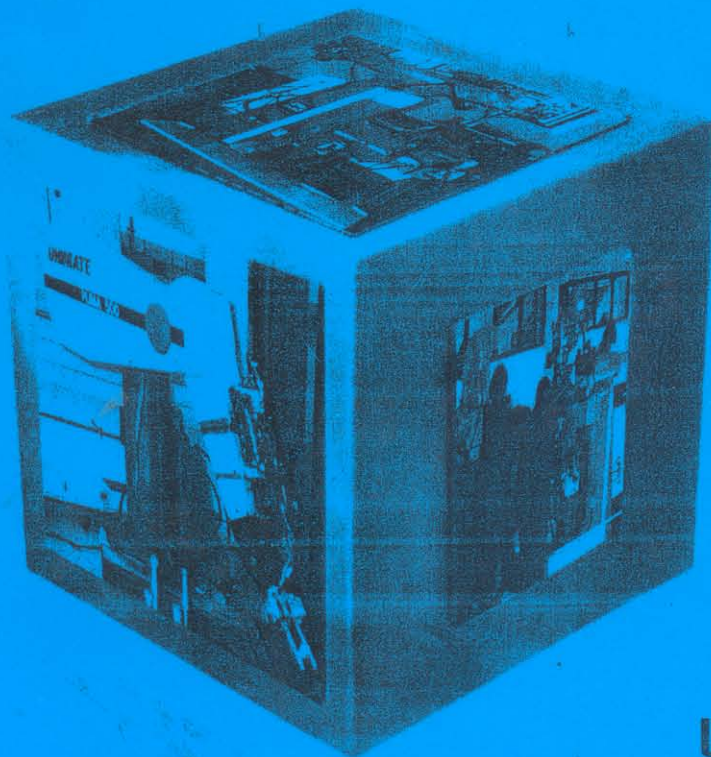


ISBN : 979 - 97781 - 3 - 1

# PROSIDING

## Seminar Nasional Mekatronika 2005

### Automation Systems for Industry



Penyelenggara



**Fakultas Teknik**  
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

**PROSIDING**  
Seminar Nasional  
**Mekatronika 2005**  
Automation System for Industry

**DAFTAR ISI**

<b>PRAKATA</b>	i
<b>DAFTAR ISI</b>	iii - v
<b>KENDALI MOTOR STEPPER MELALUI PORT SERIAL</b> Titus George Rahail dan Linggo Sumarno .....	1 – 12
<b>MODE PWM PADA MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535 UNTUK KONTROL KECEPATAN MOTOR DC</b> Lingga Wardhana .....	13 – 27
<b>DESAIN AC-DC INVERTER EMPAT LEVEL DENGAN SINYAL CARRIER TERGESER DENGAN KENDALI PROPORTIONAL INTEGRAL</b> Leonardus Heru Pratomo .....	28 – 32
<b><i>DESIGN OF SINGLE SWITCH POWER FACTOR CORRECTOR WITH PEAK CURRENT CONTROLLER STRATEGY</i></b> Leonardus Heru Pratomo .....	33 – 37
<b>IMPLEMENTASI <i>HALFWAVE SEMICONVERTER</i> SEBAGAI <i>DRIVER</i> PADA SISTEM PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS MIKROKONTROLER MOTOROLA 68HC11</b> Muhammad Arrofiq .....	38 – 43
<b>PENGATUR TINGKAT KECEPATAN KIPAS ANGIN AC BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51</b> Yasta Bahtiar Arsyta dan Linggo Sumarno .....	44 – 53
<b>RUANG EFISIEN ENERGI DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR INFRAMERAH DAN MIKROKONTROLER</b> Hartono Pranjoto .....	54 – 61
<b>STEGANOGRAFI DENGAN INDUK BERKAS SUARA</b> Yohanes Suyanto .....	62 – 67
<b>PENYUSUNAN DAFTAR DIFON UNTUK KEPERLUAN SINTESIS UCAPAN</b> Yohanes Suyanto .....	68 – 74
<b>LVDT SEBAGAI SENSOR BERAT PADA ALAT PENYORTIR PRODUK DALAM KEMASAN</b> T. Brenda Chandrawati dan Lilik Haryono .....	75 – 84
<b>PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI <i>FAST MULTIPLIER</i> METODE TRACHTENBERG DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN PERANGKAT KERAS AHDL PADA DIVAIS TARGET EPF10K30ETC144-1</b> Thomas .....	85 – 91
<b>PENGUJIAN ALAT PENGHEMAT LISTRIK SATU FASA UNTUK KEPERLUAN RUMAH TANGGA</b> Thomas .....	92 – 99



<b>REALISASI TERMOMETER INFRA MERAH UNTUK HIPERTERMIA</b> Thomas Sri Widodo .....	100 – 104
<b>LOAD CURRENT NORMALIZED ON SINGLE-PHASE CONVERTER</b> M. Budiyanto .....	105 – 110
<b>OTOMASI KOREKSI GALAT PADA TRANSMISI DATA NON-BINER MENGUNAKAN SANDI REED-SOLOMON BERBASIS FPGA</b> Th. Prima Ari Setiyani dan Bambang Sutopo .....	111 – 117
<b>PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL DAN SUHU PEMANASAN AIR PADA PROTOTYPE BOILER BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)</b> Lobes Herdiman, Irwan Iftadi, Timtim Tri Ananto .....	118 – 127
<b>SISTEM PENJUALAN TIKET DAN PINTU OTOMATIS DENGAN KENDALI PLC DAN MIKROKONTROLER PADA STASIUN KERETA API</b> Deradjad Pranowo, Tedy Saputro dan Michael Okhy .....	128 – 137
<b>ROBOT CERDAS SEBAGAI PENGGANTI TENAGA KERJA MANUSIA</b> Sutarno .....	138 – 142
<b>PEMANFAATAN ALIRAN HASIL INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DI DESA PANDOWOHARJO KECAMATAN SEWON KABUPATEN BANTUL DI YOGYAKARTA</b> Eko Wismo, Ir. M.Sc. dan Ma'un Budiyanto, ST. ....	143 – 149
<b>ALGORITMA VISUALISASI GERAKAN ROBOT HUMANOID</b> H.P. Siregar .....	150 – 155
<b>IMPLEMENTASI VPN MENGGUNAKAN HIRARKI MPLS DENGAN SEKURITI IPSEC</b> Muchammad Husni dan Dhane Pratigny S .....	156 – 162
<b>SCADA SYSTEM : APLIKASI WONDERWARE INTOUCH SEBAGAI SCADA SYSTEM</b> T. Rudi Sarjono, ST., Erwani Merry S., ST. MT. dan Chrisman E. M, ST. ....	163 – 170
<b>MONITORING SISTEM DENGAN PENGENDALI PLC MENGGUNAKAN SMS</b> Erwani Merry Sartika and Suekto .....	171 – 174
<b>IMPLEMENTASI PENGATURAN GAYA TEKAN DAN POSISI MANIPULATOR ROBOT DRILLING BERBASIS EXPERT SYSTEM</b> Cahya H dan Eru Puspita .....	175 – 180
<b>POLA DISTRIBUSI SUHU DARI WAKTU KE WAKTU PADA BENDA PADAT 2 DIMENSI</b> PK Purwadi .....	181 – 193
<b>PERSAMAAN KONTROL PADA ROBOT INDUSTRI MITSUBISHI RV – M1</b> Ronny Dwi Agusulistyo .....	194 – 200
<b>TRANSFORMATOR FREKUENSI TINGGI</b> Herawati YS .....	201 – 209
<b>IDENTIFIKASI JALUR AKUSTIK MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DIAGONAL RECURRENT</b> Ignatius Sapto Condro A.B., S.T. ....	210 – 218

<b>IDENTIFIKASI JALUR AKUSTIK MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN RECURRENT TERKONEKSI PENUH</b> Ignatius Sapto Condro A.B., S.T. ....	219 – 227
<b>ENCODER-DECODER SANDI SIKLIS (15,11) GALAT TUNGGAL BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51</b> Iswanjono, Damar Wijaya dan Fenty Pandansari .....	228 – 239
<b>UNJUK KERJA MODUL PENDINGIN TERMoeLEKTRIK</b> Wibowo Kusbandono dan FA. Rusdi Sambada .....	240 – 250
<b>PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS MENGGUNAKAN TERMoeLEKTRIK</b> Petrus Sutiyasadi dan FA. Rusdi Sambada .....	251 – 260
<b>PENGARUH FRAKSI SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT POHON PISANG</b> Budi Setyahandana .....	261 – 269
<b>IMPLEMENTASI PEMANCAR TELEMETRI SUHU TERMODULASI FREKUENSI</b> A.Bayu Primawan, Martanto dan Dian Mara Mulya .....	270 – 282
<b>IMPLEMENTASI PENERIMA TELEMETRI SUHU TERMODULASI FREKUENSI</b> Martanto, A.Bayu Primawan dan Dian Mara Mulya .....	283 – 295
<b>OTOMATISASI DALAM PROGRAM CAD</b> Dwiseno Wihadi .....	296 – 299
<b>PEMODELAN MOTOR STIRLING SEDERHANA TIPE GAMA DENGAN POROS TEGAK LURUS</b> FA.Rusdi Sambada dan Indrawan Taufik .....	300 – 309
<b>ROTATING DISPLAY</b> Jimmy Andrianto, Djoko Untoro Suwarno dan Tjendro .....	310 – 319



# TRANSFORMATOR FREKUENSI TINGGI

Herawati YS.

Tenaga edukatif Kopertis WIL IV dpt Univ Kristen Maranatha Bandung

Email : siti-herawati-aminah @ yahoo.com.

Telp (022)7562782 (rumah). UKM (022) 2012186

## Abstrak

Transformator frekuensi tinggi umumnya dipakai pada sistem audio . Untuk memperoleh kualitas keluaran suara yang berkemampuan decibel tinggi dibutuhkan sudut puntir tersendiri sehingga frekuensinya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan tinggi frekuensi masukan dari energi listrik sumber PLN. Frekuensi tinggi juga dapat meredam nois, sedangkan frekuensi tinggi diperoleh dari hasil intefirensi dari beberapa komponent pasif antara induktans dan kapasitans. Pada frekuensi tinggi diperoleh kuatmedan magnet yang tinggi sehingga dapat dipergunakan untuk pengendalian jarak jauh.

Untuk menghasilkan transformator frekuensi tinggi perlu sudut puntir tertentu sehingga mampu membangkitkan frekuensi giga hertz dan mampu meredam nois, efisiensi tinggi.

Penelitian ini menggunakan bahan inti dari Alnico dan belitannya dari tembaga, dimana dilakukan pemuntiran pada belitannya yang jari-jarinya 0,4mm. Sedangkan intinya dibedakan menjadi tiga tipe yaitu : inti tanpa celah udara, dengan satu dan dua celah udara. Analisis data disimulasikan dengan menggunakan Psim 7.1

Pada penelitian ini memodelkan inti transformator dan menganalisa fluks intinya. Kemudian setiap model di pasang dengan kawat kumparan yang dipuntir dengan  $\beta = 50^\circ$  dan dihitung frekuensi dan efesiensi yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang paling baik adalah inti dengan celah udara pada kaki kanan dan tengah.

For the area of telecommunications system and electronics, needed transformator capable to put hand to high frequency. If transformator work above frequency range which have been determined will generate loss at electronics network and transformator is so that needed reduce of lossy at transformator so that the transformator can work better. There are some matter which must be done in reduce lossy at high frequency transformator that is with modification of is core materials, amount of entwise, air gap and permeability relative from magnetic materials.

This research aim to for minimize lossy and improve high frequency transformator efficiency with R coupling and C at primary side and scondary.

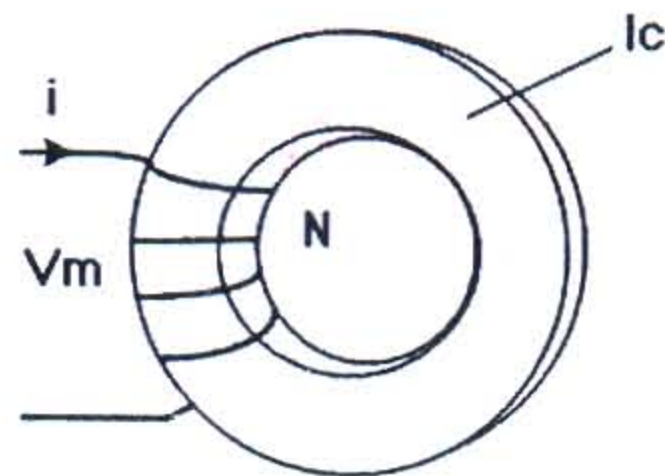
This research use descriptive method. Technique data collecting obtained from field data in the form of result of measurement by using four is core of trasnformator from ferrit materials. Data analysis through its examination analysis and calculation simulation by using program Pspice for window version 7.1.

From result of this research can be concluded that R coupling and C obtained from material modification of core and can be used to reduce loss transformator and also improve efficiency work from high frequency transformator. This matter can be seen from result endash. Lossy reduce decrease from 13.86W becoming 7.39 W. Efficiency high frequency transformator mount from 22.5% becoming 99.5%. Current ripple at converter by 1 induktans decrease from 6.6% becoming 0.138%. For the converter of by 2 induktans decrease from 1.2% becoming 0.09%.

## 1. Pendahuluan

Transformator frekuensi tinggi merupakan transformator yang berintikan inti toroid lihat gambar 1., dimana inti terbuat dari bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi. Bahan inti ini peneliti pilih ferrit. Karena Inti ferrit banyak dan mudah diperoleh dipasar. Permeabilitas ferrit 1000, atau dipergunakan bahan alnico kuat medan magnetnya 76000 A/m<sup>2</sup>. Inti toroid yang diteliti inti yang bercelah udara, besar celah udaranya disesuaikan daya masukan dan keluaran yang dibutuhkan sehingga inti ini sangat bermanfaat bagi suatu converter.





Gambar 1. Inti toroid tanpa Celah Udara

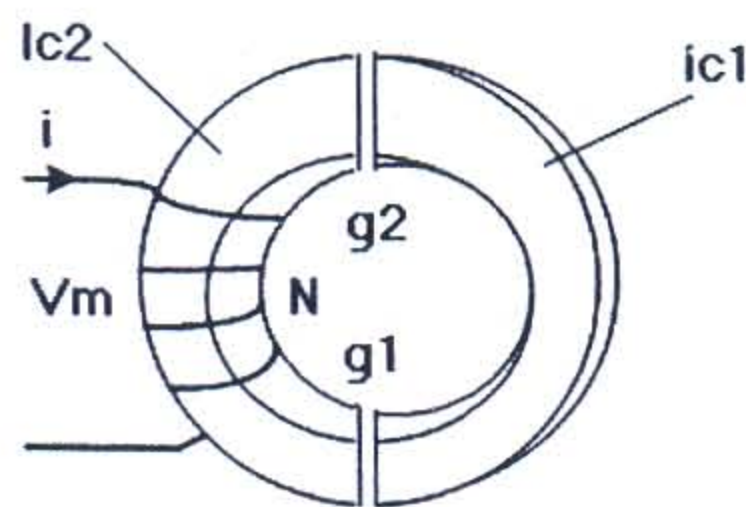
Inti toroid pada gambar 1. diatas merupakan inti toroid tanpa celah udara, yang umum dipergunakan.

Inti toroid dengan celah udara sangat bermanfaat , dikarenakan celah udara selain berfungsi membangkitkan fluks magnet, sebagai kapasitor yang mampu meredam pengaruh kopling induktif, sedangkan inti magnet permanennya berfungsi sebagai pembangkit tegangan magnet  $V_m$  yang lebih dikenal magnetomotans yang ketergantungan terhadap sumber tegangan yang diberikan. Kumparan yang diberikan pada inti magnet ini juga sebagai sumber tegangan magnet atau menghasilkan gerak gaya listrik ggl.

Pada kumparan. Ini terdapat kebocoran sendiri yang biasa disebut fluks leakage, kebocoran ini diredam oleh celah udara pada inti toroid. Untuk membangkitkan frekuensi yang tinggi maka kumparan yang dibelitkan pada inti terdiri dari beberapa konduktor disesuaikan dengan kebutuhan frekuensi yang akan dibangkitkan.

### Inti Toroid

Inti toroid yang peneliti pergunakan disesuaikan dengan converter yang peneliti buat, dalam hal ini peneliti memilih cuk Slobodan sebagai converter penaik atau penurun tegangan, inti toroid yang penulis anggap paling baik mempunyai dua celah udara seperti pada gambar 2. berikut ini :



Gambar 2. Inti Toroid dengan 2 Celah Udara

Pada gambar 2 inti toroid yang dipilih mempunyai dua celah udara dengan memperhitungkan celah udara. Pada gambar 1. merupakan inti toroid tanpa celah udara dan diberi satu kumparan, bahan magnet permanen ini merupakan rangkaian magnet, dari rangkaian magnet ini diperhitungkan kedalam rangkaian listrik dengan metode pendekatan [2], dari metode rangkain pendekatan dapat diperhitungkan parameter relukstans, permeans, kapasitans [2], yang tentunya disesuaikan dengan keempat model inti toroid dengan berbagai modifikasi belitan sehingga dari parameter yang diperoleh dari rangkaian magnet yang sebenarnya, sehingga dapat diperhitungkan  $R_{A1}$ ,  $R_{A2}$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ , dan  $M$ . Dari bahan magnet ini dapat diperhitungkan kopling elektromagnetik seperti persamaan 1.

$$k_1 = a\sqrt{\omega\mu\pi/2\rho} \quad (1)$$

Dari persamaan kopling diatas persamaan (1), dipergunakan untuk menentukan induktans sendiri pada persamaan (3) ataupun mutual induktans (4) akibat dari bahan magnet permanen, untuk memperhitungkan pengaruh dapat diperhitungkan Resistansi arus searah (dc) belitan primer yaitu:

$$R_{D1} = \rho l_1 / (\pi a^2) \quad (2)$$

Besarnya induktansi sendiri  $L_1$  dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (3)

$$L_1 = Li_1 + (\mu_0/2\pi) l_1 (\log [2 l_1/a] - 1) \quad (3)$$

Besarnya induktansi bersama  $M$  dihitung dengan persamaan (4)

$$M = (\mu_0/2\pi) l_{2e} \{ \log [2l_{1e}/(a + b)] - 1 \} \quad (4)$$

Dari celah udara diperhitungkan parameter reluktans celah udara seperti pada persamaan (5):



$$\mathfrak{R}g = \frac{g}{\mu Ag} \quad (5)$$

Dengan memperhitungkan nilai induktans sendiri, luas penampang, resistivitas bahan dapat diperhitungkan equivalent jumlah belitan lihat persamaan (6) yang ada, yang tentunya akan terakumulasi sebagai magnetomotans yang dipakai. Begitu juga dengan celah udara, celah udara juga diperhitungkan dengan memakai persamaan (5). Celah udara pada motor berfungsi sebagai pembangkit flux magnet, dan listrik pada rotor, sedang pada inti toroid bercelah udara dua. Celah sebagai memperbesar atau memperkecil magnetomotansi yang dibutuhkan.

$$N^2 = \frac{2\pi\rho\omega L}{\mu\omega Ac} \quad (6)$$

Fluks listrik maupun magnet yang dibangkitkan oleh bahan magnet, kumparan, celah udara sehingga fluks listrik dan magnet akan saling memperkuat atau memperlemah sehingga terjadilah selisih fluks yang dibangkitkan  $\Delta B$  merupakan selisih antara kerapatan fluks maksimum dengan kerapatan fluks minimum seperti pada persamaan (7):

$$\Delta B = \frac{(V_1 - V_Q - V_o)(V_o + V_D)Ts}{AN(V_1 - V_Q + V_D)} \quad (7)$$

Kerapatan fluks maksimum  $B_B$  dari persamaan (8)

$$B_B = B_R + \frac{\mu_r \mu_o N P_o}{l V_o} + \frac{\Delta B}{2} \quad (8)$$

Kerapatan fluks residual diperoleh dengan menggunakan persamaan (9)

$$B_R = B_B - \frac{\mu_r \mu_o N P_o}{l V_o} - \frac{\Delta B}{2} \quad (9)$$

Kerapatan fluks minimum  $B_A$  diperoleh dengan menggunakan persamaan (10)

$$B_A = B_R + \frac{\mu_r \mu_o N P_o}{l V_o} - \frac{\Delta B}{2} \quad (10)$$

Dengan menggunakan persamaan (11), maka dapat dihitung arus reaktans rms :

$$I_{x,rms} = \frac{P_o}{V_o} \sqrt{1 + \frac{1}{12} \left[ \frac{l V_o (V_1 - V_Q - V_o)(V_o + V_D) Ts}{\mu_r \mu_o AN^2 P_o (V_1 - V_Q + V_D)} \right]^2} \quad (11)$$

Arus reaktansi puncak dihitung dengan menggunakan persamaan

$$I_{XB} = \frac{l(B_B - B_R)}{\mu_r \mu_o N} \quad (12)$$

Dan arus reaktans minimum dihitung dengan menggunakan persamaan (13)

$$I_{XA} = \frac{l(B_A - B_R)}{\mu_r \mu_o N} \quad (13)$$

Dari jumlah belitan kuadrat persamaan (6) dapat diperhitungkan berapa nilai induktans dari kumparan. Pada inti dengan metode pendekatan rangkaian magnet ke rangkaian listrik dapat diperoleh besar nilai induktans. Dari ukuran inti toroid diatas diperhitungkan merupakan tabel dari 4 buah inti toroid sebelum diberi celah udara. Berikut merupakan data dari masing – masing inti toroid sebelum diberi celah udara. Dari bahan magnet diperhitungkan dengan rangkaian pendekatan [1]

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu Ac} \quad (14)$$

Dengan mengambil parameter toroid l diperoleh persamaan relukans sebagai berikut :

$$\mathfrak{R} = \frac{9.4}{4\pi \cdot 10^{-4} \cdot 0.07 \cdot 10^{-4}} = 10.69 \cdot 10^6 \text{ AT/Wb}$$

Setelah diperoleh nilai reluktansi, maka penulis dapat memperoleh nilai permeans sebagai pendekatan nilai kapasitor dari rangkaian listrik. Persamaan untuk menentukan nilai permeans yaitu dengan menggunakan persamaan (14) sehingga diperoleh persamaan (15)



$$\phi = \frac{1}{\mathcal{R}} \quad (15)$$

$$\phi = \frac{1}{10.69.10^6} = 93.5.10^{-9} \text{ Henry}$$

Besar nilai permeans dapat ditulis dengan memperhitungkan bahan dan celah udara untuk toroid tanpa celah udara maka ditabelkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Permeans dari Inti Toroid tanpa Celah Udara

$l_c$ (cm)	$A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$\mu$ (H/m)	$\mathcal{R}_c$ (AT/Wb)	$\phi_c$ (H)
9,4	0,07	$4\pi.10^{-4}$	$10,69.10^6$	$93,5.10^{-9}$
8,8	0,385	$4\pi.10^{-4}$	$1,82.10^6$	$550.10^{-9}$
7,85	0,196	$4\pi.10^{-4}$	$3,18.10^6$	$315.10^{-9}$
5	0,126	$4\pi.10^{-4}$	$3,16.10^6$	$316.10^{-9}$

Untuk melihat berapa besar pengaruh celah udara yang paling efektif untuk jenis inti toroid I, maka dicoba memberi dua celah (lihat gambar 2) udara lihat dengan beberapa alternative lihat tabel 2.

**Tabel 2** Nilai Permeans dari Inti Toroid I dengan 2 Celah Udara

G (mm)	$l_c$ (cm)	$A_c = A_g$ (cm <sup>2</sup> )	$\mathcal{R}_{c1} = \mathcal{R}_{c2}$ (AT/Wb) $10^6$	$\phi_{c1} = \phi_{c2}$ (H) $10^6$	$\mathcal{R}_{g1} = \mathcal{R}_{g2}$ (AT/Wb) $10^6$	$\phi_{g1} = \phi_{g2}$ (H) $10^{-9}$
0,2	4,68	0,07	5,325.	188.	22.	45,5.
0,4	4,66	0,07	5,3.	188,6	45.	22.
0,6	4,64	0,07	5,28.	189,4.	68.	14,7.
0,8	4,62	0,07	5,25.	190,6.	91.	11.
1	4,6	0,07	5,23.	191,2.	113.	8,8.
1,2	4,58	0,07	5,2.	192,3.	136.	7,3.
1,4	4,56	0,07	5,19.	192,6.	159.	6,3.
1,6	4,54	0,07	5,16.	193,7.	181.	5,5.

Perhitungan celah udara 0,02 mm sebagai berikut:

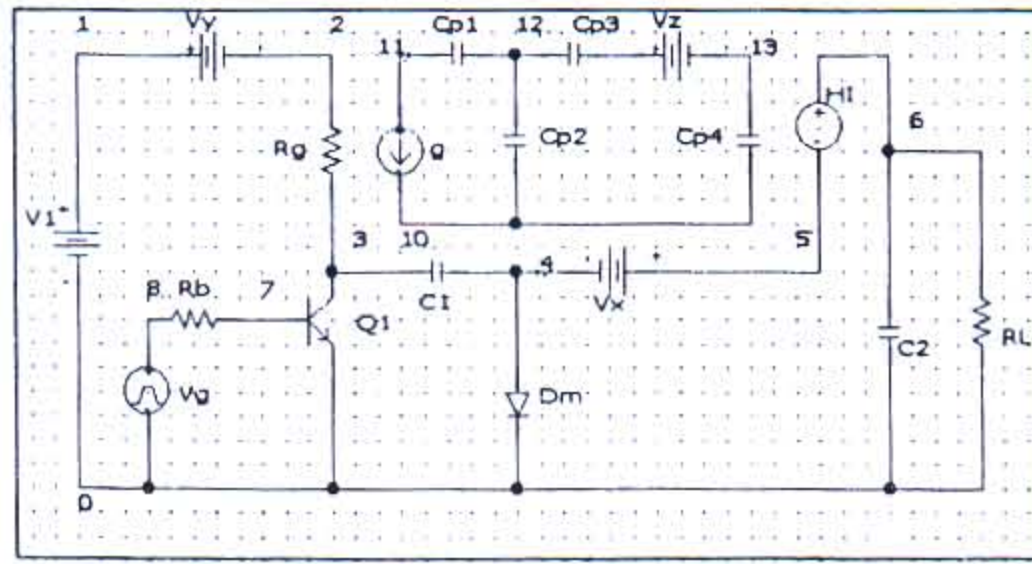
$$\mathcal{R}_g = \frac{g}{\mu A g} \quad (16)$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{0.02.10^{-2}}{4\pi.10^{-7}.0.07.10^{-4}} = 22.10^6 \text{ AT/Wb}$$

### Konverter dan Model Trafo

Inti toroid dengan dua becelah udara memperkuat induktans yang ada pada converter, kemudian inti toroid diperhitungkan nilai kapasitans seperti persamaan 14,15 dan 16.





**Gambar 3.** Konverter Cuk Slobodan dengan model inti toroid bercelah udara dua.

Arus pada kapasitor 1 sebagai berikut persamaan 17 :

$$I_R = \left[ \frac{gH}{(C_{p2} + C_{p3})RC_2} \right] \left[ \frac{1}{(s + \frac{1}{R_G C_1})(s + \frac{1}{RC_2})} \right] V_S - \left[ \frac{1}{RR_G C_1 C_2} \right] \left[ \frac{RC_1 s^2 + \frac{C_1}{C_2} s}{(s + \frac{1}{RC_2})Z} \right] V_S \quad (17)$$

Arus pada keluaran pada beban

$$I_X = \frac{V_{34}}{\left[ \frac{R}{sC_2} \right] + \left[ \frac{1}{sC_1} \right]} = \frac{V_{C1}}{\left[ \frac{R \frac{C_1}{C_2} + R + \frac{1}{sC_2}}{sC_1 (R + \frac{1}{sC_2})} \right]}$$

$$I_X = \frac{[(RC_1 s + \frac{C_1}{C_2})V_{C1}]}{\left[ R \frac{C_1}{C_2} + R + \frac{1}{sC_2} \right]} = \frac{[(RC_1 s + \frac{C_1}{C_2})s]}{\left[ (R \frac{C_1}{C_2} + R)s + \frac{1}{C_2} \right]} V_{C1}$$

$$I_X = \left[ \frac{1}{R_G C_1} \right] \cdot \left[ \frac{[RC_1 s^2 + \frac{C_1}{C_2} s]}{\left[ (R \frac{C_2}{C_2} + R)s + \frac{1}{C_2} \right] \left[ s + \frac{1}{R_G C_1} \right]} \right] V_S \quad (18)$$

Maka tegangan beban adalah :  $V_L = -R \cdot I$

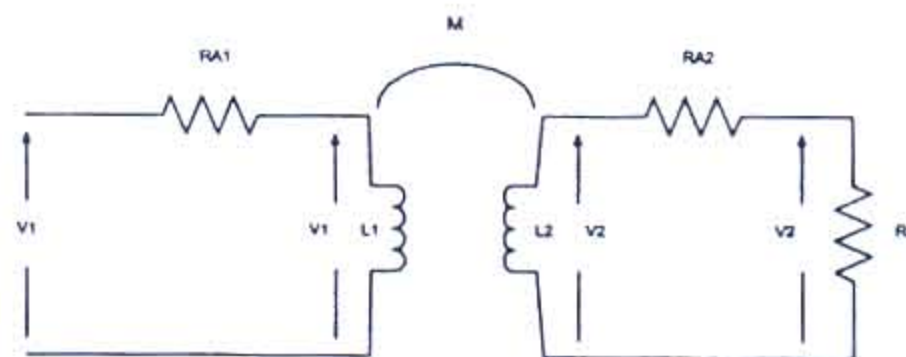
Kumparan

$$V_L = \left[ \frac{-gH}{C_2} \right] \cdot \left[ \frac{V_S}{s + \frac{1}{RC_2}} \right] \cdot \left[ \frac{\frac{1}{C_{p2} + C_{p3}}}{s + \frac{1}{R_G C_1}} \right] \cdot \frac{1}{s} \quad (19)$$

Transformator Frekuensi tinggi merupakan transformator yang disusun dari kumparan yang dipuntir dan prinsip kerjanya didasarkan pada skin efek dari arus yang dibawa oleh konduktor. Lihat gambar 1. yang dilengkapi flux magnetik yang dibawa konduktor, batang konduktor dipuntir



**Gambar 4.** Skema kumparan yang dipuntir



**Gambar 5.** Rangkaian Ekuivalen Transformator Frekuensi Tinggi

### Rangkaian Ekuivalen Sederhana Transformator Frekuensi tinggi

Model kopel induktansi digunakan untuk memperoleh rangkaian ekuivalen dari transformator frekuensi tinggi. Rangkaian ekuivalen diperlihatkan pada gambar 5.



Diperlukan persamaan untuk  $R_{A1}, R_{A2}, L_1, L_2$  dan  $M$  diperoleh dari :

$$C = |V_2/V_1| = (R_L M \omega) / \sqrt{L_1 L_2 \omega^2 - M^2 \omega^2 - R_{A1}(R_L + R_{A2})^2 + \sqrt{[L_1 \omega(R_L + R_{A2}) + R_{A1} L_2 \omega]^2}}$$

Resistansi DC  $R_{D1}$  dari kumparan primer di berikan oleh :

$$R_{D1} = \rho l_1 / (\pi r^2) \quad (20)$$

Dimana  $\rho, l_1$  dan  $r$  adalah resistifitas, panjang dan radius dari kumparan primer . Tanpa  $I_0$  sebagai kenol dari fjenis pertama dari fungsi besseel , Resistansi AC  $R_{A1}$  dan kebocoran internal induktansi  $L_i$  (lihat persamaan 21) tergantung dari resistansi DC  $R_{D1}$  :

$$(L_i / R_{\theta A1})(R_{\theta 1} + j\omega L_{i1}) = K_1 r / 2 [ I_0 (k_1 r) / I_0'(K_1 r) ] \quad (21)$$

Dimana :

$$\omega = 2 \pi f,$$

$f$  = frekuensi,

$\mu_0$  = permeabilitas udara

Resistansi AC Primer  $R_{A1}$  dan kebocoran internal induktansi primer  $L_{i1}$  didefinisikan sebagai persamaan 22 :

$$k_1 < 1$$

$$R_{A1} \approx R_{D1} [1 + (1/3)k_1^4]$$

$$L_{i1} \approx (\mu_0 l_1 / 2) [1 - (1/6)k_1^3]$$

$$k_1 \geq 1$$

$$R_{A1} \approx R_{D1} [(1/4) + k_1 + (1/64)(1/k_1^3)]$$

$$L_{i1} \approx (\mu_0 l_1 / 2) [(1/k_1) - (1/64)(1/k_1^3)] \quad (22)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{L_1 L_2 \omega^2 - M^2 \omega^2 - R_{A1}(R_L + R_{A2})}{[L_1 \omega(R_L + R_{A2}) + R_{A1} L_2 \omega]} \right\} - \tan^{-1} [(R_{A2} - R_L) / L_2 \omega]$$

Pada tahanan equivalent 2  $R_{\theta 2}$  dan rugi rugi kebocoran induktansi sekunder  $L_{i2}$  dapat diperoleh dengan cara yang sama dengan sisi primer.

Pada frekuensi tinggi, arus pada konduktor dapat diperhitungkan dalam distribusi yang simetris dengan memperhitungkan pengaruh skin effect.

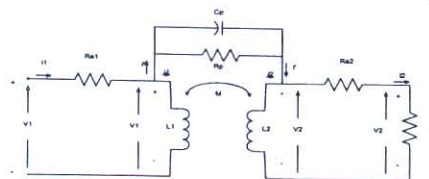
Pada kondisi ini diasumsikan, induktansi bersama  $M$ , induktansi sendiri primer  $L_1$  dan induktansi sendiri sekunder  $L_2$  diberikan oleh : Dimana:  $l_{10}, l_{20}, l_2$  dan  $r_2$  adalah panjang efektif dari kumparan primer, panjang efektif dari kumparan sekunder, panjang kumparan sekunder dan radius dari kumparan sekunder.

Persamaan tersebut digunakan untuk rasio transformator ( $c$ ) dan efisiensi ( $\eta$ ) pada persamaan 23 sebagai berikut :

$$\eta = (R_L M^2 \omega^2) / \sqrt{[L_1 L_2 \omega^2 - M^2 \omega^2 - R_{A1}(R_L + R_{A2})]^2 + \sqrt{[L_1 \omega(R_L + R_{A2}) + R_{A1} L_2 \omega]^2 [(L_2 \omega)^2 + (R_L + R_{A2})^2]}} \cos \phi \quad (23)$$

### Modifikasi Rangkaian Ekuivalen Transformator Frekuensi Tinggi

Pemodelan ini dimulai dari belitan konduktor yang diperhitungkan harga resistansinya. Pemodelan rangkaian ekuivalen baru dengan kapasitansi inti ( $C_p$ ) dengan tahanan baru ( $R_p$ ) ditunjukkan pada gambar 26



Gambar 6. Modifikasi rangkaian ekuivalen dari transformator frekuensi tinggi.



dimana  $R_p$  dapat dihitung dari

$$R_p = 1 / ( 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \delta ) \quad (25)$$

Tangen kerugian  $\tan \delta$  dapat dipengaruhi oleh frekuensi untuk dielektrik dari belitan transformator.

Ratio trafo yang dimodifikasikan diperhitungkan sebagai berikut :

$$l_{1\theta} \leq l_{2\theta}$$

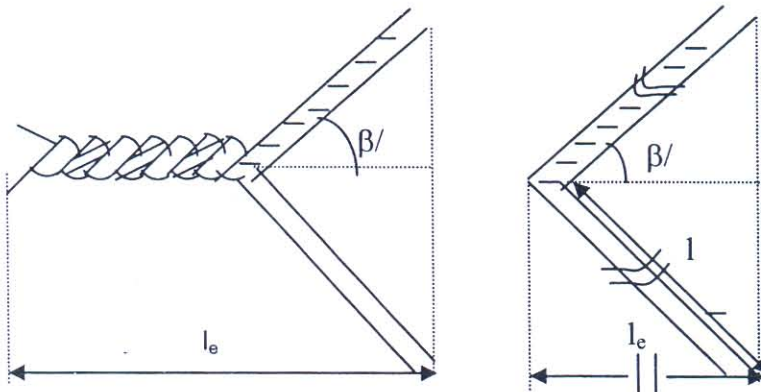
$$M = (\mu_\theta / 2\pi) l_{2\theta} \{ \log[2l_{1\theta} / (r_1 + r_2)] - 1 \}$$

$$l_{1\theta} > l_{2\theta}$$

$$M = (\mu_\theta / 2\pi) l_{1\theta} \{ \log[2l_{2\theta} / (r_1 + r_2)] - 1 \}$$

$$L_1 = L_{r1} + (\mu_\theta / 2\pi) l_1 \{ \log[2l_1 / r_1] \}$$

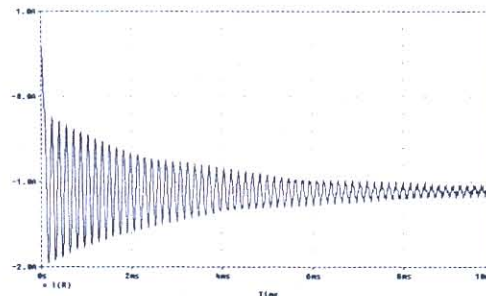
$$L_2 = L_{r2} + (\mu_\theta / 2\pi) l_2 \{ \log[2l_2 / r_2] - 1 \}$$



Gambar 7. a. Dua konduktor di streded  
b. Sudut puntir.

### Analisa transformator frekuensi tinggi

Cuk converter Slobodan sesudah dimodifikasi seperti pada gambar 3. pada mulanya hanya terdiri dari beberapa komponent. Dimana salah satu komponennya berupa sebuah induktans murni, induktans ini dipilih sebesar  $3 \mu\text{H}$ , kemudian digantikan dengan inti toroid tanpa celah udara dimana diberi lilitan kalau diperhitungkan akan menghasilkan  $3 \mu\text{H}$ , untuk  $r_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ , berupa satu konduktor, intinya ferrit maka diperoleh arus beban sebagai berikut :  
waktu mantapnya 11,083 ms,

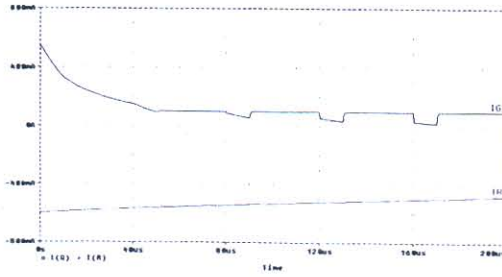


Gambar 8. Grafik Arus Beban  $I_R$  terhadap Waktu Untuk  $L = 3 \mu\text{H}$ .

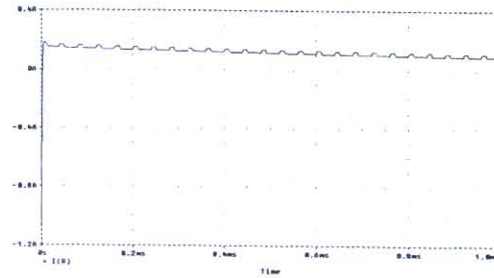
Gambar 8. pada kondisi Konverter Cuk Slobodan sebelum di modifikasi diberi beban tahanan 5 ohm maka nampak kondisi mantap diperoleh pada waktu 11,083 ms. Meskipun seharusnya kurva arus keluaran dc. Hal ini disebabkan switching Type 2N6546, frekuensi 2 KHz. memiliki ripel, begitu juga sifat dari komponent induktans dimana sumber tegangan yang tidak dapat berubah sesaat. Begitu juga dengan komponent kapasitansnya. Sehingga keluarannya memiliki ripel.

Setelah itu induktans diganti dengan inti toroid tanpa celah udara sehingga diperoleh gambar sebagai berikut :





**Gambar 9.** Grafik pembebanan dengan tahanan grafik atas arus keluaran (beban), sedang yang bawah adalah grafik inti trafo toroid tanpa celah

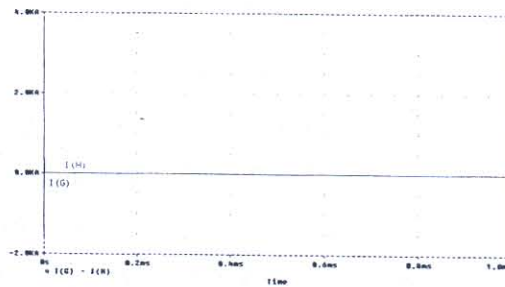


**Gambar 10.** Kurva karakteristik setelah inti toroid diberi dua celah

Gambar 9. menunjukkan setelah induktans diganti dengan inti toroid tanpa celah udara frekuensi kerja berubah dari 2 kHz menjadi 25 KHZ. Dari grafik tampak perubahan arus beban menjadi lebih baik dari kondisi gambar 8.

Dari gambar 10 nampak kurva pembeban tidak ada penundaan, meskipun nampak masih terdapat ripel, pada kondisi ini frekuensi sudah berubah menjadi 30 Mghz.

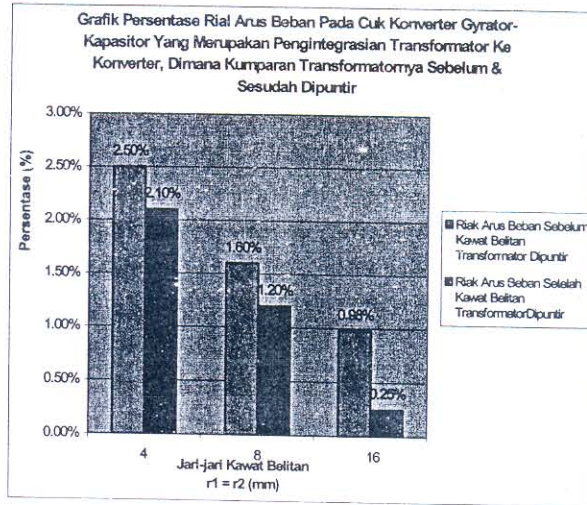
Kemudian satu konduktor diganti dengan dua konduktor dengan mempertahankan besar nilai induktans nya  $L = 3 \mu\text{H}$ . Dan diberi sudut puntir 50 derajat sehingga diperoleh gambar sebagai berikut :



**Gambar 11.** grafik arus beban setelah satu konduktor dirubah menjadi dua konduktor. Dan diberi sudut puntir 50 derajat

Dari gambar 12. inti toroid diberi dua celah udara, satu konduktor dirubah menjadi dua dan dipuntir dengan sudut 50 derajat. Kelihatan arus beban menjadi dc dengan frekuensi 3 GHZ.





Grafik Arus Beban  $I_B$  Terhadap Waktu untuk  $\Delta I = \frac{(166,136 - 165,714) \cdot 10^{-3}}{166,136 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 0,25\%$