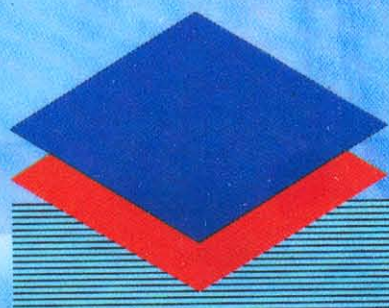


Volume I . No. 1 Juni 2005.

ISSN. 0216 - 9681.



Prosiding KOPWIL IV



ISSN 0216-9681



9 770216 968104

Diterbitkan oleh :

Kopertis Wilayah IV Jawa Barat dan Banten

Jl. P.H.H. Mustofa No. 38 Bandung-40124

<http://www.kopertis4.or.id>

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR DARI KETUA PANITIA.....	i
KATA SAMBUTAN DARI KOORDINASI KOPERTIS WILAYAH IV.....	ii
KATA SAMBUTAN KOMSI PENGARAH	iii
BIDANG A	
<i>Enterprise Modelling Menggunakan IDEF() untuk Perancangan CIM System</i>	1
Syaiful, Program Studi Teknik Industri, Universitas ARS Internasional	
<i>Implementasi PERA dalam memperbaiki proses bisnis (Studi Kasus PT XYZ Printed)</i>	9
Syaiful, Program Studi Teknik Industri, Universitas ARS Internasional	
<i>Analisis Kekuatan, Kekakuan, dan Stabilitas Pada Menara Kaki Segitiga</i>	17
Nefli Yusuf dan Indra Nurhadi, Jurusan Teknik Mesin, STT Mandala	
<i>Analisis Konsumsi-Energi Selama Proses Pengolahan The Hijau</i>	22
<i>(Anlysis of Energy Consumption During Green Tea Manufacturing Process)</i> Dadan Rohdiana dan Tantan Widianara, Jurusan Teknologi Pangan, FT Unpas	
<i>Sistem Konverter Step-Down DC-DC Dengan Penerapan Teknik Sequensial Operasi Dua Saklar Semikonduktor</i>	26
Yakob Liklikwatil, Jurusan Teknik Elektro, STT Mandala	
<i>Rancangan Model Pengukuran Kinerja PTS Ditinjau dari Perspektif Pelanggan: Studi Kasus PTS di Bandung</i>	32
Yani Iriani, Jurusan Teknik Industri, Universitas Widyatama	
<i>Analisa Proses Perpindahan Kalor dan Massa Pada Counter-flow Cooling Tower</i>	39
Deden Muhammad F S, Fakultas Teknik Fisika, Universitas Widyatama	
<i>Kajian Kelayakan Operasi-Rancangan Angkutan Bus Untuk Transportasi Umum Di Indonesia</i>	49
Nefli Yusuf, Jurusan Teknik Mesin, STT Mandala	
BIDANG B	
<i>Pengaruh Nilai Ekonomis Teknis Terhadap Penurunan Tegangan 220 Volt Pelanggan Listrik</i>	54
Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT dan Ir. M. Haddin, MT, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, UNISSULA	
<i>Konsep Manajemen Resource Radio Pada Jaringan Ad-Hoc WLAN Untuk Jaringan 4-G</i>	61
Sony Sumaryo	
<i>Simulasi Pengaruh Perpanjangan Kawat Tembaga Dibawah Saluran Kabel Tanah Terhadap Arus Gangguan Tanah</i>	65
Fachrudin dan Dian Hari Manggala, Fakultas Teknik Jurusan Elektro, Universitas Widyagama	
<i>Pemakaian Metode EAC Untuk Stabilitas Sistem Multi Mesin</i>	72
Sabar Setiawidayat, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Widyagama	
<i>Menuju Era Satu Chip Integrasi Magnet Permanen</i>	79
Herawati Yusuf, Tenaga Edukatip Kopertis Wil IV dpk Universitas Kristen Maranatha	

<i>Analisis Unjuk Kerja Sistem Wireless ATM CDMA</i>	86
Ir. Agus Ganda Permana, MT,	
<i>Analisis Interoperability dan Performansi ATM based on Softswitch Menggunakan. Credit-Based Flow Control Scheme</i>	94
Erick Krisnihadi, Dr. Rendy Munady, Hafidudin Ir, MT dan Agus Ganda Permana, MT Jurusan Teknik Elektro, STT Telkom	
<i>Rencana Penerapan Metode Pembelajaran Riset Untuk Teknik Gelombang Mikro Di STT Telkom</i>	102
Soetamso	
<i>Penggunaan Campuran Asam Sulfat dan Asam Oksalat Pada Proses Anodisasi untuk Aluminium Seri 1100</i>	110
Dadang Mulyadi dan Grace Angelina Mambu, PPET, LIPI	
<i>Penghematan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Thermal</i>	119
Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT, Jurusan Teknik Elektro, UNISSULA	
<i>Perancangan Sistem Pengukuran Derajat Sosoh Beras Berbasis Fuzzy</i>	127
Ase Suryana S.Si., MT dan Deden Muhammad F S, ST., M.T, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama	
<i>Unjuk Kerja Inti Toroid Berbahan Ferrit Dengan Beban RL dan C</i>	136
Herawaty YS, Tenaga Edukatif Kopertis Wil IV dpk Univ. Kristen Maranatha	
BIDANG C	
<i>Teknologi Penginderaan Jauh Dalam Perspektif Pembangunan Bandung Metropolitan</i>	151
Ketut Wikantika, ReSGIS, Prog. Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB	
<i>Kajian Pembebanan Lalu Lintas Dengan Pola Batas Kapasitas</i>	158
Ir. Aji Suraji, MSc, Teknik Sipil Universitas Widyagama	
<i>Pemodelan Waktu Perjalanan (Studi Kasus pada Jalan Arteri Primer Gempol-Malang)</i>	164
Aji Suraji dan Henry Siswanto, Teknik Sipil Univ. Widyagama Malang dan Universitas Negeri Malang	
<i>Tinjauan Persoalan Mikrobiologi Pada Rekayasa Infrastuktur</i>	169
Ir. R. Didin Kusdian, MT.	
<i>Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Peruntukkan Pada Pembangunan Proyek Perumahan</i>	175
Tia Sugiri, Dosen Kopertis Wil. IV Jurusa. Teknik Sipil STT Mandala Bandung	
<i>Teknologi Resapan Buatan Menggunakan Bekas Sumur Bor Air Tanah</i>	183
<i>Studi Kasus Kota Semarang</i> Wawan Herawan dan Heni Rengganis, Pst Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Badan Penelitian dan Pengembangan , Dept. Pekerjaan Umum	
<i>Aproksimasi Shape Pada Pencarian Obyek Tiga Dimensi Dengan Teknik Similarity</i>	191
Mochammad Zulianyah, ARS International University	
<i>Route Search With Bactracked Hill-Climbing For Traffic Navigation System</i>	199
Mochammad Zulianyah, ARS International University	

UNJUK KERJA INTI TOROID BERBAHAN FERRIT DENGAN BEBAN RL DAN C

OLEH
HERAWATI YS

Tenaga edukatip Kopertis WIL IV dpk Univ Kristen Maranatha Bandung.

Ferrit, celah udara, beban RL dan C

ABSTRAK - Sumber arus searah bila dibebani tahanan murni maka arus dan tegangan keluarannya pasti tetap konstan, berbeda halnya bila dibebani tahanan R dan kapasitans C maka arus keluarannya menjadi tidak murni lagi atau mempunyai riak, bila dibebani tahanan R dan induktans L, maka arus keluarannya akan terjadi ripel arus, apalagi diberi beban tahanan induktans dan kapasitans RL dan C sekalian maka ripel arusnya semakin besar.

Inti toroid biasanya dipakai pada sistem yang mempunyai frekuensi tinggi diantaranya pada sistem komunikasi, atau pada sistem audio. Pada inti toroid akan diperoleh kualitas yang sangat tinggi tanpa ada energi yang dibuang, inti toroid yang ditinjau terbuat dari bahan ferrit, karena ada dipasaran untuk penelitian ini yang terbaik hanya bahan ferrit. Inti toroid yang dipilih, ada empat model inti toroid.

Dengan memberikan celah udara pada inti toroid dengan besar celah udara disesuaikan dengan kebutuhan, dan inti toroid diberi sumber DC, untuk pengujian inti toroid ini harus diintegrasikan lewat Cuk converter, yang tentunya disimulasikan lewat perangkat lunak PSIM VAL .7.1.

Cuk konverter ini merupakan Buck dan Boost Chopper [1].

Inti toroid dimodifikasi sehingga dapat dilihat unjuk kerja dari modifikasi celah udara, kumparan ganjil, kumparan genap, sehingga dapat diperhitungkan parameter baru, yang merupakan bagian dari rugi- pugi daya, sehingga diperoleh hasil yang maksimum hampir mendekati nilai seratus persen meskipun bebannya RL dan C.

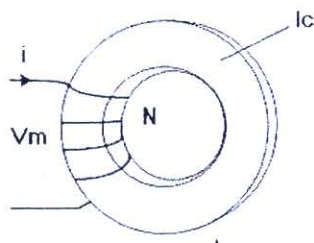
Inti toroid

Berdasarkan tabel yang diperoleh dari pabrik ferrit mempunyai permeabilitas 1000, ferrit yang peneliti ambil berbentuk toroid, berdasarkan pengalaman penulis, ada suatu keajaiban dari inti toroid ini, diantaranya energi yang dibangkitkan dalam bahan ini mampu membangkitkan energi yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan inti yang lain, dan yang paling penting adalah akan sesuai dengan kebutuhan misalnya dibutuhkan frekuensi sebagai berikut :

1. frekuensi daya, 50 - 60 Hz
2. frekuensi pendengaran, 50 Hz - 20 KHz
3. frekuensi radio, diatas 30 KHz

Inti toroid diperlihatkan pada gambar 1

dibawah ini :



Gambar 1. Inti toroid tanpa Celah Udara

Teori dasar

Pada gambar 1. merupakan inti toroid tanpa celah udara dan diberi satu kumparan, bahan magnet permanent 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.

$$k_1 = a \sqrt{\omega \mu_0 \pi / 2 \rho} \quad (1)$$

Dari persamaan kopling diatas persamaan (1), dipergunakan untuk menentukan induktans sendiri pada persamaan (3) ataupun mutual induktans (4) akibat dari bahan magnet permanent, 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)

$$L_1 = L_{i1} + (\mu_0 / 2\pi) l_1 (\log [2 l_1 / a] - 1) \quad (3)$$

Besarnya induktansi bersama M dihitung dengan persamaan (4)

$$M = (\mu_0 / 2\pi) l_2 \epsilon \{ \log [2 l_1 \epsilon / (a + b)] - 1 \} \quad (4)$$

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

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

Dengan memperhitungkan nilai induktansi 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. Celah sebagai memperbesar atau memperkecil magnetomotansi yang dibutuhkan.

$$N^2 = \frac{2\pi\mu\alpha xL}{\mu\alpha Ac} \quad (6)$$

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 ΔB merupakan selisih antara kerapatan fluks maksimum dengan kerapatan fluks minimum seperti pada persamaan (7):

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

Kerapatan fluks maksimum B_B dari persamaan (8)

$$B_B = B_R + \frac{\mu r \mu_0 N P_O}{IV_O} + \frac{\Delta B}{2} \quad (8)$$

Kerapatan fluks residual diperoleh dengan menggunakan persamaan (9)

$$B_R = B_B - \frac{\mu r \mu_0 N P_O}{IV_O} - \frac{\Delta B}{2} \quad (9)$$

Kerapatan fluks minimum B_A diperoleh dengan menggunakan persamaan (10)

$$B_A = B_R + \frac{\mu r \mu_0 N P_O}{IV_O} - \frac{\Delta B}{2} \quad (10)$$

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

$$I_{x,rms} = \frac{P_O}{V_O} \sqrt{1 + \frac{1}{12} \left[\frac{IV_O(V_1 - V_Q - V_O)(V_O + V_D)T_s}{\mu r \mu_0 AN^2 P_O (V_1 - V_Q + V_D)} \right]^2} \quad (11)$$

Arus reaktansi puncak dihitung dengan menggunakan persamaan

$$I_{x_B} = \frac{I(B_B - B_R)}{\mu r \mu_0 N} \quad (12)$$

Dan arus reaktans minimum dihitung dengan menggunakan persamaan (13)

$$I_{x_A} = \frac{I(B_A - B_R)}{\mu r \mu_0 N} \quad (13)$$

Inti toroid ini harus diintegrasikan kerangkaian listrik Cuk converter [1], sehingga parameter yang diperoleh pasti mempengaruhi tegangan keluaran V_O tegangan pada transistor V_Q , dan tegangan pada saat penyalaan dan pemadaman transistor, yang tentunya berubah terhadap pola pembebanan. Saat transistor Q konduksi atau kondisi t_{ON} dihitung dengan menggunakan persamaan (14)

$$ton = \frac{V_O + V_D}{V_1 - V_Q + V_D} T_s \quad (14)$$

Sedangkan pada saat transistor padam $toff1$ diperoleh dengan menggunakan persamaan (15)

$$toff1 = \frac{V_1 - V_Q - V_O}{V_1 - V_Q + V_D} T_s \quad (15)$$

Pola penyalaan dan pemadaman transistor diperhitungkan berdasarkan rangkaian magnet yang dibuat. Dari pola penyalaan dan pemadaman ini dapat diperhitungkan arus reaktans maksimum dan minimum, sehingga dapat diperhitungkan berapa rugi-rugi daya pada saat penyalaan dan pemadaman seperti pada persamaan

Rugi - rugi daya total switching diperoleh dengan menggunakan persamaan (16)

$$P_Q = P_{sw_n} + P_{sw_f} + P_{sat} \quad (16)$$

Rugi - rugi saat t_{ON} dihitung dengan persamaan (17)

$$P_{sw_n} = \frac{I_{x_A}(V_{qn} + 2V_Q)t_{swn}}{6T_s} \quad (17)$$

Rugi - rugi saat transistor t_{OFF} pada persamaan (18) :

$$P_{sw_f} = \frac{I_{x_B}(V_{qn} + 2V_Q)t_{swn}}{6T_s} \quad (18)$$

Rugi - rugi saturasi diperoleh dengan persamaan (19)

$$P_{sat} = \frac{V_Q(I_{x_B} + I_{x_A})ton}{2T_s} \quad (19)$$

Rugi - rugi total magnetik P_x diperoleh dengan persamaan (20) dengan resistansi belitan diperoleh dengan persamaan (21)

$$P_x = \frac{1}{2} \alpha A l (\Delta B)^n \left[\left(\frac{1}{2T_{on}} \right)^n \frac{ton}{T_s} + \left(\frac{1}{2toff1} \right)^n \frac{toff1}{T_s} \right] + (I_{x,rms})^2 R_w \quad (20)$$

$$R_w = \frac{\rho l w N^2}{k w A w} \quad (21)$$

Dari rangkaian magnet diperhitungkan parameter impedans riil dan imajiner seperti pada persamaan (22) dan (23)

$$\text{Real}_2 = (1 + R_{A2}/R_p - R_L/(R_{A2} + R_L)/R_p - (R_{A2}\omega C_p - L_1 R_{A2}/B) \cdot (C_p\omega - L_2/B) + (M^2/B^2 + C_p^2\omega^2 - 1/R_p^2 - 2\omega M C_p/B)R_{A2} \quad (22)$$

$$\text{Im}_2 = [(1 + R_{A2}/R_p - R_L/(R_{A2} + R_L))(C_p\omega - L_2/B) + [(R_{A2}\omega C_p - L_2 R_{A2}/B)/R_p] + (2M/R_p B - 2C_p\omega/R_p)R_A \quad (23)$$

Rugi - rugi dalam kapasitor output diperoleh dengan persamaan (24)

$$P_c = (I_{c,rms})^2 r_c \quad (24)$$

Dengan menggunakan (22) (23) maka dapat diperoleh efisiensi (η) (25) transformator frekuensi tinggi dengan kopling R dan C.

$$\eta = \frac{[(R_{A2}/R_p)^2 + R^2_{A2}(\omega C_p - M/B)^2]}{R_L \sqrt{(R_{e1} a_1)^2 + (\text{Im}_1)^2} \cdot \sqrt{(R_{e2} a_2)^2 + (\text{Im}_2)^2} \cdot (1 + R_{A2}/R_p) \cos^2(\angle V_1 \& I_1)} \quad (25)$$

Perhitungan reluktas dan permeans untuk type I,II,III dan IV Inti toroid

Inti toroid yang dipilih berdasarkan inti toroid yang ada dipasaran Bandung. :

- Toroid I panjang lintasan(l_c) = 9,4 cm, luas penampang inti (A_c) = 0,07cm²
- Toroid II panjang lintasan(l_c) = 8,8 cm, luas penampang inti (A_c) = 0,385cm²
- Toroid III panjang lintasan(l_c) = 7,85 cm, luas penampang inti (A_c) = 0,196cm²
- Toroid IV panjang lintasan(l_c) = 5 cm luas, penampang inti (A_c) = 0,126cm²

Perhitungan punjuk kerja inti toroid

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]

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A c}$$

Dengan mengambil parameter toroid I diperoleh persamaan reluktans 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 [1].

$$\wp = \frac{1}{\mathfrak{R}}$$

$$\wp = \frac{1}{10.69 \cdot 10^6} = 93.5 \cdot 10^{-9} \text{ Henry}$$

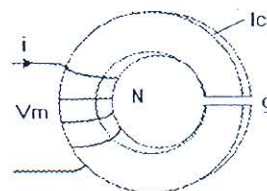
Dengan memperhitungkan semua jenis toroid I,II,III dan IV maka ditabelkan pada tabel 1.

Tabel 1

Nilai Permeans dari Inti Toroid tanpa Celah Udara

l_c (cm)	A_c (cm ²)	μ (H/m)	\mathfrak{R}_c (AT/Wb)	\wp_c (H)
9,4	0,07	$4\pi \cdot 10^{-4}$	$10,69 \cdot 10^6$	$93,5 \cdot 10^{-9}$
8,8	0,385	$4\pi \cdot 10^{-4}$	$1,82 \cdot 10^6$	$550 \cdot 10^{-9}$
7,8	0,196	$4\pi \cdot 10^{-4}$	$3,18 \cdot 10^6$	$315 \cdot 10^{-9}$
5	0,126	$4\pi \cdot 10^{-4}$	$3,16 \cdot 10^6$	$316 \cdot 10^{-9}$

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



Gambar2. Inti toroid dengan satu celah udara

Perhitungan celah udara 0,02 mm sebagai berikut:

$$\mathfrak{R}_g = \frac{g}{\mu A g}$$

$$\mathfrak{R}_g = \frac{0.02 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0.07 \cdot 10^{-4}} = 22 \cdot 10^6 \text{ AT/Wb}$$

Dari semua perhitungan dimasukkan pada tabel 2.

Tabel2

Nilai Permeans dari Inti Toroid I dengan 1 Celah Udara

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	\mathfrak{R}_c (AT/Wb)	\wp_c (H)	\mathfrak{R}_g (AT/Wb)	\wp_g (H)
0,2	9,38	0,07	$10,67 \cdot 10^6$	$93,7 \cdot 10^{-9}$	$22 \cdot 10^6$	$45,5 \cdot 10^{-9}$
0,4	9,36	0,07	$10,65 \cdot 10^6$	$93,9 \cdot 10^{-9}$	$45 \cdot 10^6$	$22 \cdot 10^{-9}$
0,6	9,34	0,07	$10,62 \cdot 10^6$	$94,1 \cdot 10^{-9}$	$68 \cdot 10^6$	$14,7 \cdot 10^{-9}$
0,8	9,32	0,07	$10,6 \cdot 10^6$	$94,3 \cdot 10^{-9}$	$91 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^{-9}$
1	9,3	0,07	$10,58 \cdot 10^6$	$94,5 \cdot 10^{-9}$	$113 \cdot 10^6$	$8,8 \cdot 10^{-9}$
1,2	9,28	0,07	$10,56 \cdot 10^6$	$94,7 \cdot 10^{-9}$	$136 \cdot 10^6$	$7,3 \cdot 10^{-9}$

1,4	9,26	0,07	10,53.10 ⁶	95.10 ⁻⁹	159.10 ⁶	6,3.10 ⁻⁹	4						
1,6	9,24	0,07	10,5.10 ⁶	95,3.10 ⁻⁹	181.10 ⁶	5,5.10 ⁻⁹	1,	4,54	0,07	5,16.	193,7.	181.	5,5.
							6						

Bila para meter tabel I dan II dipergunakan untuk menghitung Kopling elektromagnetik, dan parameter yang lain dengan menggunakan persamaan 1 sampai 25. Dari parameter ini pula dimasukkan dalam simulasi PSIM Val 7.1.

Kemudian dengan data toroid I,II,II dan IV diperhitungkan induktans dari bahan magnet permanent , Dari hasil perhitungan diperoleh nilai L = 2.65 μH, maka jumlah belitan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) :

$$L = \frac{N^2 \mu_o A_c}{2\pi r_o} \quad (3)$$

Kemudian hitung selisih kerapatan fluks diperoleh dengan menggunakan persamaan (7),(9), (10) diperoleh, kerapatan fluk bersih, kerapatan fluks maksimum, dan minimum sebagai berikut :

$$\Delta B = \frac{2310 \times 10^{-6}}{1.26 \times 10^{-5} (46)(21.5)} = 0.185 \text{ T}$$

Kerapatan fluks residual diperoleh dengan menggunakan persamaan (9)

$$B_R = B_B - \frac{\mu_r \mu_o N P_o}{I V_o} \frac{\Delta B}{2}$$

$$B_R = 11.56 - 11.56 - 0.0925 = - 0.0925 \text{ T}$$

Kerapatan fluks minimum B_A diperoleh dengan menggunakan persamaan (10)

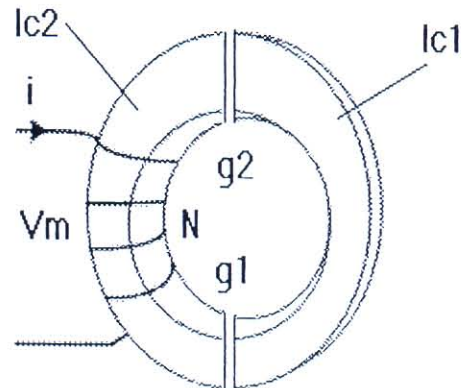
$$B_A = B_R + \frac{\mu_r \mu_o N P_o}{I V_o} \frac{\Delta B}{2}$$

Pada tabel 3 diperhitungkan bila celah udara diberi dua buah (lihat gambar 3) sehingga hasilnya sebagai berikut tabel 3 :

Tabel 3

Nilai Permeans dari Inti Toroid I dengan 2 Celah Udara

G (m)	l _c (cm)	A _c = A _g (cm ²)	R _{c1} = R _{c2} (AT/Wb) 10 ⁶	φ _{c1} = φ _{c2} (H) 10 ⁶	R _{g1} = R _{g2} (AT/Wb) 10 ⁶	φ _{g1} = φ _{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.



Gambar 3. Inti Toroid dengan 2 Celah Udara

Pada gambar 3. diberi dua celah udara dan satu kumparan ini diperhitungkan pada toroid II,III,IV degan tabel sebagai berikut :

Tabel 4

Nilai Permeans dari Inti Toroid II dengan 1 Celah Udara

G (mm)	l _c (cm)	A _c = A _g (cm ²)	R _c (AT/Wb) 10 ⁶	φ _c (H) 10 ⁻⁹	R _g (AT/Wb) 10 ⁶	φ _g (H) 10 ⁻⁹
0,2	8,77	0,385	1,81.	552,4.	4,13.	242.
0,4	8,75	0,385	1,809.	552,8.	8,26.	120,9
0,6	8,73	0,385	1,805.	554.	12,4.	80,65
0,8	8,71	0,385	1,801.	555,2.	16,5.	60,6.
1	8,69	0,385	1,797.	556,5.	20,6	48,35
1,2	8,67	0,385	1,793.	557,7.	24,8.	40,3.

1,4	8,65	0,385	1,788.	559,3.	28,9 5.	34,5.
1,6	8,63	0,385	1,785.	560,2.	33,0 5.	30.

Tabel 5

Nilai Permeans dari Inti Toroid II dengan 2 Celah Udara

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	$R_{c1} = R_{c2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\phi_{c1} = \phi_{c2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$	$R_{g1} = R_{g2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\phi_{g1} = \phi_{g2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	4,375	0,385	0,9045	1104,8.	4,13.	120,9
0,4	4,355	0,385	0,9005	1105,6.	8,26.	80,65.
0,6	4,335	0,385	0,8965	1108.	12,4.	60,6.
0,8	4,315	0,385	0,8925	1110,4.	16,5.	48,35.
1	4,295	0,385	0,8885	1113.	20,68.	40,3.
1,2	4,275	0,385	0,8845	1115,4.	24,8.	34,5.
1,4	4,255	0,385	0,8805	1118,6.	28,95.	30.
1,6	4,235	0,385	0,8765	1120,4.	33,05.	

1,2	7,73	0,196	3,14.	318,5.	48,72.	20,5.
1,4	7,71	0,196	3,13.	319,5.	56,84.	17,6.
1,6	7,69	0,196	3,12.	320,5.	64,96.	15,4.

Tabel 7

Nilai Permeans dari Inti Toroid III dengan 2

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	$R_{c1} = R_{c2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\phi_{c1} = \phi_{c2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$	$R_{g1} = R_{g2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\phi_{g1} = \phi_{g2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	3,905	0,196	1,585.	631.	8,12.	123.
0,4	3,885	0,196	1,578.	633,6.	16,24.	61,5.
0,6	3,865	0,196	1,57.	637.	24,36.	41,05.
0,8	3,845	0,196	1,56.	641.	32,48.	30,8.
1	3,825	0,196	1,55.	645.	40,6.	24,6.
1,2	3,805	0,196	1,54.	649.	48,72.	20,5.
1,4	3,785	0,196	1,53.	653.	56,84.	17,6.
1,6	3,765	0,196	1,52.	657.	64,96.	15,4.

Tabel . 6

Nilai Permeans dari Inti Toroid III dengan 1 Celah Udara

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	R_c (AT/Wb) $\cdot 10^6$	ϕ_c (H) $\cdot 10^{-9}$	R_g (AT/Wb) $\cdot 10^6$	ϕ_g (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	7,83	0,196	3,18.	314,5.	8,12.	123.
0,4	7,81	0,196	3,17.	315,5.	16,24.	61,5.
0,6	7,79	0,196	3,16.	316,5.	24,36.	41,05.
0,8	7,77	0,196	3,15.	316,8.	32,48.	30,8.
1	7,75	0,196	3,14.	317,6.	40,6.	24,6.

Tabel.8.

Nilai Permeans Inti Toroid IV yang dimodifikasi dengan 1 celah udara dari 2 inti toroid dengan panjang dan luas penampang yang berbeda

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	R_c (AT/Wb) $\cdot 10^6$	ϕ_c (H) $\cdot 10^{-9}$	R_g (AT/Wb) $\cdot 10^6$	ϕ_g (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	8,305	0,196	3,14.	295,85.	8,12.	123.
0,4	8,285	0,196	3,13.	296,7.	16,24.	61,5.

0,6	8,2 65	0,1 96	3,1 2.	297 ,6.	24, 36.	41,05 .
0,8	8,2 45	0,1 96	3,1 1.	298 ,5.	32, 48.	30,8.
1	8,2 225	0,1 96	3,0 9.	299 .	40, 6.	24,6.
1,2	8,2 05	0,1 96	3,0 8.	300 .	48, 72.	20,5.
1,4	8,1 85	0,1 96	3,0 7.	301 .	56, 84.	17,6.
1,6	8,1 65	0,1 96	3,0 6.	302 .	64, 96.	15,4

Tabel 9.

Nilai Permeans dari Inti Toroid IV dengan 2 Celah Udara

g (m)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	$\mathcal{R}_{c1} = \mathcal{R}_{c2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\varphi_{c1} = \varphi_{c2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$	$\mathcal{R}_{g1} = \mathcal{R}_{g2}$ (AT/Wb) $\cdot 10^6$	$\varphi_{g1} = \varphi_{g2}$ (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	2,48	0,126	1,565.	639	12,64.	79,1
0,4	2,46	0,126	1,555.	643	25,28.	39,6.
0,6	2,44	0,126	1,54.1	647	37,92.	26,4
0,8	2,42	0,126	1,53.1	653,6	50,56.	19,8.
1	2,4	0,126	1,52.	658,6	63,2.	15,8.
1,2	2,38	0,126	1,5	666	75,84.	13,18.
1,4	2,36	0,126	1,49.	671	88,48.	11,3.
1,6	2,34	0,126	1,48.	675	101,12.	9,9.

Dengan cara seperti perhitungan pada tabel 1 yaitu menggunakan persamaan diatas. Penulis dapat memperoleh nilai reluktansi dan permeans inti tanpa diberi celah udara, Sedangkan untuk mendapatkan nilai reluktansi dan permeans dari inti dengan diberi satu celah udara, cara perhitungan untuk celah udara sama dengan inti tanpa celah, yang membedakan panjang dari inti diganti dengan celah udara yang diberikan dan nilai permeabilitas relatif dari celah udara sama dengan 1 sehingga $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$, luas penampang inti sama dengan luas penampang celah udara $A_c = A_g$.

Tabel 3. merupakan tabel untuk inti toroid dengan 2 celah udara, perhitungan untuk nilai reluktansi dan permeans sama seperti pada perhitungan reluktansi dan permeans untuk tabel 1 dan 2. yang membedakan hanya pada jumlah celah udara. Tabel 5. merupakan data hasil perhitungan inti toroid dengan 2 celah udara untuk inti trafo toroid II, perhitungan nilai permeans dan reluktans sama seperti perhitungan pada tabel 3. Tabel 6. Merupakan data hasil perhitungan dari inti toroid III dengan 1 celah udara, cara perhitungan sama seperti pada perhitungan untuk tabel 2. Tabel 7. merupakan data hasil perhitungan dari inti toroid III dengan 2 celah udara. Tabel 8 merupakan data perhitungan untuk inti toroid IV dengan 1 celah. Perhitungan nilai reluktans dan permeans sama seperti pada perhitungan untuk tabel 2

Dari data yang diperoleh pada tabel 1 sampai 9, selanjutnya penulis melakukan modifikasi antara dua buah inti toroid dengan panjang dan luas penampang inti yang berbeda. Data hasil dari modifikasi inti toroid dapat dilihat pada tabel .10,

11 dan tabel 12. Perhitungan nilai permeans dan reluktans pada tabel 10, 11 dan tabel .12.

Tabel 10

Nilai Permeans dari inti toroid yang dimodifikasi

L_c (cm)	A_c (cm ²)	μ (H/m)	\mathcal{R}_c (AT/Wb)	φ_c (H)
8,325	0,196	$4\pi \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^6$	$294 \cdot 10^{-9}$

Tabel 11

Nilai Permeans Inti Toroid yang dimodifikasi dengan 1 celah udara dari 2 inti toroid dengan panjang dan luas penampang yang berbeda

G (mm)	l_c (cm)	$A_c = A_g$ (cm ²)	\mathcal{R}_c (AT/Wb) $\cdot 10^6$	φ_c (H) $\cdot 10^{-9}$	\mathcal{R}_g (AT/Wb) $\cdot 10^6$	φ_g (H) $\cdot 10^{-9}$
0,2	8,305	0,196	3,14	295,85	8,12.	12,3.
0,4	8,285	0,196	3,13	296,7	16,24.	61,5
0,6	8,265	0,196	3,12	297,6	24,36.	41,05
0,8	8,245	0,196	3,11	298,5	32,48.	30,8.
1	8,2225	0,196	3,09	299.	40,6.	24,6.
1,2	8,205	0,196	3,08	300.	48,72	20,5.
1,4	8,185	0,196	3,07	301.	56,84	17,6.
1,6	8,165	0,196	3,06	302.	64,96	15,4.

Magnetomotans

Penulis mengambil bahan untuk belitan dari bahan tembaga dengan parameter sebagai berikut :

Dimisalkan :

Panjang kawat untuk belitan sisi primer $l_1 = 3$ m

Panjang efektif kawat untuk belitan sisi primer $l_{1e} = 2.7$ m

Panjang kawat untuk belitan sisi skunder $l_2 = 3$ m

Panjang efektif kawat untuk belitan sisi skunder $l_{2e} = 2.7$ m

jari - jari untuk kawat sisi primer $a = 0.0004$ m = $4 \cdot 10^{-4}$ m

jari - jari untuk kawat sisi skunder $b = 0.0004$ m = $4 \cdot 10^{-4}$ m, $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Besarnya nilai tahanan arus searah dari belitan primer, diperoleh dengan menggunakan persamaan (2 - 51)

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

$$= \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 3}{3.14 \times (4 \times 10^{-4})^2} = \frac{5.1 \times 10^{-8}}{50.24 \times 10^{-8}} = 0.10 \Omega$$

Karena panjang kawat sisi skunder $l_2 = l_1 = 3$ m dan jari - jari $a = b = 4 \times 10^{-4}$ m, maka besarnya tahanan arus searah belitan sisi skunder $R_{D2} = R_{D1}$, nilai tahanan arus searah dianggap sebagai tahanan gyrator R_g . Setelah diperoleh nilai R_{D2} dan R_{D1} , kemudian dicari besarnya nilai resitansi AC untuk belitan primer R_{A1} dan belitan skunder R_{A2} dengan menggunakan persamaan (55), dimana k_1 dihitung dengan persamaan (50)

$$k_1 = a \sqrt{\frac{\omega \mu_0 \pi}{2\rho}}$$

$$= 4.10^{-4} \sqrt{\frac{2\pi \times 50.10^3 \times 4\pi.10^{-7} \times \pi}{2 \times 1.7 \times 10^{-8}}} = 2.4$$

karena $k_1 \geq 1$,

$$R_{A1} \sim 0.10 \left[\left(\frac{1}{4} \right) + (2.4) + \left(\frac{1}{64} \right) \left(\frac{1}{(2.4)^3} \right) \right] = 0.265$$

Ω , dan besarnya $R_{A1} = R_{A2}$

Besarnya induktansi diri L_1 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

(2) :

$L_1 = Li_1 + (\mu_0/2\pi)l_1 (\log [2 l_1/a] - 1)$
Dimana induktansi internal leakage dihitung dengan persamaan (2)

$$Li_1 \sim (6\pi .10^{-7})[(1/2.4) - (1/64)(1/2.4^3)]$$

$$= 0.75 \mu H$$

karena panjang dan jari - jari kawat untuk sisi primer dan skunder sama, maka besarnya induktansi $L_1 = L_2$,

$$L_1 = (0.75 \mu H) + (6.10^{-7})[\log (15000) - 1]$$

$$= 2.65 \mu H$$

karena $l_{1e} \leq l_{2e}$ maka besarnya induktansi bersama M dihitung dengan persamaan (2)

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

$$= (2.10^{-7}) (2.7) \{ \log [5.4/(8.10^{-4})] - 1 \}$$

$$= 5.4 . 10^{-7} \{ \log (6750) - 1 \}$$

$$= 1.5.10^{-6} H$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai $L = 2.65 \mu H$, maka jumlah belitan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) :

$$L = \frac{N^2 \mu_0 A c}{2\pi r_0}$$

$$N^2 = \frac{2\pi r_0 x L}{\mu_0 A c}$$

Sebagai contoh untuk perhitungan ini l_c dan A_c diambil dari inti toroid IV pada tabel .1. $r_0 = 0.2 \times 10^{-2}$ m dan $A_c = 0.126 \times 10^{-4}$ m².

$$N^2 = \frac{(2\pi \times 0.2 \times 10^{-2}) \times (2.65 \times 10^{-6})}{4\pi.10^{-7} \times 0.126 \times 10^{-4}} = 2116$$

$N = 46$ lilit

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada inti toroid, maka dapat dihitung jumlah belitan untuk inti toroid I, II dan III seperti terlihat pada tabel 12.

Tabel 12

Jumlah Belitan untuk Inti Toroid I, II, III dan IV

Inti Toroid	Induktansi (Henry)	Luas penampang inti (m ²)	Jari - jari (m)	Jumlah belitan N
T1	2.65 x	0.07	0.15	53
T2	2.65 x 10 ⁻⁶	0.385	0.35	35
T3	2.65 x 10 ⁻⁶	0.196	0.25	41
T4	2.65 x 10 ⁻⁶	0.126	0.20	46

Setelah nilai N diperoleh, besarnya nilai magnetomotans F dapat dicari dengan menggunakan persamaan $F = Ni$. Besarnya nilai arus I adalah sebesar 10 A.

$$F = 46 \times 10 = 460 \text{ A.T}$$

Efisiensi Inti toroid

Berdasarkan hubungan antara F dan H maka besarnya intensitas magnetik H dari inti toroid IV dengan menggunakan persamaan $F = Hl_c$ diperoleh :

$$H = \frac{460}{5.10^{-2}} = 9200 \text{ A/m}$$

Besarnya kerapatan fluks B pada inti toroid IV diperoleh dengan menggunakan persamaan $B = \mu_0 \mu_r H$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \times 1000 \times 9200 = 11.56 \text{ Wb/m}^2$$

Perhitungan untuk inti toroid I, II, III sama seperti pada inti toroid IV. Hasil perhitungan kerapatan fluks, magnetomotans dan intensitas magnetik dari inti toroid I, II, III dan IV dapat dilihat pada tabel 13, 14 dan 15.

Tabel 13

Magnetomotansi untuk Inti Toroid I, II, III dan IV

Inti Toroid	N (lilit)	I (Amper)	F (A/T)
T1	53	10	530
T2	35	10	350
T3	41	10	410
T4	46	10	406

Analisa pembebanan RL,RC dan RLC

Data dari gambar rangkaian Cuk converter pada gambar[1] yaitu :

V_i	= 21.5 V
V_o	= 10 V
P_o	= 100 W
$V_Q = V_D = 0.5 \text{ V}$	
T_s	= 20 μ s
L	= 2.65 μ H
V_g	= 40V (tegangan magnitude)
Transistor	= Q2N3904 (NPN)
Dioda	= D1N4148
C	= 220 μ F $I_c = 10\text{V}$
RL	= 1000 Ohms
Rb	= 25 Ohms

Data dari desain rugi – rugi steady state

yaitu :

T_{swn}	= 50 ns
T_{swf}	= 50 ns
R_c	= 50 m Ω
A_w	= 11.6 x 10 ⁻⁵ m ²
l_w	= 0.0742 m
ρ	= 1.7 x 10 ⁻⁸ Ω /m
∞	= 21.11
m	= 2.08

Dari data desain Choper Buck dan Boost dan rugi – rugi steady state , penulis dapat menentukan inti toroid yang baik untuk dipakai sebagai modifikasi inti toroid pada rangkaian converter[2] dengan perhitungan model rugi – rugi rangkaian. Contoh perhitungan model rugi – rugi rangkaian untuk inti toroid IV diperoleh sebagai berikut :

Rugi – rugi untuk duty cycle tanpa modifikasi inti adaah

Selisih kerapatan fluks diperoleh dengan menggunakan persamaan (7)

$$\Delta B = \frac{2310 \times 10^{-6}}{1.26 \times 10^{-5} (46)(21.5)} = 0.185 \text{ T}$$

Kerapatan fluks residual diperoleh dengan menggunakan persamaan (8)

$$B_R = 11.56 - 11.56 - 0.0925 = -0.0925 \text{ T}$$

Kerapatan fluks minimum B_A diperoleh dengan menggunakan persamaan (9)

$B_A = -0.0925 + 11.56 - 0.0925 = 11.375 \text{ T}$
dengan menggunakan persamaan (10), maka dapat dihitung arus reaktor rms :

$$I_{X,rms} = \frac{100}{10} \sqrt{1 + \frac{1}{12} \left[\frac{[(0.05)(10)(11)(10.5)(20 \times 10^{-6})]}{(1000)(4\pi \times 10^{-7})(1.26 \times 10^{-5})(46)^2 (100)(21.5)} \right]^2} = 10 \text{ A}$$

Saat transistor Q konduksi atau kondisi t_{on} dihitung dengan menggunakan persamaan (14)

$$t_{on} = \frac{10 + 0.5}{21.5 - 0.5 + 0.5} \times 20 \times 10^{-6} = 9.77 \mu\text{s}$$

sedangkan t_{off1} diperoleh dengan menggunakan persamaan (15)

$$t_{off1} = \frac{21.5 - 0.5 - 10}{21.5 - 0.5 + 0.5} \times 20 \times 10^{-6} = 10.2 \mu\text{s}$$

arus reaktor puncak dihitung dengan menggunakan persamaan (11)

$$I_{XB} = \frac{I(B_B - B_R)}{\mu r \mu \omega N}$$

$$I_{XB} = \frac{(0.05)(11.56 - (-0.0925))}{(1000)(4\pi \times 10^{-7})(46)} = 10.08 \text{ A}$$

dan arus reaktor minimum dihitung dengan menggunakan persamaan (12)

$$I_{XA} = \frac{I(B_A - B_R)}{\mu r \mu \omega N}$$

$$I_{XA} = \frac{(0.05)(11.375 - (-0.0925))}{(1000)(4\pi \times 10^{-7})(46)} = 9.9 \text{ A}$$

arus kapasitor rms dihitung dengan menggunakan persamaan ()

$$I_{C,rms} = \sqrt{(I_{x,rms})^2 - \left(\frac{P_o}{V_o}\right)^2}$$

$$I_{C,rms} = \sqrt{(10)^2 - (10)^2} = 0$$

dan arus puncak kapasitor dihitung dengan menggunakan persamaan :

Inti Toroid	Beban (Ω)	Rasio (C)	Efisiensi (η)
Toroid I	1	3%	45%
	10	26.9%	99%
	100	88%	95.9%
	1000	98.8%	87.6%
Toroid II	1	16%	92%
	10	76.5%	94.4%
	100	97%	92%
	1000	99.6%	99.5%
Toroid III	1	9.7%	84%
	10	62%	97.8%
	100	96.4%	95.4%
	1000	99.5%	99.4%
Toroid IV	1	9.7%	84%
	10	62%	97.8%
	100	96.4%	95.4%
	1000	99.5%	99.4%

$$I_{C,pp} = \frac{I(\Delta B)}{\mu r \mu_0 N}$$

$$I_{C,pp} = \frac{(0.05)(0.185)}{(1000)(4\pi \times 10^{-7})(46)} = 0.16 \text{ A}$$

Rugi - rugi daya total switching diperoleh dengan menggunakan persamaan (13)

$$P_Q = P_{sw} + P_{swf} + P_{sat}$$

$$= 2.45 \text{ W}$$

Rugi - rugi saat t_{ON} dihitung dengan persamaan (14)

$$P_{sw} = \frac{I_{XA}(Vqn + 2Vq)t_{sw}}{6Ts}$$

$$= \frac{9.9[0.5 + 2(0.5)] \times 50 \times 10^{-9}}{6(20 \times 10^{-6})} = 6.18$$

mW

Rugi - rugi saat t_{OFF} diperoleh dengan menggunakan persamaan (15)

$$P_{swf} = \frac{I_{XB}(Vqn + 2Vq)t_{swf}}{6Ts}$$

$$= \frac{10.08[0.5 + 2(0.5)] \times 50 \times 10^{-9}}{6(20 \times 10^{-6})} = 6.3 \text{ mW}$$

Rugi - rugi saturasi diperoleh dengan persamaan (16)

$$P_{sat} = \frac{Vq(I_{XB} + I_{XA})t_{on}}{2Ts}$$

$$= \frac{0.5[(10.08) + (9.9)] \times 9.77 \times 10^{-6}}{2(20 \times 10^{-6})} = 2.44 \text{ W}$$

Dengan menggunakan persamaan (25) maka dapat diperoleh efisiensi (η) transformator frekuensi tinggi dengan kopling R dan C.

$$\eta = \frac{[(R_{A2}/R_p)^2 + R_{A2}^2(\omega C_p - M/B)^2]}{RL\sqrt{(R_c a_1)^2 + (Im_1)^2} \cdot \sqrt{(R_c a_2)^2 + (Im_2)^2} \cdot (1 + R_{A2}/R_p) \cos^2(\angle V_1 \& I_1)}$$

dimana

$$\text{Real}_2 = (1 + R_{A2}/R_p - R_L/(R_{A2} + R_L))/R_p - (R_{A2}\omega C_p - L_1 R_{A2}/B) \cdot (C_p\omega - L_2/B) + (M^2/B^2 + C_p^2\omega^2 - 1/R_p^2 - 2\omega M C_p/B)R_{A2}$$

$$= \frac{[(1+0.265/22.8 - 1000/(1000.265)]/22.8 - (45764 \times 10^{-6}) (172694.36 \times 10^{-6}) + (10.22 \times 10^{-12} + 29825.29 \times 10^{-6} - 1/(22.8)^2 - 1102340.42 \times 10^{-12}) \times 0.265}{11.85 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{[(1 + R_{A2}/R_p - R_L/(R_{A2} + R_L))(C_p\omega - L_2/B) + [(R_{A2}\omega C_p - L_2 R_{A2}/B)/R_p] + (2M/R_p B - 2C_p\omega/R_p)R_A}{11.85 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{[1+0.265/22.8 - 1000/(1000.265)] [172694.36 \times 10^{-6}] + (45764 \times 10^{-6})/22.8 + [0.279 \times 10^{-6} - 15149.12 \times 10^{-6}] \times 0.265}{45.69 \times 10^{-6}}$$

$$(\angle V_1 \& I_1) = \tan^{-1}(Im_1/\text{Real}_1) - \tan^{-1}(Im_2/\text{Real}_2)$$

$$= \tan^{-1}(3.85) - \tan^{-1}(3.855)$$

$$= (75.44) - (75.45)$$

$$= -0.01$$

$$\eta = \frac{[(0.265/22.8)^2 + (0.265)^2(172696.8 \times 10^{-6})^2]}{1000 \cdot \sqrt{(11884.57 \times 10^{-6})^2 + (45779.56 \times 10^{-6})^2} \times \sqrt{(11.85 \times 10^{-6})^2 + (45.69 \times 10^{-6})^2} \cdot (1.000265) \cos^2(\angle V_1 \& I_1)}$$

$$= 0.995$$

bila dalam persen, efisiensi transformator = 99.5%

Dengan menggunakan perhitungan untuk rasio dan efisiensi dari inti toroid II yang telah dimodifikasi, maka penulis dapat menghitung rasio dan efisiensi untuk inti toroid I, III dan IV. Tabel hasil perhitungan inti toroid I, II, III dan IV dapat dilihat pada table 14 berikut :

Tabel 14
Rasio dan Efisiensi Transformator dengan Inti Toroid

Inti Toroid	Resistansi inti	Kapasitansi inti	Rasio	Efisiensi
<i>Toroid I</i>	134 Ω	93.5 nF	98.8%	87.6%
Toroid II	22.8 Ω	550 nF	99.6%	99.5%
Toroid III	40 Ω	315 nF	99.5%	99.4%
Toroid IV	40 Ω	316 nF	99.5%	99.4%

Dari hasil perhitungan rugi – rugi dan efisiensi pada inti toroid, maka bahan inti toroid yang baik untuk digunakan dalam penelitian ini yaitu inti toroid dengan panjang inti 8.8 cm, luas penampang 0.385 cm².

Dengan menggunakan perhitungan untuk rasio dan efisiensi dari inti toroid pada tabel 5.9, maka penulis dapat menghitung rasio dan efisiensi untuk inti toroid dengan tahanan beban yang berbeda yaitu $R = 1\Omega$, $R = 10\Omega$, $R = 100\Omega$ dan $R = 1000\Omega$. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15.

Rasio dan Efisiensi Transformator untuk Beban yang Berbeda

Dengan menggunakan perhitungan untuk rasio dan efisiensi dari inti toroid pada tabel 5.10, selanjutnya penulis menghitung rasio (C) dan efisiensi (η) dari inti toroid II untuk frekuensi 50 KHz, 500 KHz dan 5000 KHz. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16.

Rasio dan Efisiensi Transformator untuk Frekuensi yang Berbeda

Frekuensi	Beban (Ω)	Rasio (C)	Efisiensi (η)
50 KHz	1	16%	92%
	10	76.5%	94.4%
	100	97%	92%
	1000	99.6%	99.5%
500 KHz	1	60%	87%
	10	94.8%	97%
	100	99.3%	99.4%
	1000	99.7%	99.8%

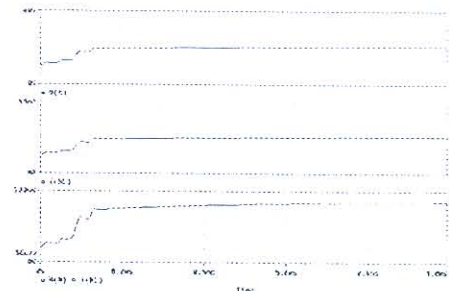
1	65%	82%
10	94.8%	97%
100	99.3%	99.4%
1000	99.7%	99.8%

Dari tabel 16, terlihat bahwa efisiensi transformator bertambah bila beban R semakin besar.

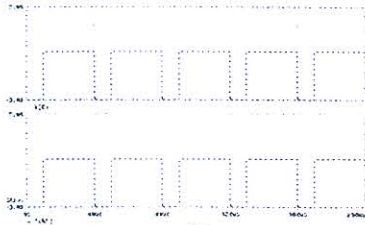
Untuk selanjutnya penulis menguraikan proses pengujian dan analisis untuk konverter dengan 1 induktansi dan 2 induktansi menggunakan simulasi Pspice, kemudian dilakukan modifikasi pada induktansi L dengan inti transformator toroid, dimana lilitannya berfungsi sebagai gyrator atau sebagai magnetotrans yang menggantikan sumber tegangan yang ditinjau sebagai gyrator (g) atau sebagai sumber arus yang dikontrol oleh tegangan (VCCS), kemudian pada sisi skundernya ditinjau sebagai Hibrid $H = 1/g$ yang berfungsi sebagai sumber tegangan yang dikontrol oleh arus (CCVS).

Unjuk kerja inti toroid

Dengan gambar rangkaian seperti pada gambar 2.12, diperoleh hasil simulasi pada program (Conv1). Pada proses simulasi (Conv1), waktu yang diperlukan untuk transient disesuaikan agar dapat melihat bagaimana respons keadaan tunak arus pada beban R dan arus pada kapasitor C. Pada kapasitor diberikan initial condition (I_c) = 10V dengan waktu transient yang diberikan yaitu 1ms dan beban R sebesar 1000 Ω . pengujian untuk simulasi konverter ini dapat dilihat pada simulasi program (Conv1) dengan gambar hasil simulasi ditunjukkan pada gambar [1], dari hasil simulasi pada (lampiran program Conv1) diperoleh bentuk arus beban dengan ripple sebesar 6.6%, hal ini merupakan kerugian karena konverter tidak bekerja secara optimum.



Gambar 4. Hasil simulasi untuk konverter dengan beban R



Gambar 5. Hasil simulasi untuk gyrator dengan beban R

Setelah dilakukan modifikasi dengan beban R, kemudian penulis melakukan pengujian pada konverter dengan modifikasi gyrator.

Untuk nilai kapasitans pendekatan diambil dari tabel 1, 4 dan 5 yaitu inti toroid II dengan nilai kapasitansi pendekatan sebagai berikut :

CP = 550 NF untuk inti tanpa celah

CP1 = 560.2 NF untuk inti 1 celah dengan CP2 = 30 NF

CP1 = CP3 = 1120.4 NF, CP2 = CP4 = 30 NF untuk inti dengan 2 celah udara

Analisa rangkaian magnet Analisis ini menggambarkan pengaruh pendekatan rangkaian magnet ke dalam rangkaian listrik yaitu berupa permeans \approx kapasitans dan besarnya permeans diperoleh dari bentuk inti trafo toroid yang sudah ditransformasikan ke bentuk gambar [1]. Analisis untuk pengujian ini digambarkan pada gambar 4.

Pada Analisis Gyrator dan Rangkaian Magnet dilakukan simulasi secara bertahap yaitu :

- Analisis Gyrator dan Rangkaian Magnet dengan Inti tanpa Celah.
- Analisis Gyrator dan Rangkaian Magnet dengan satu Celah pada Inti.
- Analisis Gyrator dan Rangkaian Magnet dengan dua Celah pada Inti

Ripple arus dari konverter dengan modifikasi gyrator adalah :

$$\Delta I = \frac{20.997 - 20.968}{20.997} \times 100\% = 0.138 \%$$

Gambar hasil simulasi untuk pengujian gyrator dan rangkaian magnetik dari inti toroid tanpa celah, inti toroid satu celah dan inti toroid dengan dua celah dapat dilihat pada gambar 6.



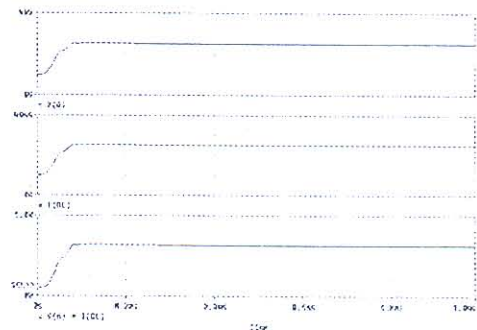
Gambar 6. Hasil simulasi konverter dan rangkaian magnetik

Dari hasil simulasi pada gambar 6. terlihat bahwa dengan adanya modifikasi inti maka ripple arus menjadi berkurang dan waktu transient menjadi lebih cepat.

Untuk pengujian selanjutnya, penulis menambahkan komponen L dan C pada konverter dari gambar [1]. Bentuk rangkaian konverter setelah ditambah komponen L dan C dapat dilihat pada gambar [1].

Pengujian untuk converter pada unjuk kerja ini diperoleh bentuk dan besar arus beban yang relatif lebih baik bila dibandingkan dengan konverter yang hanya memiliki 1 induktansi yaitu dengan ripple arus 1.2% tetapi terjadi overshoot pada arus keluaran. Untuk mengurangi overshoot dan meningkatkan kerja konverter secara optimum, penulis melakukan modifikasi pada induktansi L₁ dan L₂ dengan pemodelan transformator gyrator – kapasitor, dimana lilitannya berfungsi sebagai gyrator atau magnetomotans yang menggantikan sumber tegangan atau sebagai sumber arus yang dikontrol oleh tegangan (VCCS), kemudian pada

sisi skundernya ditinjau sebagai hibrid $H = \frac{1}{g}$ berfungsi sebagai sumber tegangan yang dikontrol oleh arus (CCVS). Gambar hasil simulasi untuk pengujian konverter dengan 2 induktansi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi konverter dengan 2 induktansi

Rangkaian Magnetik dari Konverter dengan 2 Induktansi L

Nilai tahanan gyrator Rg pada simulasi ini disesuaikan dengan nilai Rg dari analisis gyrator dan rangkaian magnet untuk konverter yang memiliki 1 induktansi L. Gambar simulasi pada Pspice untuk rangkaian konverter hasil modifikasi dengan 2 induktansi . langkah pengujian untuk gyrator dan rangkaian magnetik dari konverter dengan 2 induktansi dilakukan secara bertahap yaitu :

- Analisa gyrator dan rangkaian magnetik dengan inti tanpa celah

Pengujian untuk analisis ini dapat dilihat pada (lampiran program K2L) dengan tahanan gyrator $R_g = 0.1 \Omega$, diperoleh arus beban keluaran dengan arus minimum sebesar 10 mA dan arus maksimum sebesar 24.992 mA.

b. *Analisa gyrator dan rangkaian magnetik untuk inti dengan satu celah*

Pengujian untuk analisis gyrator dan rangkaian magnet ini disimulasikan pada dengan tahanan gyrator $R_g = 0.1 \Omega$ Dari simulasi program K_D diperoleh arus beban minimum sebesar 10 mA dan arus maksimum sebesar 24.992 mA.

c. *Analisa gyrator dan rangkaian magnet untuk inti dengan dua celah*

Pengujian untuk analisis dengan tahanan gyrator $R_g = 0.1 \Omega$. Pada simulasi program K_Dr diperoleh arus beban minimum pada 10 mA dan arus beban maksimum sebesar 24.992 mA.

Ripple arus dari konverter dengan pemodelan gyrator kapasitor yaitu :

$$\Delta I = \frac{24.992 - 24.969}{24.992} \times 100\% = 0.09\%$$

Untuk konverter dengan dua induktansi dapat dimodifikasi dengan dua buah gyrator, dimana gyrator 1 ditinjau sebagai sisi primer dari transformator dan gyrator 2 sebagai sisi skunder transformator. Gambar hasil simulasi untuk gyrator dan rangkaian magnetik dari konverter dengan 2 induktansi yang dimodifikasi dengan pemodelan inti toroid dapat dilihat pada gambar 7.

Dari hasil simulasi pada gambar 7, terlihat bahwa untuk konverter dengan 2 induktansi bila dilakukan modifikasi inti maka ripple arus menjadi berkurang dan waktu untuk transient menjadi lebih cepat.

Inti toroid dengan Konverter Hasil Modifikasi dengan Beban (RL Seri, RC Seri dan RLC Seri)

Hasil pengujian pada Konverter beban RL seri dapat dilihat pada (lampiran program K-RL) dan gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 5.8, dari hasil simulasi dengan Pspice diperoleh bentuk arus beban keluaran sebesar 20.242 mA. Besarnya ripple arus pada konverter dengan beban RL yaitu :

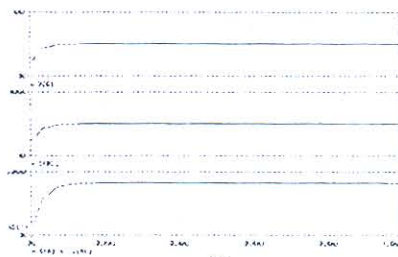
$$\Delta I = \frac{20.276 - 20.243}{20.242} \times 100\% = 0.16\%$$



Gambar 8. Rangkaian magnet beban RL seri

Bila pada konverter tersebut dimodifikasi dengan pemodelan gyrator kapasitor dari inti toroid seperti pada (lampiran program K2RL), gambar hasil simulasi ditunjukkan pada gambar .9, maka diperoleh arus keluaran sebesar 20.259 mA dan besarnya ripple arus yaitu :

$$\Delta I = \frac{20.278 - 20.259}{20.259} \times 100\% = 0.093\%$$

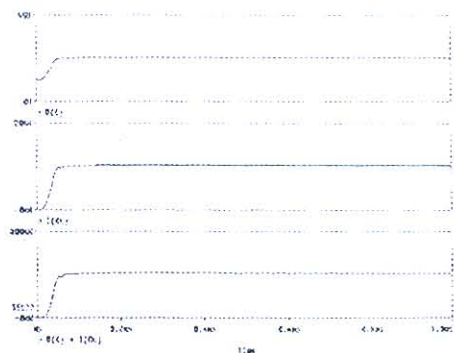


Gambar 9. Inti toroid sesudah dimodifikasi dengan beban RL seri

Dari hasil simulasi pada gambar .9, terlihat bahwa untuk konverter dengan 2 induktansi beban RL seri, bila dilakukan modifikasi inti maka ripple arus menjadi berkurang dan waktu untuk transient menjadi lebih cepat.

Untuk Pengujian konverter dengan beban RC dapat dilihat pada (lampiran program K-RC) diperoleh arus keluaran sebesar 10.268 mA. Gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 10. Besarnya ripple arus untuk konverter dengan beban RC yaitu :

$$\Delta I = \frac{10.268 - 10.255}{10.255} \times 100\% = 0.12\%$$



Gambar 10. Hasil simulasi konverter dengan beban RC seri

Sedangkan hasil pengujian untuk konverter beban RC dengan modifikasi gyrator kapasitor dapat dilihat pada (lampiran program K-2lrc). Dari hasil simulasi, diperoleh arus beban sebesar 10.271 mA, gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 11. Besarnya ripple arus beban adalah

$$\Delta I = \frac{10.271 - 10.268}{10.271} \times 100\% = 0.029\%$$

Hasil Pengujian konverter dengan beban RLC seri dapat dilihat pada (lampiran program K_2RLC), dari hasil simulasi diperoleh arus keluaran sebesar 10.261 mA. Gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar .11. Besarnya ripple arus pada konverter dengan beban RLC adalah

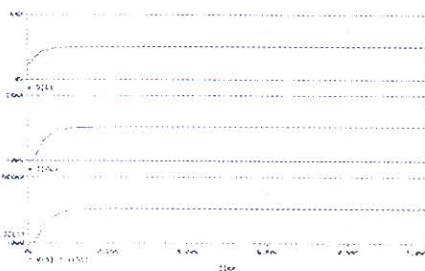
$$\Delta I = \frac{10.294 - 10.264}{10.261} \times 100\% = 0.29\%$$



Gambar 11. Hasil simulasi konverter beban RC dengan modifikasi Inti toroid

Sedangkan hasil pengujian untuk konverter beban RLC dengan modifikasi gyrator kapasitor dapat dilihat pada (lampiran program K2Irlc). Dari hasil simulasi, diperoleh arus beban sebesar 10.272 mA, gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 13. Besarnya ripple arus beban adalah

$$\Delta I = \frac{10.272 - 10.270}{10.272} \times 100\% = 0.019\%$$



Gambar .13. Unjuk kerja konverter beban RLC seri yang telah dimodifikasi

Dari hasil simulasi pada gambar 5.13, terlihat bahwa untuk konverter dengan 2 induktansi beban RLC seri, bila dilakukan modifikasi inti maka ripple arus menjadi berkurang dan waktu untuk transient menjadi lebih cepat.

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan R yang digunakan sebagai kopling untuk mereduksi rugi - rugi pada transformator frekuensi tinggi adalah 22.8Ω .

2. Nilai kapasitor C yang digunakan sebagai kopling untuk mereduksi rugi - rugi pada transformator frekuensi tinggi yaitu $C_p = 550 \text{ nF}$.
3. Rugi - rugi sebelum tanpa kopling R dan C $P_{\text{Total}} = 13.86 \text{ W}$ dan rugi - rugi dengan kopling R dan C $P_{\text{Total}} = 7.39 \text{ W}$.
4. Efisiensi dari transformator frekuensi tinggi tanpa kopling R dan C adalah 22.5% dengan rasio belitan 43%, sedangkan dengan kopling R dan C, efisiensi transformator menjadi 99.5% dengan rasio belitan 99.6%.
5. Dari hasil simulasi untuk konverter dengan 1 induktansi L diperoleh arus keluaran dengan ripple sebesar 6.6%, sedangkan dengan adanya modifikasi gyrator - kapasitor, ripple arus keluaran menjadi 0.138%.
6. Untuk konverter dengan 2 induktansi L yang belum dimodifikasi diperoleh ripple arus keluaran sebesar 1.2%. Bila dilakukan modifikasi dengan pemodelan gyrator - kapasitor, maka diperoleh ripple arus keluaran sebesar 0.09%.
7. Pada konverter dengan 1 induktansi L hanya dapat dilakukan pemodelan dengan 1 buah gyrator yang ditinjau sebagai sisi primer dari transformator, sedangkan untuk konverter dengan 2 induktansi L dapat dilakukan pemodelan dengan 2 buah gyrator dimana gyrator 1 sebagai sisi primer dari transformator dan gyrator 2 sebagai sisi sekunder transformator.

Daftar pustaka

[1] Herawati YS, "Rancangan konverter Cuk Slobodan akumulasi energi dengan metoda pendekatan rangkaian magnet Gyrator-kapasitor untuk meminimisasi arus riak". ITB 1996.

[2] Herawati Yusuf, " MENUJU ERA SATU CHIP INTEGRASI MAGNET PERMANENT", Tenaga edukatif Kopertis WIL IV dpk Univ Kristen Maranatha Bandung. Juni 2005.

[3]

Daftar riwayat hidup :

Lahir di Palembang 9 Oktober 1959

SMA N 3 Palembang 1979

S1 UNSRI Palembang selesai Oktober 1985

S2 ITB Bandung selesai 1996

1985 tenaga pengajar honorer UNSRI dengan mata kuliah pengukuran besaran listrik.

1986 –sekarang sebagai tenaga pengajar honorer STTMandalan dengan mata kuliah

- Teori medan I dan II . (Teknik Elektro S1)
- Pengukuran besaran listrik .(Teknik Elektro S1)
- Dasar teknik Elektro.(Teknik Elektro S1)
- Pengantar teknik tenaga listrik (Teknik Mesin S1)
- Teori medan (D3 Elektro)

1990 - sekarang Tenaga pengajar Tetap Kopertis WIL IV dpk UKMaranatha Bandung

Dengan mata kuliah :

- Teori medan I dan II . .(Teknik Elektro S1)
- Dasar konversi energi
- Dasar teknik Elektro
- Mesin – mesin listrik
- Elektronika Industri
- Sebagai Koordinator Kerja Praktek

1999-2001 tenaga pengajar honorer UNINUS dengan mata kuliah :

- Teori medan I dan II . .(Teknik Elektro S1)
- Dasar teknik Elektro.(Teknik Elektro S1)

1999-2002 tenaga pengajar honorer UNSIL Tasik Malaya dengan mata kuliah :

- Teori medan I dan II . .(Teknik Elektro S1)
 - Peluahan medan elektromagnetik.
-