemampuan maupun ketelitian serta fitur lainnya. Ada timbangan dengan ketelitian sampai 2 angka dibelakang koma untuk pengukuran dengan orde beberapa gram, akan tetapi ada yang sampai ratusan kilogram bahkan ribuan kilogram dengan suatu ketelitian tertentu.

Dalam makalah ini, yang akan diketengahkan adalah penelitian yang telah dilakukan dengan menyederhanakan rangkaian menggunakan Microcontroller jenis atau keluarga MCS51 yang sangat umum dan cukup handal. Ketelitiannya sampai gram atau dengan menggunakan penampil 4 digit seven segment.

Dasar dari percobaan yang dilakukan adalah untuk membuat sebuah timbangan yang hanya sampai 7 kilogram karena kebutuhan di dunia kesehatan yang banyak menggunakan timbangan kecil untuk pengukuran seorang bayi. Jadi, dapat dikatakan bahwa yang dibuat adalah sebuah timbangan bayi dengan maximum pengukuran sampai dengan berat 7 kilogram.

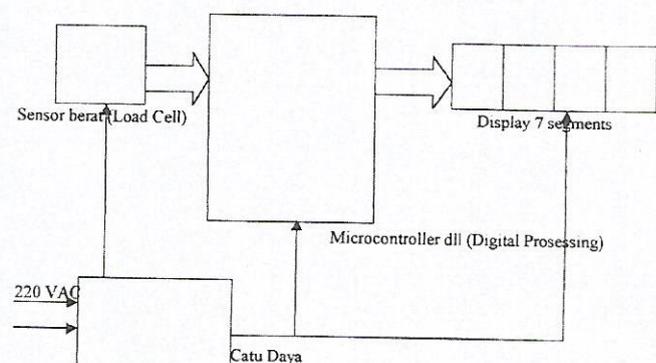
2. PERENCANAAN

Ada dua bagian utama dalam penelitian timbangan ini, yaitu bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari komponen elektronik, transducer atau sensor dan kotak mekanik, sedangkan perangkat lunaknya dimasukkan dalam EPROM untuk membuat rangkaian perangkat keras tersebut bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam perencanaan perangkat keras diperlukan data komponen elektronika yang dipergunakan yaitu :

1. Microcontroller keluarga MCS51 [1]
2. Analog to Digital Converter (ADC) 0808 [2]
3. Seven Segment Display
4. Sensor berat Load Cell [3]
5. Komponen elektronik lainnya

Dalam blok diagramnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Korespondensi:

*) Hari Satriyo Basuki adalah Peneliti dari Puslit Informatika LIPI
Jl. Cisit 21/154D Bandung

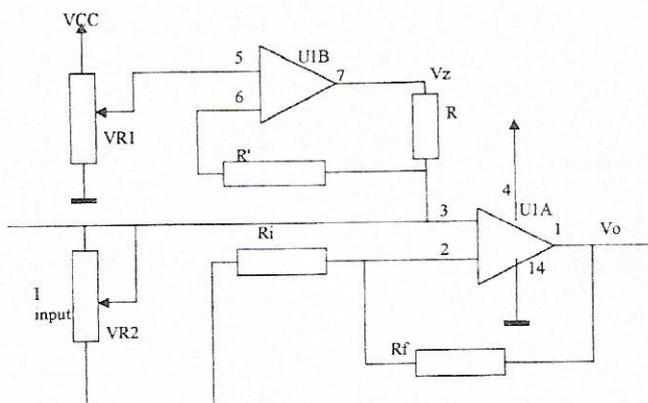
Secara garis besar, cara kerja dari rangkaian di atas adalah sebagai berikut :

Sensor berat diberi catu daya 24 Volt DC dan akan mengeluarkan arus sebesar 4-20 mA, dimana pada saat tidak ada beban akan mengalirkan arus 4 mA dan pada beban 7 kilogram akan mengalirkan arus sebesar 20 mA. Arus ini masuk ke dalam rangkaian pengkondisi sinyal yang akan merubah dan mengkondisikan arus sebesar 4-20 mA tersebut menjadi 0-5 Volt DC. Artinya, kalau masuk arus sebesar 4 mA maka akan diubah menjadi 0 Volt DC dan kalau mengalir arus sebesar 20 mA akan dikonversi menjadi 5 Volt. Demikian pula untuk besaran-2 di antara 4 sampai 20 mA akan dikonversi menjadi tegangan di antara 0 sampai 5 Volt DC. Di dalam blok Diagram Digital Processing terdapat komponen elektronika seperti Analog to Digital Converter, Random Access Memory, Kristal, Latch, dan lain sebagainya. ADC yang dipakai adalah type 0808 yang mempunyai 8 masukan dimana hanya dipergunakan sebuah masukan dari 8 yang ada. Fungsi dari ADC ini adalah mengubah besaran analog yang diterima, dari pengkondisi sinyal menjadi besaran digital 8 bits. [4]. Sinyal digital 8 bitas ini dimasukkan ke salah satu port dari Micro-controller 87C51 yang selanjutnya diproses untuk ditampilkan.

Penampilan hasil proses pengukuran dari sensor berat menggunakan display yang murah, yaitu seven segment sebanyak 4 buah. Dengan demikian, bila tidak ada yang diukur atau kosong maka tampilannya 0000 gram, sedangkan kalau diberi beban sebesar 7 kilo, kemampuan maximum load cell maka akan tertampil 7000 gram.

2.1 Rangkaian Pengkondisi Sinyal :

Pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengubah keluaran dari sensor yang berupa arus menjadi tegangan yang di perlukan oleh Pengubah sinyal Analog menjadi Digital (ADC). Dalam penelitian ini dipergunakan sebuah operational Amplifier type LM 324 yang berisi 2 op amp yang terangkai seperti di bawah ini.



Cara kerja pengkondisi sinyal :

Ri, Rf dan U1A membentuk sebuah penguat differencial, dimana untuk mengatur harga nol pada Vo perlu ditambahkan VR2 dan U1 B. U1 B dirangkai sebagai rangkaian Buffer sehingga tidak membebani transducer. Dengan demikian, maka tegangan keluaran pengkondisi sinyal tergantung pada masukan dari sensor, penguatan U1A, yaitu Rf/Ri dan tegangan pengatur nol dari rangkaian pengatur nol.

Hubungan antara keluaran dan masukan pada rangkaian pengkondisi sinyal ini adalah:

$$V_{out} = (R_f/R_i) \cdot I \cdot R_{span} + V_z$$

Dimana harga Rspan dapat ditentukan dengan rumus

$$R_{sPan} = \{V(b)V(a)\} / \{I (R_f/R_i) \cdot [I(b) I (a)]\}$$

Dan harga Vznya adalah

$$V_z = V(a) - (R_f/R_i) \cdot I (a) \cdot R_{span}$$

Dari percobaan dengan masukan arus sebesar 4 - 20 mA dan mengubahnya menjadi 0 - 5 Volt dengan menggunakan Rf sebesar 22 kilo Ohm dan Ri sebesar 2,2 kilo Ohm maka akan mendapatkan harga Rspan sebesar:

$$R_{span} = \{5-0\} / \{1(22000/2200) \times (20-4) \cdot 10^{-3}\} \\ = 5 / 0.16 = 31,25 \text{ Ohm}$$

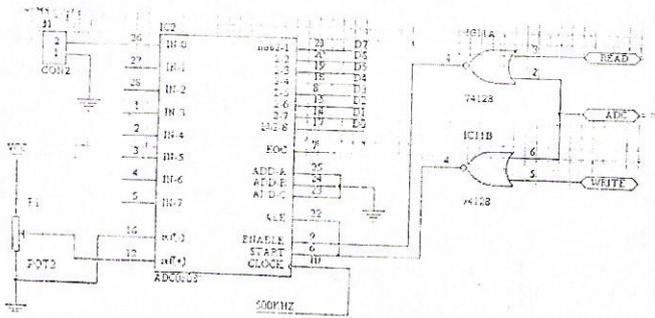
Dan harga Vz adalah

$$V_z = 0 - 10(4 \cdot 10^{-3}) \times 31,25 \\ = -1.25 \text{ Volt}$$

Sedangkan Vout nya menjadi :

$$V_{out} = (R_f/R_i) \cdot (20 \cdot 10^{-3}) \times 31,25 - 1,25 \\ = 5 \text{ Volt}$$

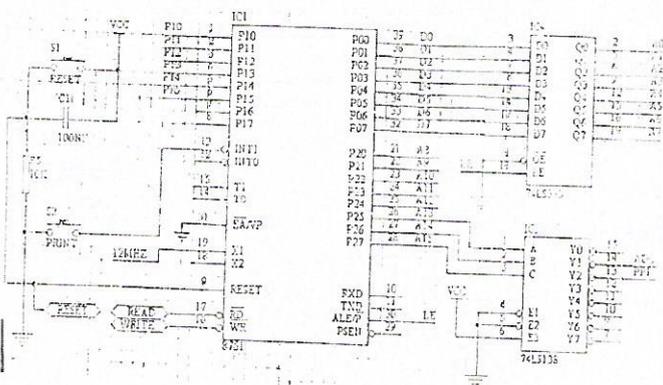
Sedangkan untuk ADC yang menggunakan Integrated Circuit 0808 yang mempunyai pin pin ALE, START dan ENABLE. Karena hanya diberi masukan dari 1 sensor dimana ADC 0808 ini mempunyai 8 masukan dan masukan yang dipilih adalah masukan IN-0 (Pin 26) maka kaki pemilih ADD-A sampai ADD-C (Pin 23 -25) diberi tegangan Low atau disambungkan ke ground. Rangkaian ADC ini memerlukan clock untuk menjalankan penyamplingan tegangan yang masuk sehingga dapat dibuat digitalnya. Dipilih clock sebesar 500 kHz yang diperoleh dengan membagi Clock dari kristal 24 MHz.



Vref(+) pin 12 dihubungkan ke tegangan melalui sebuah multiturn sehingga difungsikan sebagai pembagi tegangan. Tegangan Vref (+) ini diatur sedemikian rupa sehingga kalau masukannya menjadi 5 Volt maka keluaran ADCnya menjadi High semua.

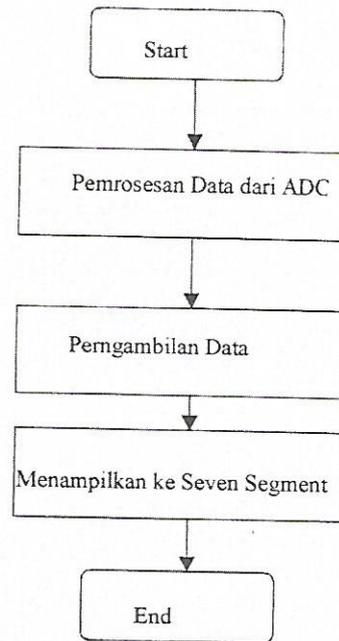
2.2 Rangkaian Pemroses Digital

Keluaran ADC yang berupa data digital 8 bit tersebut dimasukkan ke mikrokontroler, dan di IC inilah data tersebut akan diolah menjadi data yang diinginkan melalui perangkat lunak yang ada di Memornya. Data tersebut ditampilkan melalui display seven segment.



2.3 Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam perancangan dengan menggunakan Microcontroller. Dalam perancangan ini digunakan bahasa mesin yang disimpan dalam EPROM eksternal. Setelah program dibuat dengan menggunakan bantuan Franklin Software Inc untuk peng-compile-an dan debug maka dimasukkan ke EPROM dengan menggunakan EPROM Programmer. Adapun flowchart dari Program Utama yang mengerjakan bagian ADC, Pemroses data digital dan penampil seven segment adalah:



Sebagian dari Program dalam bahasa Assembler seperti di bawah ini.

```

;-----
; PROGRAM KONVERSI DATA
; UNTUK PENGUKURAN BERAT BADAN BAYI
;-----
    
```

```

ADCADDR EQU 2000H
RATUSAN DATA 40 H
PULUHAN DATA 41 H
SATUAN DATA 42 H
DATA_BIT_3 DATA 48 H
DATA_BIT_2 DATA 49 H
DATA_BIT_1 DATA 4A H
DATA_BIT_0 DATA 4B H
BERAT_3 DATA 50 H
BERAT_2 DATA 51 H
BERAT_1 DATA 52 H
BERAT_0 DATA 53 H
KOMA DATA 54 H
    
```

```

STARTADC : MOV A,#0
           MOV DPTR,#ADCADDR
           MOVX 2DPTR,A ; START VONVERSI
           MOV R2, # 55
           DNZ R2, $ ; DELAY 110 uS
           MOV DPTR, #ADCADDR
           MOVX A,@DPTR ; BACA DATA ADC
           CHANEL 0
BIN_TO_BCD: MOV B,#100H
           DIV AB
    
```

```

MOV RATUSN, A
XCH A,B
MOV B,#10
DIV AB
MOV PULUHAN, A
MOV SATUAN, B

CONVER_DATA: MOV SP,#42h
MOV B,#05
POP ACC
MUL AB
MOV B,#10
DIV AB
MOV B,#10
MOV A,B
ADD A,DATA_BIT-0
MOV B,#10
DIV AB
MOV DATA-BIT-0,B
ADD A,RO
MOV DATA-BIT-1,A
MOV SP,#42H
MOV B,#04
POP ACC
MUL AB
MOV B,#10
DIV AB
MOV RO,A
MOV A,B
ADD A,KOMA
MOV B,#10
DIV AB
MOV KOMA,B
ADD A,RO
ADD A,DATA_BIT 0
MOV DATA BIT 0,A
MOV B,#04
POP ACC
MUL AB
MOV B,#10
DIV AB
MOV RO,A
MOV A,B
ADD A,DATA BIT 0
MOV B,#10
DV AB
MOV DATA BIT 0,B
ADD A,RO
ADD A,DATA BIT I
MOV DATA BIT I,A
MOV B,#04
POP ACC
UL AB
ADD A,DATA_BIT_1
MOV B,#10

```

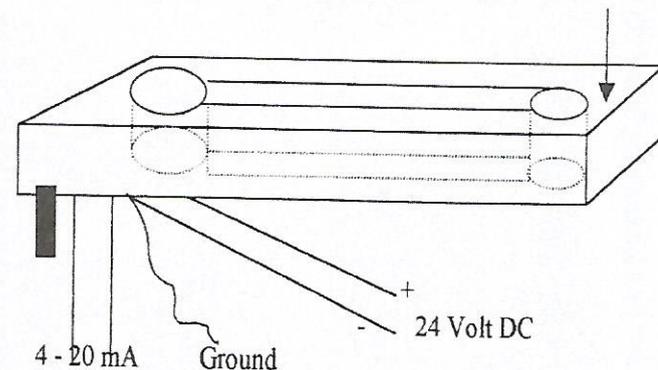
```

DIV AB
MOV DATA_BIT_2,A
MOV DATA_BIT_1,B
MOV SP,#42H
MOV B,#07
POP ACC
MUL AB
MOV B,#10

```

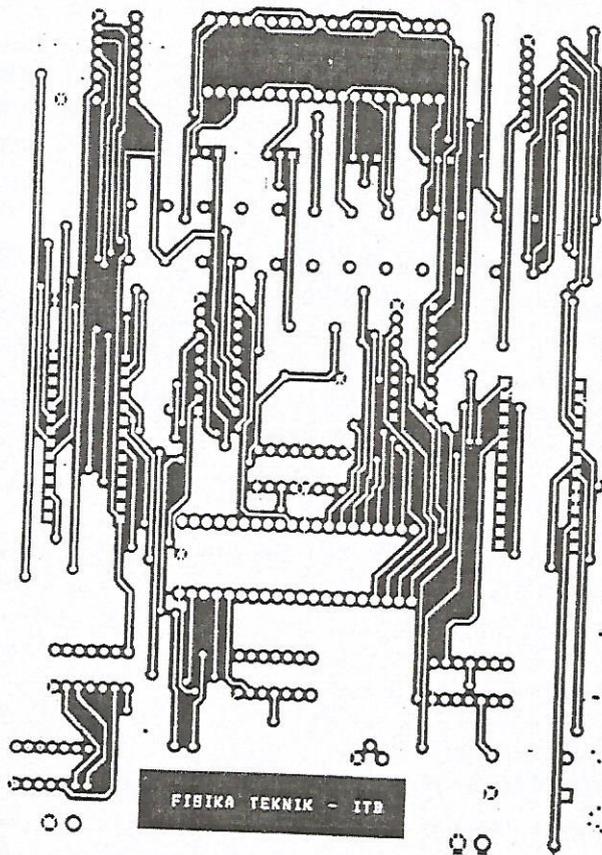
2.4 Mekanik Load Cell

Untuk Loadcell diperlukan komponen mekanik yang akan membuat Load Cell tersebut berfungsi sebagai pengukur berat dan mengeluarkan arus 4-20 mA- Prinsip kerja dari Loadcell adalah bila ujung batang load cell terkena tekanan maka batang tersebut akan melengkung dan dengan melengkungnya batang load cell tersebut akan menyebabkan perubahan arus yang keluar dari transmitternya. Rangkaian transmitternya mempunyai 5 kawat, 2 kawat untuk catu daya yang dapat dicatu dari 12 Volt sampai 3 5 Volt DC dan 2 kawat untuk keluaran berupa arus dan 1 kawat untuk petanahan (grounding).



6. PENGUKURAN

Setelah dicoba dalam breadboard dan dapat berjalan dengan sempurna maka dibuatlah Papan Rangkaian Tercetaknya dan dipasang komponennya. Dicoba dengan penekanan ke load cell dan ternyata tampilan di seven segmen berubah juga. Belum dikalibrasi hasil pengukurannya dan bagaimana bila diperlukan adanya Tar.



7. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan ini dapat dibuat kesimpulan bahwa percobaan pembuatan timbangan ini dapat dikatakan berhasil dan dapat dikembangkan lebih jauh sehingga tertampil profesional dan layak jual. Oleh karena itu di sini disarankan sebagai berikut :

1. Untuk pengukuran berat bayi dapat diprint tanggal, jam (pukul) dan beratnya bayi
2. Dapat ditambahkan fasilitas Tar
3. Dapat dibuat yang menggunakan tegangan baterai
4. Dapat dicoba untuk load cell dengan berat yang lebih besar
5. Dapat dibuat untuk dipergunakan sebagai pengukur berat badan orang dewasa dan dipakai secara otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Sdr. Aldo Etam Majiah dan Sdr. Yeyep Saepudin, para mahasiswa dari Jurusan Fisika Instrumentasi ITB yang telah membantu kami dalam merealisasikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. MCS51 Data Book
2. National Semiconductor Data Book
3. SCAIME Load Cell Data Sheet
4. Laporan Kerja Praktek

ANALISA DAMPAK GANGGUAN ELEKTROMAGNETIK TERHADAP LINGKUNGAN

Sri Hardiati*)

ABSTRACT

Electromagnetic Interference (EMI) occurs when the electromagnetic spectrums produced by electronic, electrical and electromagnetic equipment emit noise which interference with another equipment signal spectrums.

Some systems or equipments operate in harshly and noisy environment which can lead to electromagnetic interference (EMI) problem. Therefore, beside product and system tests, the equipment tests in its natural environment must also be performed to ensure its performance in real operational environment.

During the development life cycle is always that way of thinking practice, then technologies using the electromagnetic spectrum have viewed immense benefits for equipment in communicate, practice and sophisticated technology of medicine, conduct business and modern industries, which that equipment must also be seen impact occurs in other environment.

Therefore, it's need to understand Electromagnetic characteristics in order to could determine any circumstances those considered disturb the surrounding environment, especially toward harmful to human health.

INTISARI

Gangguan Elektromagnetik (EMI/ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE) terjadi bila noise pancaran spektrum elektromagnetik yang dihasilkan dari peralatan elektronik elektrik dan elektromekanik mengganggu sinyal spektrum yang ditimbulkan dari peralatan lain.

Beberapa peralatan atau sistim dapat berada dalam lingkungan yang sangat keras dan lingkungan yang bising, hal tersebut menunjukkan masalah adanya gangguan elektromagnetik.

Oleh karena itu disamping pengujian produk atau sistim perlu juga dilakukan pengujian keandalan

Korespondensi:

*) Sri Hardiati adalah Staf Bagian Telekomunikasi PPET - LIPI, Jl. Cisit 21/154D Bandung 40135.

lingkungan yang menjamin keandalan performance sistim dalam lingkungan alami (natural) nya.

Selama perkembangan kehidupan yang selalu berpikir praktis, maka kebutuhan pemakaian peralatan yang menggunakan teknologi spektrum elektromagnetik dipandang besar sekali keuntungannya bagi peralatan untuk berkomunikasi, ilmu kedokteran yang praktis dan canggih, hubungan bisnis dan industri-indusrti modern, dimana peralatan tsb. harus juga dilihat dampak yang terjadi dalam lingkungan lain.

Untuk itu perlu mengetahui karakteristik gelombang elektromagnetik agar dapat memperhitungkan beberapa kejadian yang dianggap mengganggu lingkungan sekitarnya terutama yang berbahaya terhadap kesehatan manusia.

I. PENDAHULUAN

Secara umum sistim peralatan elektronik, elektrik dan elektromekanik jumlahnya semakin lama semakin meningkat, terutama peralatan-peralatan yang menggunakan sistim digital modern seperti, Terrestrial Trunket Radio, Global System for Mobile Communication (GSM), Personal Computer, Digital Pager, Radio genggam, Telepon Cellular dan peralatan wireless, peralatan kedokteran elektronik, peralatan rumah tangga dls., dimana peralatan tsb membangkitkan gelombang elektromagnetik.

Peralatan elektronik dengan tipe yang berbeda yang harus dapat beroperasi dalam lingkungan elektromagnetis dengan suatu harapan tanpa mendatangkan kerugian dari fungsi peralatan-peralatan yang sudah direncanakan sistim pengoperasiannya dan tidak memberikan dampak terhadap pengoperasian peralatan sekitarnya dan kesehatan manusia dalam arti tidak mengganggu lingkungan sekitarnya, maka peralatan-peralatan tersebut memerlukan suatu perencanaan sistim elektronik yang terpadu.

Dengan demikian kemajuan sistim peralatan di bidang elektronik, elektrik dan industri secara tidak langsung akan disertai beberapa masalah yang

disebabkan gangguan dari bermacam-macam phenomena elektromagnetik, level tegangan yang rendah pada pengoperasian elektronik, ketidakseragaman sistim transmisi, kehidupan pengoperasian peralatan yang berdampingan, arus kuat dan arus lemah didalam suatu sistim dan kepadatan instalasi yang semuanya dapat berpengaruh dengan lingkungan sekitarnya terutama terhadap kesehatan manusia.

Menurut analisa hasil riset yang telah dilakukan, teknologi yang memanfaatkan spektrum elektromagnetik disamping besar sekali manfaatnya juga memungkinkan mengarah merugikan lingkungan.

Untuk mencegah gangguan elektromagnetik terhadap lingkungan sekitarnya perlu mengetahui karakteristik gelombang elektromagnet, agar dalam memproduksi peralatan-peralatan yang menggunakan spektrum elektromagnetik, industri yang bersangkutan perlu menganalisa dan memperhitungkan bahaya yang terjadi dari gelombang elektromagnet yang dihasilkan peralatan maupun sistim tersebut, tidak akan mengganggu lingkungan sekitarnya.

II. Medan Elektromagnetis

II.1 Gambaran Umum

Medan elektromagnetis ada disetiap tempat dalam lingkungan dimana tidak dapat terlihat oleh mata manusia.

Medan listrik dihasilkan oleh terbentuknya muatan lokal dalam atmosphere yang tergabung dengan hujan, angin ribut dan disertai petir serta guruh.

Medan magnetik adalah yang menyebabkan gerakan jarum kompas dan digunakan burung untuk navigasi.

Disamping sumber alami spektrum elektromagnetik, juga ada sumber spektrum elektromagnetik buatan manusia yaitu X-Ray yang dipakai untuk diagnose suatu kerusakan anggota badan.

Adapun jenis gelombang radio frekuensi tinggi digunakan untuk mentransmisikan informasi apakah melalui antena TV, stasiun radio atau stasion base telepon bergerak.

Karakteristik yang mendefinisikan medan elektromagnetik yang utama adalah frekuensi elektromagnetik atau sesuai dengan panjang gelombang elektromagnetnya.

II.2 Karakteristik Dasar Gangguan Elektromagnetik

Gangguan Electromagnetik (EMI) yaitu sinyal pancaran yang tidak diinginkan dari energi konduksi atau energi radiasi sebagai medan elektromagnetis.

Pancaran konduksi berupa tegangan dan arus, adapun pancaran radiasi terdiri dari medan elektrik dan atau medan magnet.

Spektrum sinyal EMI diidentifikasi dalam bentuk amplitudo yang merupakan kebalikan dengan frekuensi pancaran sinyal dari suatu sumber EMI.

Amplitudo spektrum pancaran dapat berupa pancaran konduksi atau radiasi, narrow band atau broadband, yang akan diuraikan seperti berikut:

- Pancaran Konduksi didefinisikan energi elektromagnetik yang diinginkan atau energi elektromagnetik yang tidak diinginkan sepanjang propagasi suatu penghantar. (konduktor). Konduktor meliputi AC power cord, lapisan metalik dari sub sistim, atau sistim interkoneksi kabel-kabel antara produk-produk.
- Pancaran Radiasi didefinisikan energi elektromagnetik yang diinginkan atau energi elektromagnetik yang tidak diinginkan yang merupakan propagasi kedalam ruang bebas atau melalui ruang bebas, sebagai suatu gelombang transverse electromagnetic atau oleh kopling kapasitif/induktif.
- Pancaran Narrow Band yaitu suatu pancaran yang mempunyai energi spektrum yang utama terletak benar-benar didalam bandpass dari pengukuran peralatan penerima yang digunakan. Pancaran narrowband yang dimaksudkan yaitu bandwidth pancarannya 3 dB lebih sempit dari pengukuran bandwidth receiver EMI.
- Pancaran Broad band yaitu suatu pancaran yang mempunyai distribusi energi spektrum yang lebar dibandingkan dengan bandwidth dari pengukuran receiver yang digunakan.

II.3 Sinyal Spektrum

Spektrum sinyal yang ada dalam sisim elektronik sebagian besar merupakan aspek yang penting dari kemampuan suatu sistim, bukan hanya untuk mendapatkan batas yang berkaitan dengan pengaturan pancaran, tetapi juga berfungsi keharmonisan/kerukunan (compatibility) dari sistim elektronik. Adapun kuantitas yang harus diperhatikan dalam compatibility electromagnetic yaitu:

- Pancaran konduksi, berupa tegangan (volt) atau arus (amper).
- Pancaran radiasi, berupa medan elektrik dalam Volt/m dan medan elektrik dalam Amper/m.

Spektrum elektromagnetik digolongkan seperti yang ditunjukkan dalam tabel:

Tabel 1

Uraian	Frekuensi	Panjang Gelombang
High Frequency (HF)	3 - 30 MHz	(100 - 10) m
Very High Frequency (VHF)	50 - 100 MHz	(6 - 3) m
Ultra High Frequency (UHF)	400 - 1000 MHz	(75 - 30) cm
Microwave	$3 \cdot 10^9 - 10^{11}$ Hz	10 cm - 3 mm
Millimetre wave	$10^{11} - 10^{12}$ Hz	3 mm - 0.3 mm
Infrared	$10^{12} (6 \cdot 10^{14})$ Hz	0.3 mm - 0.5 μ m
light	$(6 \cdot 10^{14}) - (8 \cdot 10^{14})$ Hz	0.5 μ m - 0.4 μ m
Ultra-Violet	$(8 \cdot 10^{14}) - 10^{17}$ Hz	0.4 μ m - 10^{-9} m
X-rays	$(10^{17} - 10^{19})$ Hz	10^{-9} m - 10^{-3} m
Gamma rays	$> 10^{19}$ Hz	$< 10^{-3}$ m

Pancaran spektrum diukur untuk beberapa sumber noise dalam bentuk kumpulan data spektrum dan data statistik yang terselubung (envelope statistik).

Bentuk amplitudo spektrum dari sumber pancaran, berkaitan dengan anggapan jarak medan dekat berlawanan dengan medan jauh, antara pancaran dari pengukuran penerima, dan akibat saluran propagasi, directivity pancaran radiasi dan polarisasi pancaran spektrum berbentuk amplitudo tersebut dapat berupa pancaran konduksi atau radiasi, narrowband atau broadband.

Adapun parameter pancaran spektrum dapat dijelaskan sbb:

1. Pancaran Konduksi Narrow Band.
Sinyal konduksi narrowband diukur dan dinyatakan dalam bentuk decibel (dB).
Untuk tegangan satuannya adalah dBV, dBmV, sesuai dengan referensi level tegangan 1 volt, 1 mV atau 1 μ V.
Untuk arus satuannya yaitu dbA, dBmA atau db μ A sesuai dengan pengukuran referensi level arus 1 A, 1 mA, atau 1 μ A.
Untuk level daya konduksi diukur dalam unit decibel, dimana referensi untuk 1 watt (dbW), 1 milliwatt (dBm), 1 microwatt (dB μ W) atau 1 picowatt (dBpW).
2. Pancaran Konduksi Broadband.
Sinyal konduksi Broadband diukur dan dinyatakan dalam tegangan dan arus dengan satuan decibel setiap spesifikasi Bandwidth, yaitu dBV/KHz dB μ V/MHz, dBA/Hz, dB μ A/MHz dst.
3. Pancaran Radiasi Narrowband.
Sinyal radiasi narrowband diukur dan dinyatakan dalam satuan medan listrik decibel yaitu dBV/m dan dB μ V/m, sesuai pengukuran level medan elektrik dengan referensi masing-masing 1 Volt/m dan 1 microvolt/m.
Intensitas medan magnet satuannya dalam decibel dBA/m dan dB μ A/m sesuai dengan pengukuran referensi level intensitas medan magnet masing-masing 1 amper/m dan 1 microamper/m.

Untuk Flux density magnet satuannya yaitu dBt, dBpT dan dBG dengan level referensi flux density magnet(B) masing-masing adalah 1 Tesla, 1 pico Tesla dan 1 gauss.

4. Pancaran Radiasi broadband.
Sinyal radiasi broadband diukur dan dinyatakan dalam bentuk radiasi elektrik dan medan magnet dalam satuan decibel setiap spesifikasi bandwidth yaitu dBV/m/MHz, dB μ V/m/MHz, dBA/m/KHz.
5. Power Density pancaran radiasi
Suatu unit dari power radiasi sering kali dialami yaitu decibel dan power density broadband referensi 1 dBm/m²/KHz.
Hubungan kuat medan listrik dan Power Density dalam medan jauh:

$$P_D = \frac{E^2}{Z_0}$$

P_D : Power Density.

Z_0 : Impedansi free space : 377 ohm.

III. Gangguan Elektromagnetik

III.1 Sumber EMI

Sumber gangguan elektromagnetik (EMI) dibangkitkan dari beberapa peralatan elektronik, elektrik dan elektromekanik, karena transmisi, distribusi, proses atau penggunaan peralatan untuk berbagai tujuan dengan energi listrik, sehingga dalam pengoperasiannya menghasilkan sinyal konduksi atau radiasi.

Gangguan elektromagnetik terdiri dari beberapa sinyal yang tidak diinginkan, sinyal semu, sinyal konduksi atau sinyal radiasi dari sinyal asli yang tidak dapat diterima, menyebabkan penurunan performance suatu sistem atau peralatan.

Sumber EMI dibedakan dalam 2 grup sbb:

1. Sumber EMI alami yaitu sumber yang tergabung dengan fenomena alami. Sumber tersebut meliputi:
 - a. Sumber EMI natural Atmosfir: yaitu fenomena pengisian atau pelepasan atmosfer, seperti kilat dan Percipitation static.
 - b. Sumber EMI natural extraterrestrial : yaitu sumber gangguan yang meliputi radiasi dari sumber matahari dan sumber galactic.

Sumber-sumber EMI natural dapat mempunyai sinyal amplitudo yang bermacam-macam sebagai fungsi frekuensi yang mempunyai kriteria sebagai sumber EMI broadband yang diidentifikasi incoherent serta sumber dikategorikan dalam sinyal radiasi.

Sinyal EMI natural dibangkitkan secara tidak sengaja.

2. Sumber buatan manusia yaitu sumber-sumber EMI yang tergabung dengan peralatan-peralatan buatan manusia seperti jaringan saluran daya listrik, automotive ignition noise, fluorescent light dls. Sumber EMI buatan manusia dapat diklasifikasikan sbb:

- a. EMI broadband yaitu sinyal elektromagnetis konduksi atau radiasi yang mana amplitudo bervariasi sebagai fungsi dari frekuensi yang diperluas pada jangkauan frekuensi yang lebih besar dari bandwidth penerima
EMI broadband terbagi menjadi sinyal broadband coherent dan sinyal broadband incoherent.
- b. EMI narrowband yaitu sinyal konduksi atau sinyal radiasi yang mana perbedaan amplitudo sebagai fungsi dari frekuensi yang diperluas pada suatu jangkauan frekuensi yang lebih sempit dari bandwidth.
Dalam EMI narrow band hanya ada jenis sinyal narrowband coherent.

Sumber EMI dalam golongan buatan manusia dapat diidentifikasi sumber EMI yang disengaja atau sumber EMI yang tidak disengaja (secara kebetulan).

III.2 PENERIMA EMI

Penerima gangguan elektromagnetik disebut sebagai korban (Victim). Penerima EMI juga merupakan sumber korban, sebab korban EMI terdiri dari beberapa peralatan, dimana bila dianalisa menunjukkan energi elektromagnetik konduksi atau radiasi dari sumber pancaran.

Energi elektromagnetik tersebut akan menurunkan atau merusak performance peralatan. Beberapa peralatan dapat merupakan sumber pancaran dan receptor (korban) secara bersama-sama.

Contoh: sebagian besar sistim elektronik dalam komunikasi dapat sebagai sumber pancaran, sebab peralatan tsb. terdiri dari transmitter dan receiver.

Penerima (korban) EMI dapat dibedakan menjadi:

- a. Korban EMI alami yaitu meliputi manusia, binatang dan tumbuhan.
- b. Korban EMI buatan manusia yang dapat dikategorikan ke dalam 4 kategori:
 - Peralatan penerima komunikasi elektronik (Navigasi, radar, pemancar).
 - Amplifier (video, audio, Intermediate Frequency (IF)).
 - Peralatan industri dan peralatan konsumen: alat-alat Biomedical, telepon radio, TV penerima dll).

- Bahaya radiasi: EED (Electro explosive Device, dan bahan-bahan bakar).

III.3 Propagasi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetis dapat berjalan melalui ruang hampa, gelombang elektromagnetis menghasilkan komponen elektrik dan magnet.

Gelombang elektromagnetis memindahkan energinya melalui ruang hampa dan juga melalui medium material. Perbedaan material menyebabkan jumlah perbedaan yang disebabkan untuk absorpsi dan proses pemancaran kembali.

Sifat alami dari gelombang elektromagnet yang berjalan, yaitu kecepatan dari gelombang elektromagnet tergantung pada material yang dilalui yang mana gelombang tsb. berjalan.

Menurut sudut pandang dari gelombang propagasi ada 2 lapisan yaitu:

1. Lapisan troposphere yaitu lapisan terendah atmosphere. Ini mengandung semua cuaca bumi, semua air, sebagian uap air dan sebagian polusi.
2. Ionosphere secara luas diatas troposphere kedalam ruang angkasa. Ionosphere memainkan tugas yang penting dalam komunikasi radio.

Menurut frekuensi propagasi gelombang elektromagnet dibedakan menjadi:

1. Propagasi High Frekuensi (HF).
2. Propagasi Very High Frequency (VHF) dan Ultra High Frequency (UHF).
3. Propagasi gelombang microwave dan gelombang millimeter.

Propagasi gelombang elektromagnet frekuensi radio, sebagian besar melalui 3 metode yaitu radiasi, konduksi dan induksi. Tiga metode tersebut saling mempengaruhi.

Metode yang tersebut diatas dapat dijelaskan sbb:

1. Medan Elektromagnet radiasi
Pancaran radiasi memancarkan energi elektromagnet dari peralatan dan propagasi melalui ruangan atau suatu medium.
Radiasi elektromagnet yang biasa yaitu pemancar radio dan pemancar televisi, pemancar akan memancarkan sinyal radiasi kearah alat penerima dan alat penerima akan menerima sinyal tsb dan bereaksi terhadap sinyal yang diterima.
EMI menurut hasil pengamatan, terjadi pada fasilitas yang berdekatan.
Perbedaan antara sinyal radiasi yang diinginkan oleh pemancar dengan penerima dengan masalah EMI biasanya terjadi di rumah sakit. Interferensi meliputi pager-pager yang tidak mampu untuk menerima pembicaraan pada saat didekatnya ada

tipe peralatan yang khusus dengan perlindungan peralatan monitoring. Berdasarkan analisa spektrum di monitor tampak adanya sinyal radiasi frekuensi radio yang digunakan oleh sistim pemanggil di rumah sakit.

Jadi amplitudo dari sinyal radiasi cukup untuk menghalangi respons pager oleh penerima pager-pager.

2. Medan Elektromagnet Konduksi.

Propagasi energi elektromagnetik frekuensi radio melalui konduksi terjadi sebagai hasil hubungan fisik antara peralatan yang berdekatan. Hubungan tidak diperlukan langsung, dapat melalui saluran perantara.

Konduksi tidak disengaja dan tidak diinginkan melalui saluran perantara yang kadang-kadang berhubungan sebagai loop atau ground loop.

3. Medan elektromagnet induksi.

Proses induksi terjadi bila sinyal elektromagnetis secara magnet atau dengan kopling kapasitif atau dengan konduktor yang lain. Bentuk gangguan pada umumnya terjadi bila sinyal kabel dari bermacam-macam peralatan paralel jalurnya satu dengan yang lain dalam lingkungan yang biasa, seperti di dalam saluran listrik atau saluran masuk listrik.

Induksi dapat juga terjadi dalam kabel multi konduktor yang multipair, jika pemasangan tidak cukup terisolasi satu dengan yang lain. Pemasangan kabel yang membelit tidak terbungkus dapat untuk mentransfer energi elektromagnetik dengan cara induksi, jika tidak ada perlindungan dalam instalasi kabel.

IV. Lingkungan Elektromagnetis

Lingkungan elektromagnetis yaitu komposisi dari energi radiasi dan energi konduksi yang dihasilkan suatu produk elektronik elektrik, maupun elektromekanik berupa distribusi daya dan distribusi waktu dengan jangkauan frekuensi bermacam-macam dari level pancaran elektromagnet radiasi atau konduksi yang ditemui oleh suatu lingkungan operasional yang direncanakan.

Adapun lingkungan elektromagnetis dapat berupa gangguan elektromagnetik, pulsa elektromagnet, bahaya radiasi elektromagnetik terhadap manusia dan material yang mudah meledak juga fenomena alam yang diakibatkan dari kilat dan P-static.

Lingkungan elektromagnetis dapat dipandang dalam segi distribusi ruang dan distribusi temporal dari kuat medan listrik (volt/m), irradiance/cahaya(watt/m) atau energi density/kepadatan energi (joule/m).

Penaksiran suatu lingkungan diperlukan untuk mengidentifikasi secara luas peralatan-peralatan yang peka terhadap gangguan elektromagnetik atau

peralatan-peralatan yang merupakan sumber gangguan elektromagnetik.

Tanpa mengetahui kepekaan dari peralatan biasanya secara kebetulan menjumpai peralatan yang menggunakan panjang gelombang yang levelnya tinggi dan level dayanya besar dari radiasi elektromagnetik, pada hal tidak dapat diharapkan untuk memprediksi akibat radiasi yang dipunyai pada peralatan tsb. Peralatan-peralatan dengan bermacam-macam amplitudo frekuensi dan spektrum yang berubah-ubah dari peralatan ke peralatan dan dari satu manufaktur ke yang lain, membuat bermacam-macam tipe gangguan yang mengakibatkan kesulitan dalam pemisahan peralatan untuk diprediksi, tepatnya gangguan sulit untuk dihindari.

WHO mendefinisikan sbb:

1. Medan static (0 Hz)

Rentetan magnet yang mengapung di udara dari transportasi umum, resonansi magnet yang diduga dari peralatan yang digunakan dalam kedokteran dan peralatan elektrolit yang menggunakan arus listrik searah untuk proses material dalam industri.

2. Medan Extremely Low frequency (ELF) 0-300 Hz.

Kereta api untuk transportasi umum, beberapa peralatan meliputi pembangkitan distribusi atau penggunaan power listrik.

3. Medan Intermediate frequency (IF) > 300 Hz - 10 MHz.

Peralatan keamanan, induksi pemanas dll.

4. Medan radio frequency (RF) > 10 MHz - 300 GHz.

Telepon mobil atau transmitter telekomunikasi radar dan sifat-sifat yang memancarkan cahaya.

Untuk keperluan sistim penempatan peralatan elektronik seperti medical elektronik, komputer dls, dapat berada dilingkungan yang keras dan bising, maka testing keandalan lingkungan perlu juga dilakukan, tidak hanya produknya, hal ini bertujuan untuk menjamin performance sistim yang dapat diandalkan dalam lingkungan naturalnya. Pengujian keandalan lingkungan merupakan sistematika pendekatan terhadap pengumpulan informasi, analisa informasi dan aplikasi informasi yang berhubungan dengan pelayanan yang digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitarnya, yang berpengaruh terhadap peralatan.

Untuk itu pengukuran lingkungan sangat penting untuk mengetahui interaksi dari produk industri dan tekanan lingkungan yang dihadapi oleh produk yang digunakan.

V. Medan Elektromagnetis dengan Lingkungan

Medan Elektromagnetis merupakan frekuensi atau panjang gelombang yang dihasilkan oleh peralatan atau sistim. Akibat-akibat dari medan elektromagnetis berhubungan dengan lingkungan, dimana untuk tubuh manusia tidak hanya tergantung pada level medan, tetapi

juga pada frekuensi dan energi medan elektromagnetis. Sumber medan ELF yaitu catu daya dan semua alat-alat yang menggunakan listrik. Untuk sumber medan IF contohnya komputer, sistim keamanan dls dan sumber utama medan RF yaitu radio, televisi, radar, dls.

Gelombang elektromagnetis membawa partikel-partikel yang dinamakan quanta, dimana quanta gelombang frekuensi tinggi membawa banyak energi daripada frekuensi rendah.

Medan magnet menyebabkan sirkulasi arus didalam body manusia. Kuat dari arus tersebut tergantung pada intensitas dari medan magnet di luar. Jika medan magnet cukup besar, arus tersebut menyebabkan stimulasi dari gangguan syaraf dan urat atau mempengaruhi biologi lain.

Untuk level medan elektromagnetis dengan bermacam-macam frekuensi, tabel dibawah ringkasan garis pedoman penyinaran untuk 3 area yang menjadi focus umum dari International Commission on non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 1998.

Tabel 2
Level medan elektromagnetis sesuai dengan frekuensi

Frequency	Eropean power frequency		Mobile phone base station frequency		Microwave oven frequency
	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1.8 GHz	2.45 GHz
	Electro field (V/m)	Magnetic field (μT)	Power density (W/m ²)	Power density (W/m ²)	Power density (W/m ²)
Pubic exposure limits	5.000	100	4.5	9	10
Occupational exposure limits	10.000	500	22.5	45	

Dan tabel 3 berikut berisi beberapa medan elektromagnet, dikutip dari WHO Regional office untuk Europa.

Tabel 3
Medan elektromagnetis standar Eropa

	Typical maximum public exposure	
	Electric field (V/m)	Magnetic flux density (μT)
Natural fields	200	70 (Earth's magnetic field)
Mains power (in homes not close to power lines)	100	0.2
Mains power (beneath large power lines)	10.000	20
Electric trains and trams	300	50
TV and computer screens (at operator position)	10	0.7
Typical maximum public exposure (W/m ²)		
TV and radio transmitters	0.1	
Mobile phone base stations	0.1	
Radars	0.2	
Microwave ovens	0.5	

VI. Kesimpulan

Dalam penyajian ini dapat diambil kesimpulan panjang gelombang dan frekuensi menentukan karakteristik penting dari medan elektromagnetis.

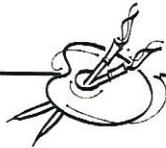
Dimana hal tsb diperlukan untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya atau risiko dari peralatan elektronik, elektrik, elektromekanik dan gejala-gejala alam yang membangkitkan medan eletromagnetis.

Maka perlu komunikasi dan informasi antara ilmu pengetahuan, industri dan masyarakat serta pemerintah untuk dapat menciptakan kesadaran mengenai sinar medan elektromagnetis agar tidak menimbulkan kekhawatiran masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clayton R.Paul, (1991), "Introduction to Electromagnetic Compatibility", John Wiley & Sons, Inc, copy right 1992.
2. J.L. Norman Violette, Ph.D., Donald R.J. White, MSEE; Michael F. Violette, BSEE, "Electromagnetic Compatibility Hand book", Van Nostrand Reinhold Company, New York; copy right 1987.
3. Tim William, 1992, "EMC For Product Desigers", NEWNES, second edition 1996.
4. HENRY Wott (1975); "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems", JON WILEY & SONS; Second Edition, copy right 1988.
5. Typical Exposure Levels at Home and The environment; International Project. EMF; 27 Mei 2002.
6. Eushinan Tranv, Environment/EMC/EMI, Carnegie Mellon University, 1999.

→ Dirubah



Catatan Penulis :

- ▶ Redaksi menerima naskah karangan berupa hasil penelitian, pengembangan, dan penerapan dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, diutamakan hasil dari kelompok kerja penelitian.
- ▶ Naskah karangan ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik rapi dengan jarak dua spasi.
- ▶ Setiap karangan harus dilengkapi dengan intisari yang ditempatkan di antara judul dan isi karangan, dan tidak melebihi 300 kata.
- ▶ Gambar harus diberi nomor berurutan, diberi keterangan ringkas dan disebutkan dalam isi karangan. Gambar harus disesuaikan dengan ukuran halaman majalah (A4) dan berkualitas bagus.
- ▶ Daftar Pustaka atau referensi ditulis mengikuti aturan sebagai berikut : nomor, nama pengarang, tahun penerbitan, judul karangan, nama jurnal/majalah/penerbit, jilid, nomor halaman.
- ▶ Redaksi berhak mengubah susunan naskah karangan tanpa mengubah isinya.