

PEMBUATAN ALAT PEREDUKSI GAS CO PADA ASAP ROKOK BERBASIS *CUK-FLYBACK* TEGANGAN TINGGI

Anggit Suko Pandu^{*)}, Mochammad Facta, and Abdul Syakur

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}Email : Anggitsp22@gmail.com

Abstrak

Karbon Monoksida adalah gas yang sangat berbahaya, karena mudah sekali terserap oleh tubuh dan mengikat hemoglobin (butir merah darah) sehingga kadar oksigen akan berkurang dan menyebabkan kematian. Gas CO merupakan salah satu gas yang terkandung dalam asap rokok. Ketika asap rokok terhisap gas CO akan masuk ke dalam tubuh dalam jumlah banyak dengan waktu yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi kadar gas CO dengan memanfaatkan kejutan listrik. Metode ini didasari atas sifat tegangan tinggi, yakni menimbulkan ionisasi dan plasma yang dapat menghasilkan senyawa radikal bebas yang reaktif. Dalam tugas akhir ini diharapkan dapat membuat suatu alat pembangkit tegangan tinggi yang murah dan mudah dalam pengoperasian. Tegangan tinggi impuls dibangkitkan menggunakan topologi cuk dan flyback converter yang kemudian diterapkan pada elektroda silinder-sikat terpilin untuk terjadinya korona. Hasil pengujian menunjukkan alat yang dibuat dapat menghasilkan tegangan tinggi impuls 4 sampai 21,0kV. Konsumsi energi mencapai 10,81watt pada tegangan 45volt. Variasi tegangan input flyback onverter yaitu 2,4 volt, 3,6 volt, 5,0 volt, 5,8 volt, 6,6 volt, 7,6 volt, 8,9 volt, 10,0 volt, 11,4 volt dengan masing masing duty cycle 5,8 %, 9,6%, 12,6%, 15,5%, 18,42%, 22,1%, 26,2%, 32,0%, 33,0% dan menghasilkan tegangan keluaran 4,0kV, 6,4kV, 8,4kV, 10,6kV dan 12,2kV, 14,2kV, 16,2kV, 18,2kV, 21,0kV.

Kata Kunci : Gas CO, asap rokok, reduksi, tegangan tinggi impuls

Abstract

Carbon monoxide is a very dangerous gas, because it is easily to absorbed in to human body and it will be bonded with hemoglobin to decent the amount of oxygene. As the oxygene decrease a person is easy to collapse. CO is also one of gases contained in cigarette. To reduce the amount of CO, electrical impulse was proposed in this research. This method was based on the characteristic of high voltage, which causes ionization and produce the more free reactive compound. This final project proposed a high voltage generator that cheap and easy to operate. This impulse electric was generated by using topology of cuk and flyback converter then it was transferred to cylindrical – brush twisted electrode to produce corona. The result showed that high voltage was generated succesfully from 4kV until 18kV. Energy consumption of the prototype was 10,81watt at 45volt input voltage. The high voltage output were 4,0kV, 6,4kV, 8,4kV, 10,6kV, 12,2kV, 14,2kV, 16,2kV, 18,2kV for DC voltage input 2,4 volt, 3,6 volt, 5,0 volt, 5,8 volt, 6,6 volt, 7,6 volt, 8,9 volt, 10,0 volt with duty cycle 5,8 %, 9,6%, 12,6%, 15,5%, 18,42%, 22,1%, 26,2%, dan 32,0% subsequently.

Keyword : CO gases, smoke, reduction, impulse high voltage

1. Pendahuluan

Merokok merupakan suatu kebiasaan yang merugikan bagi kesehatan manusia dan salah satu penyebab utama kematian yang sebenarnya dapat dicegah, akan tetapi memiliki lebih dari 5 juta kematian setiap tahunnya[1]. Indonesia menempati urutan ketiga di dunia dengan jumlah perokok terbanyak setelah China dan India. Lebih dari 4.000 zat kimia dan karsinogen yang ada dalam rokok (khususnya gas CO) akan lebih

membahayakan ketika asap rokok terjebak di ruang terbatas. Gas CO bisa masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang maksimal dan dalam waktu yang singkat. Karbon Monoksida bersifat racun yang sangat kuat, jika terhisap oleh paru-paru maka akan lebih mudah mengikat hemoglobin (butir merah darah) sehingga oksigen akan berkurang kadarnya dan menyebabkan manusia dapat mati lemas karenanya. Membiarkan jendela ruangan terbuka juga tidak akan mengatasi masalah. Asap rokok yang mengandung gas CO justru sering berhembus

kembali ke dalam ruangan dan terus bertahan di dalam ruangan selama berjam-jam[31].

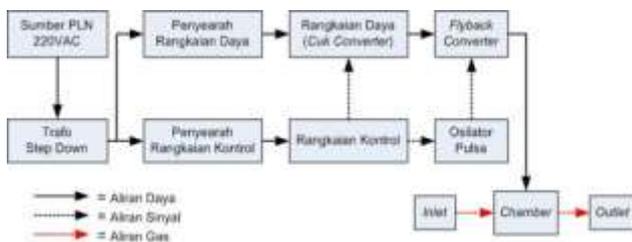
Salah satu fenomena untuk kasus tersebut adalah *smooking room* (ruangan khusus perokok). *Smooking room* bekerja menggunakan *exhaust fan* untuk membuang gas CO pada asap rokok tanpa adanya pertukaran udara. Sehingga kandungan udara di dalam *smooking room* tidak tersirkulasi dengan baik. Besar kemungkinan gas CO masih tertahan di dalam ruangan tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan dengan cara ionisasi dengan memanfaatkan kejutan listrik tegangan tinggi. Tegangan tinggi diterapkan pada kedua elektroda maka akan timbul medan listrik pada celah udara antara elektroda dan sekat dielektrik. Medan listrik inilah yang menyebabkan terjadinya ionisasi pada udara.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan pulsa medan listrik untuk pereduksi gas CO ini terdiri atas sumber AC 220 V, catu daya, trafo *step down*, rangkaian kontrol, *dc Chopper* tipe *cuk converter*, trafo driver, trafo *flyback*, reaktor atau aplikasi. Blok diagramnya ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Blok Diagram Alir Tahap Perancangan Perangkat Keras

2.2. Suplai AC Satu Fasa

Sumber tegangan yang digunakan yaitu tegangan yang bersumber pada jala-jala PLN atau sering dikatakan sebagai tegangan bolak-balik dengan tegangan 220 Volt dan frekuensi 50 Hz. Dan diturunkan menjadi 32 volt dengan trafo CT *step down*.

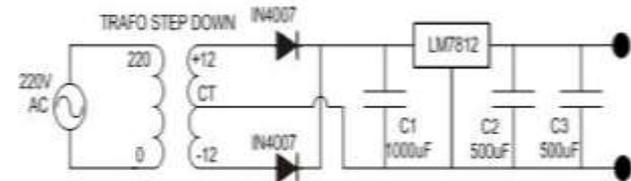
2.3. Perancangan Penyearah (*Rectifier*)

Penyearah (*Rectifier*) berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Pada tugas akhir ini, penyearah ini berfungsi sebagai penyedia suplai tegangan DC untuk rangkaian *dc chopper* dan untuk rangkaian kontrol. Untuk suplai rangkaian kontrol, baik kontrol *chopper* maupun kontrol *flyback* diperlukan +12 Vdc. Sebagai masukan rangkaian daya *dc chopper* tipe *cuk converter* tegangan jala-jala dari PLN 220 Volt diturunkan menjadi 32VAC dengan trafo CT dan

disearahkan menggunakan 2 dioda pada trafo CT dengan filter kapasitor

2.3.1. Perancangan Penyearah Rangkaian Kontrol

Penyearah rangkaian kontrol digunakan penyearah gelombang penuh dengan trafo *center tap*. Pada penyearah ini digunakan dua diode untuk menyerahkan hasil keluaran dari trafo *center tap*

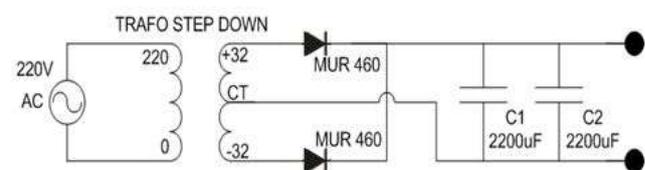


Gambar 2. Penyearah menggunakan 2 buah dioda dengan center tap

Tegangan 12 VAC ketika disearahkan akan menjadi lebih besar yaitu 16,97 VDC. tetapi rangkaian kontrol membutuhkan tegangan masukan sebesar 12 V untuk power suplai IC TL494 dan IC 4047 sebagai input MOSFET *driver*. Untuk menjaga tegangan VDC tetap stabil ± 12 Volt maka hasil keluaran dioda diberikan regulator LM7812 untuk meregulasi tegangan dari 16,97 V menjadi 12V.

2.3.2. Perancangan Penyearah Rangkaian Daya

Pada penyearah rangkaian daya ini menggunakan penyearah gelombang penuh *center tap*. sama seperti subbab 2.3.1 tetapi berbeda pada tegangan inputan.

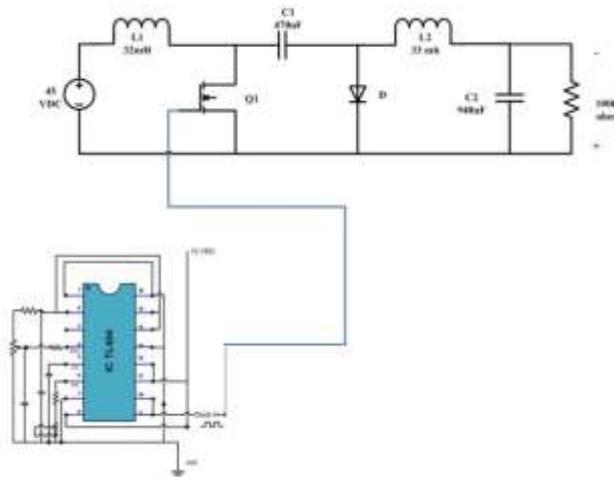


Gambar 3. Penyearah Rangkaian daya

Sumber tegangan AC langsung dari jala-jala PLN 220VAC/50Hz diturunkan menjadi 32 VAC maka agar gelombang DC memiliki keluaran DC sempurna filter gelombang keluaran digunakan kapasitor. Kapasitor ini diperlukan untuk menghaluskan/meratakan gelombang keluaran DC.

2.4. Perancangan DC-DC Chopper Tipe Cuk

Perancangan DC-DC Chopper tipe cuk ini bertujuan untuk mendapatkan keluaran tegangan DC yang dapat divariasikan lebih kecil atau lebih besar dari tegangan masukan.



Gambar 4. Rangkaian cuk converter

Perancangan konverter cuk pada tugas akhir ini memiliki parameter sebagai berikut :

Tabel 1. Data parameter konverter cuk

Parameter	Nilai
Tegangan Masukkan (V_{in}) *	45 VDC
Frekuensi Pemicuan (F)	25000 Hz
Maximum Voltage Ripple	3.1 volt
Duty Cycle	0,1-0,9
Hambatan Beban (R)	10 Ohm

- a. Pemilihan kapasitor C_1
 Berdasarkan persamaan 2.1 maka nilai minimum dari kapasitor C_1 adalah sebagai berikut :

$$C_{1min} > \frac{D^2 T_s}{2R} \quad (2.1)$$

$$C_{min} > \frac{0.1^2 \times 4 \times 10^{-5}}{2 \times 10}$$

$$C_{min} > 200 \times 10^{-6} F$$

Dengan periode *switching* (T_s) adalah $40\mu s$, D yaitu 0,1 dan R sama dengan 10 ohm, maka didapatkan $C_1 > 200\mu F$, sehingga dipilih $C_1 = 470\mu F$.

- b. Pemilihan induktor L_1 dan L_2
 Agar konverter cuk bekerja di modus CCM, maka nilai induktansi L_{1min} dan L_{2min} rangkaian konverter cuk harus memenuhi persamaan 2.2 dan 2.3 yang nilainya adalah

$$L_{1min} = \frac{(1-D)^2 R}{2Df} \quad (2.2)$$

$$L_{1min} = \frac{(1-0,1)^2 \times 10}{2.0 \times 1.25000} = 1.62mH$$

Sedangkan nilai L_{2min} adalah

$$L_{2min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (2.3)$$

$$L_{2min} = \frac{(1-0,1) \times 10}{2.25000} = 18mH$$

Dimana D adalah nilai minimum *duty cycle*. Karena konverter dioperasikan *Continuous Conduction Mode* (CCM) maka

$L_1 > L_{1min}$ dan $L_2 > L_{2min}$
 maka

$$L_1 = 26 mH, L_2 = 30mH$$

- c. Pemilihan kapasitor C_2
 Nilai C_2 dapat ditentukan berdasarkan pendekatan nilai tegangan *ripple* konverter sesuai dengan persamaan 2.4 yang nilainya adalah

$$\Delta V_{c0} = \frac{DV_s}{8C_2 L_2 f^2} \quad (2.4)$$

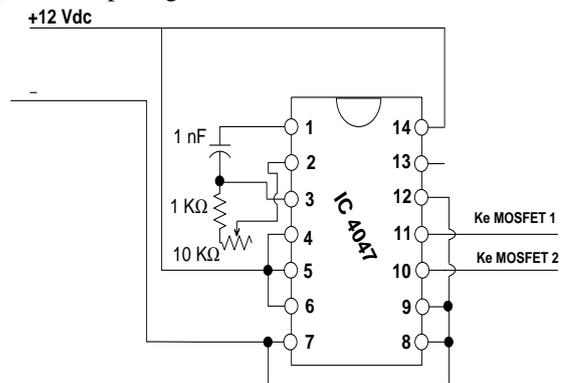
$$3.1 = \frac{(1 - 0.6)450}{8 \times C_2 \times 0.019565 \times 10^{-3} \times 25000^2}$$

$$C_2 = 701,27\mu F$$

Tetapi karena dipasaran tidak tersedianya kapasitor dengan nilai $701,27 \mu F$ maka digunakan kapasitor dengan nilai $940 \mu F$

2.5. Rangkaian Kontrol IC 4047

Perancangan rangkaian osilator pulsa yang digunakan dapat dilihat pada gambar 5.

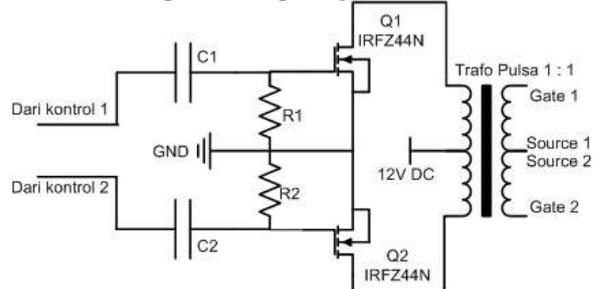


Gambar 5. Kontrol Osilator Pulsa dengan IC 4047

Rangkaian osilator pulsa ini menggunakan IC 4047 untuk menghasilkan gelombang kotak untuk pemicuan Mosfet IRFZ44 pada rangkaian driver. Gelombang kotak yang dihasilkan dapat bervariasi. Pada penelitian digunakan 9kHz.

2.6. Rangkaian Driver dan Trafo Pulsa Inti Ferit

Rangkaian driver dan trafo pulsa inti ferit untuk *Flyback Converter* ini dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini :

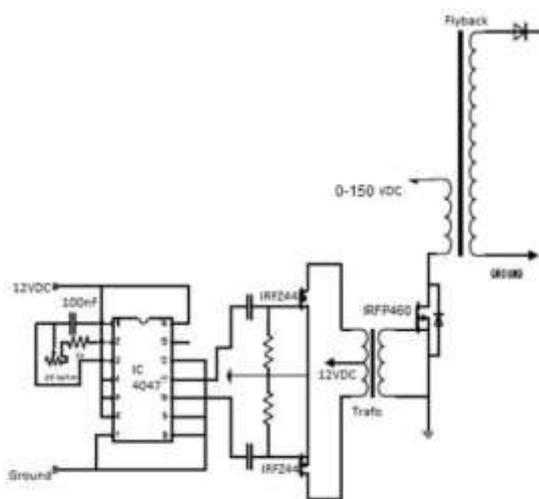


Gambar 6. Skema rangkaian driver dan trafo pulsa inti ferit

Rangkaian driver terdiri atas 2 buah mosfet IRFZ44 dan sebuah trafo pulsa. Trafo pulsa ini merupakan trafo inti ferit dengan perbandingan 1:1, keluaran dari trafo pulsa berupa tegangan gelombang kotak 12volt, dengan frekuensi tinggi sesuai yang diatur melalui IC4047. Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa trafo pulsa merupakan trafo dengan konfigurasi *single switch*. Hal ini dapat dilihat pada sisi sekunder trafo inti ferit yaitu *gate* dan *source* yang nantinya akan digunakan memicu *Flyback converter*.

2.7. Perancangan Driver pembangkit Tegangan Tinggi Impuls

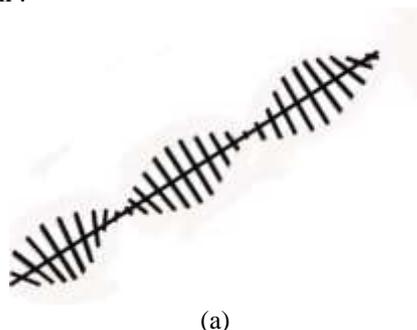
Perancangan driver pembangkit tegangan tinggi impuls terdiri dari dua bagian utama yaitu rangkaian daya dengan menggunakan rangkaian *Flyback converter* dan rangkaian kontrol yaitu osilator pulsa dengan menggunakan IC 4047. Skema rangkaianannya dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini :



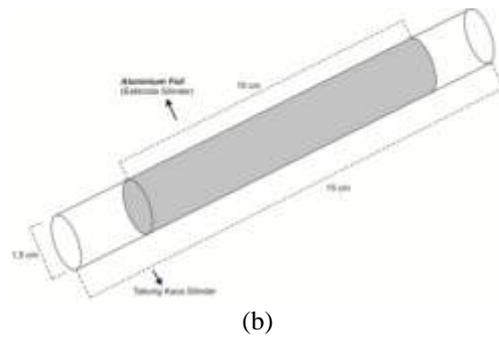
Gambar 7 Skema Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi

2.8. Reaktor Pereduksi Asap

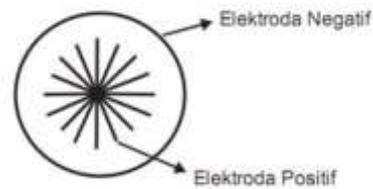
Reaktor plasma sterilisasi susu menggunakan konfigurasi elektroda jarum-bidang yang diberi jarak sela udara. Bentuk dan gambar elektroda dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Konfigurasi elektroda reaktor plasma lucutan korona

- (a) Elektroda tegangan tinggi / spiral
- (b) Elektroda ground / silinder
- (c) Bentuk konfigurasi elektroda tampak dari samping

Elektroda positif berbentuk spiral terbuat dari kawat tembaga dengan diameter 1 mm dan panjang 15 cm dengan *spike* (gerigi) sepanjang 1,2 cm yang kemudian dipilin untuk menghasilkan bentuk spiral. Elektroda negatif berupa silinder terbuat dari bahan *Aluminium Foil* dengan panjang 10 cm dan diameter sebesar 1,5 cm. Antara elektroda positif dan negatif terdapat dielektrik penghalang berupa kaca tabung dengan tebal 1 mm. Dielektrik ini berfungsi sebagai penghalang supaya tidak terjadi breakdown antara elektroda positif dan elektroda negatif.

2.9. Rokok

Pada saat rokok dihisap komposisi rokok dipecah menjadi komponen lainnya, misalnya komponen yang cepat menguap akan menjadi asap bersama-sama dengan komponen lainnya terkondensasi. Dengan demikian komponen asap rokok yang dihisap oleh perokok terdiri dari bagian gas (85%) dan bagian partikel (15%).

Rokok mengandung kurang lebih 4.000 jenis bahan kimia, dengan 40 jenis di antaranya bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker), dan setidaknya 200 diantaranya berbahaya bagi kesehatan. Racun utama pada rokok adalah tar, nikotin, dan karbon monoksida (CO).

1. Tar

Tar merupakan bagian partikel rokok sesudah kandungan nikotin dan uap air diasingkan. Tar adalah

senyawa polinuklin hidrokarbon aromatika yang bersifat karsinogenik.

2. Nikotin

Komponen ini paling banyak dijumpai di dalam rokok. Nikotin yang terkandung di dalam asap rokok antara 0.5-3 ng, dan semuanya diserap, sehingga di dalam cairan darah atau plasma antara 40-50 ng/ml. Nikotin merupakan alkaloid yang bersifat stimulan dan pada dosis tinggi bersifat racun.

3. Karbon Monoksida (CO)

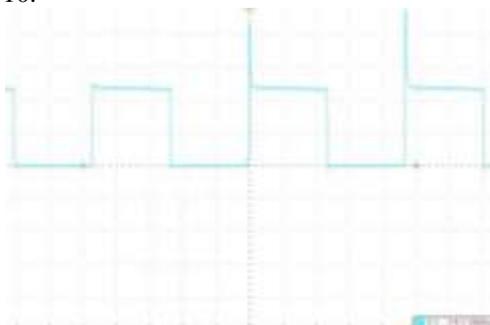
Gas karbon monoksida (CO) adalah sejenis gas yang tidak memiliki bau. Unsur ini dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari unsur zat arang atau karbon. Gas karbon monoksida bersifat toksis yang bertentangan dengan oksigen dalam transpor maupun penggunaannya.

3. Hasil dan Analisa

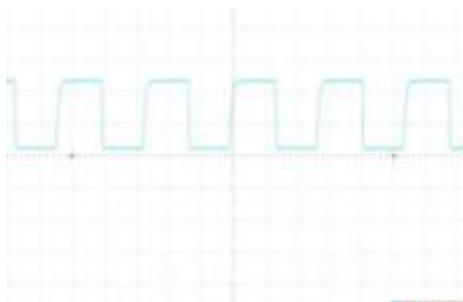
Pengujian dan analisa dilakukan dalam tugas akhir ini adalah pengujian terhadap hardware dan pada sistem secara keseluruhan.

3.1. Pengujian Gelombang Keluaran

Gelombang hasil pengukuran keluaran rangkaian driver dan isolator pulsa IC 4047 dapat dilihat pada Gambar 9 dan keluaran rangkaian IC TL494 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Gelombang hasil pengukuran tegangan keluaran rangkaian driver dan isolator pulsa IC4047

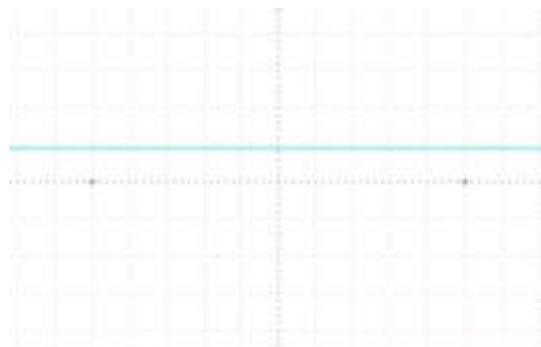


Gambar 10. Gelombang hasil pengukuran tegangan keluaran rangkaian isolator pulsa TL494

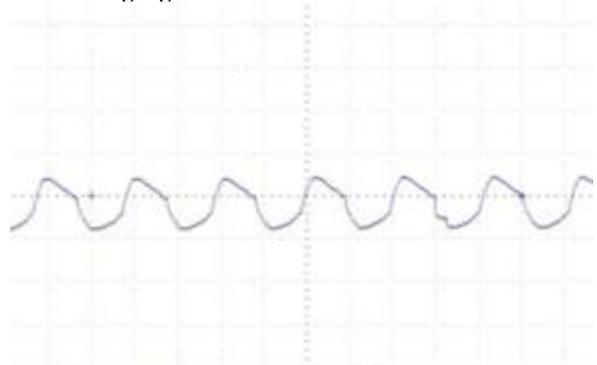
Pada gambar 9 terlihat bahwa gelombang kotak keluaran driver memiliki amplitudo sebesar 2,3 div dengan volt/div = 5 v dan faktor pengali 1x maka tegangan yang dihasilkan yaitu 11,5 volt, Mosfet IRFP460 memiliki tegangan pemecuan kurang lebih 20 volt, sehingga tegangan keluaran driver dan isolator pulsa ini masih dapat digunakan untuk memicu Mosfet IRFP460.

Pada gambar 10 terlihat bahwa gelombang kotak keluaran driver memiliki amplitudo sebesar 2,2 div dengan volt/div= 5 volt dan faktor pengali 1x, maka tegangan yang dihasilkan yaitu 11 volt, mosfet yang digunakan IRFP460 sehingga tegangan yang dihasilkan TL494 masih sesuai untuk memicu mosfet IRFP460.

Gelombang hasil pengukuran keluaran DC Chopper tipe cuk dan tegangan tinggi dapat dilihat pada gambar 11 dan 12 berikut ini :



Gambar 11. Gelombang keluaran hasil pengukuran tegangan keluaran cuk converter



Gambar 12. Gelombang keluaran hasil pengukuran tegangan keluaran pembangkit tegangan tinggi.

Gambar 11 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran cuk converter yaitu 0,98 div dengan dutycycle 9,6% maka besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan cuk converter yaitu ;

$$V = 0,98\text{div} \times 50 \text{ volt/div} \times 1 = 49 \text{ volt}$$

Gambar 12 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan dari trafo tegangan tinggi yaitu 1,2 div. Dengan masukan dari *cuk converter* 3,6 volt dihitung sebagai berikut :

$$V = 1,2 \text{ div} \times 5 \text{ volt/div} \times 1000$$

$$= 6000 \text{ volt}$$

$$f = 10,54$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Data perhitungan tegangan tinggi

No	Duty Cycle (%)	V _{in} Cuk (V)	V _o Cuk (V)	Tegangan Tinggi (kV)	Kondisi Elektroda
1	5,8	42,3	2,4	4,0	Tak Berpendar
2	9,6	41,8	3,6	6,4	Tak Berpendar
3	12,6	40,6	5,0	8,4	Tak Berpendar
4	15,5	39,7	5,8	10,6	Berpendar
5	18,4	39,3	6,6	12,2	Berpendar
6	22,1	37,5	7,6	14,2	Berpendar
7	26,2	35,5	8,9	16,2	Berpendar
8	32,0	32,7	10,0	18,2	Berpendar
9	33,2	28,7	11,4	21,0	Busur Api

Gelombang impuls yang dihasilkan dari keluaran *Flyback* hampir mendekati tegangan impuls berbentuk baji tetapi memiliki penurunan tegangan yang untuk gelombang selanjutnya tidak menurun curam tetapi setelah puncak gelombang memiliki punggung untuk mencapai pulsa berikutnya, hal ini dikarena gelombang *flyback* menghasilkan efek kapasitif karena *Flyback* yang digunakan merupakan *Flyback* universal yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi DC sehingga saat diberi frekuensi tinggi untuk menghasilkan impuls masih terkena dampak kapasitif sehingga memunculkan adanya punggung pada gelombang.

3.2. Perhitungan Konsumsi Daya

Daya yang dibutuhkan oleh tugas akhir ini dapat dihitung dari konsumsi daya pada DC-DC converter dan osilator pulsa pada *flyback converter* dengan tidak menghubungkan keluaran DC-DC converter dengan tegangan tinggi.

Contoh perhitungan daya yang dikonsumsi pada DC-DC converter adalah sebagai berikut.

$$P_{DC1} = 49,8 \times 0,02$$

$$= 0,996 \text{ Watt}$$

Contoh perhitungan daya yang dikonsumsi pada osilator pulsa

$$P_{DC2} = V_{DC2} \times I_{DC2}$$

$$= 12 \times 0,04$$

$$= 0,48 \text{ Watt}$$

Tabel 3. Perhitungan Konsumsi Daya pada DC-DC converter

No	Duty Cycle (%)	V _{in} (V)	I _n (A)	P _{DC1} (Watt)
1	10	49,8	0,02	0,996
2	20	49,4	0,02	0,988
3	30	49,3	0,03	1,479
4	40	49,0	0,06	2,94
5	50	48,5	0,10	4,85
6	60	47,3	0,17	8,041

Tabel 4. Perhitungan Konsumsi Daya pada Osilator Pulsa

No	Duty Cycle (%)	V _{in} (V)	I _n (A)	P _{DC2} (Watt)
1	10	12	0,04	0,48
2	20	12	0,08	0,96
3	30	12	0,12	1,44
4	40	12	0,17	2,04
5	50	12	0,20	2,40
6	60	12	0,23	2,76

3.3. Pengujian Tegangan Tinggi Pada Asap Rokok

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan tinggi impuls terhadap kandungan gas CO pada asap rokok. Dalam pengujian ini reaktor diberikan tegangan tinggi yang bervariasi, mulai dari 4kV, 8kV, 10kV, 18kV. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengalirkan asap rokok pada elektroda silinder selama 2 menit dengan variasi kecepatan aliran gas yang didorong oleh kipas DC 12 Volt dengan mengatur kecepatan 1744 RPM, 1232 RPM, 869 RPM. Kemudian kita amati nilai kandungan CO pada asap rokok yang terbaca oleh sensor gas yang dihubungkan ke komputer guna mengetahui perbedaan antara kandungan gas CO pada asap rokok di sisi *inlet* (sebelum dikenai tegangan tinggi) dan di sisi *outlet* (setelah dikenai tegangan tinggi). Setelah mengetahui perbedaan kandungan gas sebelum dan setelah dikenai tegangan tinggi, dihitung efisiensi pereduksiannya dengan rumus sebagai berikut (Nur,2003):

$$\text{Persentase reduksi CO} = \left(1 - \frac{C_{iCO}}{C_{oCO}}\right) \times 100\%$$

Dengan

- C_{oCO} : konsentrasi CO sebelum direduksi
- C_{tCO} : konsentrasi CO sesudah direduksi

Untuk mengetahui efisiensi reduksi CO, diberikan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase reduksi CO} = \left(1 - \frac{C_{iCO}}{C_{oCO}}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{10,18}{10,48}\right)$$

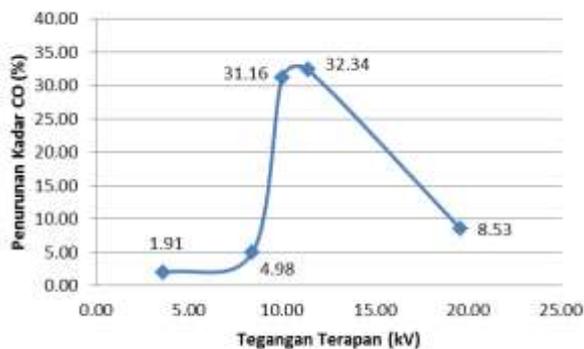
$$= 2,86 \%$$

Dengan cara perhitungan yang sama, diperoleh efisiensi reduksi untuk CO ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Tegangan Tinggi Impuls dan Kecepatan Aliran Gas Terhadap Penurunan Kadar Gas CO Pada Asap Rokok

Kec. Kipas (RPM)	V Tinggi (kV)	CO inlet (ppm)	CO outlet (ppm)	Reduksi (%)	Kondisi Elektroda
1744	0	13,13	13,07	0,46	Tak Berpendar
	3,60	10,48	10,28	1,91	Tak Berpendar
	8,40	10,05	9,55	4,98	Tak Berpendar
	10,00	11,52	7,93	31,16	Berpendar
	11,40	10,42	7,05	32,34	Berpendar
	19,60	9,38	8,58	8,53	Busur Api
1232	4,00	16,37	15,33	6,35	Tak Berpendar
	8,20	10,61	8,60	18,94	Berpendar
	10,00	15,81	9,21	41,75	Berpendar
	12,00	12,03	8,78	27,02	Berpendar
	20,00	12,19	11,86	2,71	Busur Api
869	4,00	12,89	12,58	2,40	Tak Berpendar
	8,20	12,11	10,03	17,18	Berpendar
	10,20	12,97	8,11	37,47	Berpendar
	12,80	13,72	9,17	33,16	Berpendar
	21,02	17,07	15,70	8,03	Berpendar

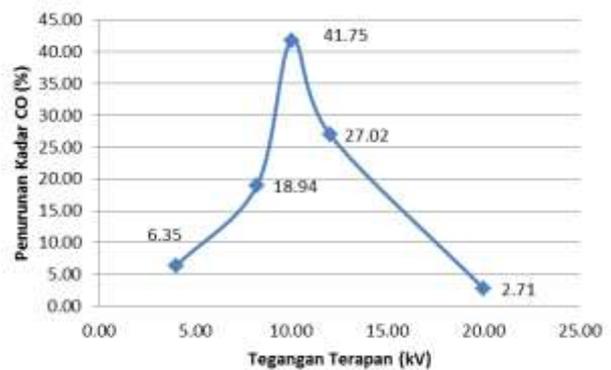
Tabel di atas merupakan data hasil pengujian pengaruh variasi tegangan tinggi dan kecepatan aliran gas terhadap penurunan kadar gas CO pada asap rokok. Tabel tersebut menunjukkan adanya peningkatan level tegangan tinggi pada nilai tertentu sehingga terjadi *glowing* atau korona berwarna ungu pada elektroda dimana korona ini dimanfaatkan sebagai media pereduksi gas CO. Dapat kita lihat bahwa *glowing* terjadi ketika tegangan mencapai 8kV sampai kurang dari 20kV, selebihnya akan terjadi *arching* atau lompatan elektron di satu titik yang menyebabkan terjadinya bunga api, saat fenomena arching terjadi tegangan akan jatuh (*drop*) sangat rendah.



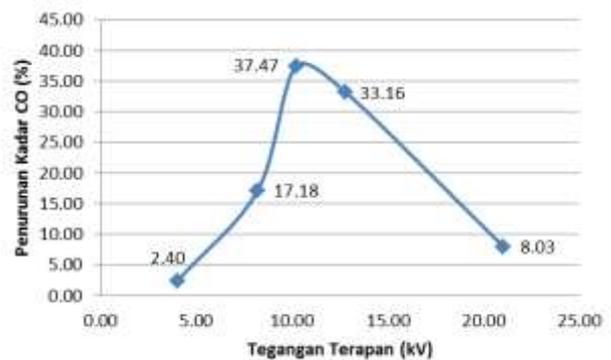
Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Tegangan Tinggi dengan Penurunan Kadar CO Variasi Kecepatan Kipas 1744 RPM

Gambar 13 merupakan grafik hubungan antara tegangan tinggi dengan penurunan kadar CO variasi

kecepatan kipas 1744 RPM. Dari grafik tersebut terlihat bahwa penurunan kadar CO pada asap rokok saat tidak dikenai tegangan sebesar 0,46% mendekati nol, artinya sedikit sekali gas CO yang terurai. Sedangkan pada tegangan 3,60kV diperoleh nilai penurunan sebesar 2,86%, pada tegangan 8,40kV diperoleh penurunan sebesar 2,99%, pada tegangan 10,00kV sebesar 31,16%, pada tegangan 11,40kV sebesar 32,34%, dan pada tegangan 19,60kV diperoleh nilai penurunan sebesar 8,53% lebih rendah dari tegangan sebelumnya. Hal ini terjadi karena pada tegangan 19,60kV telah terjadi *breakdown* atau gagal isolasi udara sehingga tegangan jatuh (*drop*).



Gambar 14. Grafik Hubungan Antara Tegangan Tinggi dengan Penurunan Kadar CO Variasi Kecepatan Kipas 1232 RPM



Gambar 15. Grafik Hubungan Antara Tegangan Tinggi dengan Penurunan Kadar CO Variasi Kecepatan Kipas 869 RPM

Gambar 15 merupakan grafik hubungan antara tegangan tinggi dengan penurunan kadar CO variasi kecepatan kipas 869 RPM. Dari grafik tersebut terlihat bahwa penurunan kadar CO pada asap rokok saat dikenai tegangan 4,00kV adalah 9,39%. Sedangkan pada tegangan 8,20kV diperoleh nilai penurunan sebesar 17,18%, pada tegangan 10,20kV diperoleh penurunan sebesar 37,47%, pada tegangan 12,80kV sebesar 6,22%,

dan pada tegangan 20,00kV mengalami penurunan sebesar 18,81%.

Dari ketiga variasi kecepatan kipas dapat kita lihat bahwa kecepatan kipas 869 RPM yang paling efektif dimana pada variasi ini terdapat nilai penurunan kadar CO tertinggi yaitu 41,75% pada tegangan 10,00kV dan 27,02% pada tegangan 12,00kV. Hal ini disebabkan karena semakin kecil tegangan masukan kipas maka semakin pelan kecepatan aliran gas dan semakin sering gas CO terbentur oleh lucutan elektron di dalam elektroda.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya *DC-DC converter tipe cuk* sebagai catu daya *flyback converter* sudah berhasil dibuat. Untuk mendapatkan tegangan tinggi sebesar 4,0kV, 6,4kV, 8,4kV, 10,6kV, 12,2kV, 14,2kV, 16,2kV, dan 18,2kV diperlukan *duty cycle* secara berurutan sebesar 5,8%, 9,6%, 12,6%, 15,5%, 18,4%, 22,1%, 26,2%, 33,0%. Dari beberapa level tegangan tinggi yang divariasikan persentase penurunan terbesar kadar gas CO pada asap rokok terjadi pada tegangan 10kV, yakni dari 15,81 ppm turun menjadi 9,21 ppm setelah dikenai tegangan tinggi dan penurunan kadar gas CO terbesar terjadi saat elektroda mengalami *glowing* atau korona pada tegangan antara 10kV sampai 18kV. Saat terjadi *arching* persentase penurunan kadar gas CO turun, *arching* terjadi pada tegangan 20kV yang hanya mampu mereduksi 2,7% berbeda jauh dengan kondisi *glowing* yang mampu mereduksi sampai 41,75%. Kecepatan aliran fluida berpengaruh pada proses pereduksian gas CO, semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar kemungkinan gas CO yang lolos dan tidak mengalami benturan dengan korona.

Referensi

[1]. Veldhuizen, E. M. dan Rutgers, W. R., 2002, *Corona Discharge: Fundamental and Diagnostic*, Journal Physics D:Appl. Phys., vol 35, pp 2169-2175

[2]. Syakur, Abdul dan Facta, Mochammad, 2005, "Perbandingan Tegangan Tembus Media Isolasi Udara Dan Media Isolasi Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Bidang-Bidang", Transmisi, Vol 10, No. 2, Desember 2005 : 26 – 29

[3]. Syahbi, Anggakara, Tugas Akhir; "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC Untuk Proses Powder Coating Secara Elektrostatik", Universitas Diponegoro, 2011.

[4]. Abduh, Syamsir, "Teknik Tegangan Tinggi", Jakarta, Salemba Teknika, 36-38.

[5]. Arismanandar, Artono, "Teknik Tegangan Tinggi", Jakarta, PT Pradnya Paramita, 2001, 30-35.

[6]. Rashid, M. H., "Power Electronics: Handbook", University of Florida, Florida, 2001.

[7]. Salam, Zainal. "Power Electronics and Driver", 2002, Ver.2.

[8]. Kurniawan, Singgih. "Maximum Power Point Tracking(MPPT) dengan Konverter DC-DC Tipe Cuk Menggunakan Metode Logika Fuzzy pada Fotovoltaik", Universitas Diponegoro, 2012.

[9]. Rashid, M. H., *Power Electronics: Circuits and Application*, Edisi kedua, Prentice International, New Delhi, India, 1996.

[10]. C. D. Mathers and D. Loncar, "Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030," PLoS Medicine, vol. 3, no. 11, pp. 2011–2030, 2006.

[11]. Dedi, Novrita Idayanti, Asep Yudi, *Karakterisasi Magnet Ferrite E-core untuk Aplikasi Power Supply DC to DC (28 to 48 Volt DC)*, Seminar Nasional Pengembangan Program R&D Mikroelektronika dsn Aplikasinya, Bandung, 2003

[12]. Arifin, Fajar, Tugas Akhir; *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona*, Universitas Diponegoro, 2009.

[13]. Susilowati, Galuh, Tugas Akhir, "Perbandingan Konfigurasi Geometri Elektroda Pada Reaktor Plasma Lucutan Korona Tegangan Tinggi Impuls dan Aplikasinya sebagai Pengolah Limbah Cair", Universitas Diponegoro, 2011.

[14]. Logitra Purba, Irfan., *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Mengurangi Jumlah Bakteri pada Susu Perah*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2013.

[15]. Setyaningrum, D. H., *Aplikasi Plasma Lucutan Penghalang Dielektrik Dengan Reaktor Berkonfigurasi Spiral-Silinder Menggunakan Gas Sumber Oksigen (O₂) Murni Untuk Menghasilkan Gas Ozon (O₃)*, Skripsi S-1, Jurusan Fisika MIPA Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.

[16]. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar Indonesia (Riskesdas)*, BPPK Kementerian Kesehatan RI, Jakarta, 2010.