

Pengujian Filter Partikulat Asap Rokok *Electrostatic Precipitator* Dengan Elektroda Tembaga Dan Aluminium

Ika Novia Anggraini^{1,2*}, Elita Amrina¹, Afriyastuti Herawati^{1,2}, Raydian Rafflecio Andromeda², Yuli Rodiah²

¹Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas, ²Teknik Elektro Universitas Bengkulu, E-mail ikanovia@unib.ac.id

ABSTRAK

Asap rokok merupakan sumber polusi udara, terutama di dalam ruangan. Asap dari pembakaran rokok tidak hanya menguap ke udara, tetapi ada residu nikotin yang menempel pada debu atau barang-barang di sekitar perokok, seperti pakaian, karpet, dinding. Filter asap atau smoke particulate filter adalah sesuatu yang sangat dibutuhkan untuk mengurangi polutan di dalam ruangan. Penelitian tentang "Pengujian Filter Partikulat Asap Rokok *Electrostatic Precipitator* (ESP) dengan Elektroda Tembaga dan Aluminium" bertujuan untuk menganalisis perbandingan penggunaan elektroda tembaga dan aluminium sebagai filter pada ESP. Pada penelitian ini digunakan generator DC tegangan tinggi dengan menggunakan metode full wave cascade, untuk tegangan tinggi yang berhasil dihasilkan dengan metode full wave cascade ini adalah 2,25 kV hingga 5,46 kV. Dari hasil pengujian, ditemukan bahwa perbedaan kadar (ΔPM_{10}) antara wadah inlet dan outlet (ΔPM_{10}) menggunakan plat tembaga lebih tinggi dibandingkan menggunakan plat aluminium. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa peningkatan tegangan menyebabkan lebih banyak (ΔPM_{10}) tingkat yang akan disaring.

Kata kunci : *Presipitator Elektronik, Filter partikulat, dan Kaskade Full Wave*

ABSTRACT

Cigarette smoke is a source of air pollution, especially indoors. The smoke from burning cigarettes doesn't just evaporate into the air, but there is nicotine residue that sticks to the dust or items around the smoker, such as clothes, carpets, walls. A smoke filter or smoke particulate filter is something that is really needed to reduce pollutants in the room. Research on "Testing *Electrostatic Precipitator* (ESP) Cigarette Smoke Particulate Filters with Copper and Aluminum Electrodes" aims to analyze the comparison of the use of copper and aluminum electrodes as filters on ESP. In this research, a high voltage DC generator was used using the full-wave cascade method, for the high voltage that was successfully generated by this full-wave cascade method was 2.25 kV to 5.46 kV. From the test results, it was found that the difference in

(ΔPM_{10}) levels between the inlet and outlet containers (ΔPM_{10}) using a copper plate was higher than using an aluminum plate. When the DC high voltage value is 2.25 kV, the value of ΔPM_{10} is $285 \mu g/m^3$, when the voltage is 4.41 kV, the value of ΔPM_{10} is $472 \mu g/m^3$, and when the voltage is 5.46 kV, the value of ΔPM_{10} is $551 \mu g/m^3$. In addition, it can be concluded that increasing the voltage causes more (ΔPM_{10}) levels to be filtered.

Key words : *Electronic Precipitator, Filter partikulat, Kaskade Full Wave*

1. PENDAHULUAN

Polusi udara yang ditimbulkannya sebagai asap rokok lingkungan atau *Environment Tobacco Smoke* (ETS). Mereka yang menghisap ETS disebut juga sebagai perokok pasif atau *Secondhand Smoke* (SHS), perokok pasif ini tidak merokok tetapi terpaksa menghisap asap rokok dari lingkungannya. Asap sisa pembakaran rokok tidak begitu saja menguap ke udara, namun, ada residu nikotin yang menempel pada debu atau barang-barang di sekitar kita, misalnya baju, karpet, dinding. Debu nikotin ini tidak akan hilang dalam waktu pendek sehingga akan terhirup oleh orang lain meskipun perokok sudah meninggalkan tempat [1].

Penyaring asap atau *filter* partikulat asap merupakan sesuatu hal yang sangat dibutuhkan untuk mengurangi polutan yang berada dalam ruangan. Pada zaman sekarang telah dibuat solusi untuk mengurangi dampak asap rokok pada ruangan dengan cara memberikan ruangan khusus perokok. Namun sekarang masih jarang untuk terdapat teknologi untuk mengurangi kadar debu yang disebabkan oleh aktivitas merokok.

Pada penelitian ini digunakan rangkaian untuk mendukung prinsip kerja dari ESP yaitu rangkaian pembangkitan tegangan tinggi DC dengan metode *kaskade full-wave*. Penggunaan rangkaian pengganda tegangan *Kaskade* sudah cukup banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Karena komponen yang digunakan sangat sederhana, maka penerapan rangkaian *Kaskade* dapat menggunakan komponen dengan ukuran yang kecil

[2]. Rangkaian yang digunakan yaitu *kaskade full-wave* dikarenakan rangkaian tersebut memiliki nilai tegangan jatuh dan tegangan riak yang kecil jika dibandingkan dengan *kaskade half-wave* [3]. Pada penelitian ini digunakan elektroda tembaga dan aluminium sebagai filter partikulat.

2. KERANGKA TEORITIS

Penelitian rancang bangun prototipe alat pengendap debu elektrostatis sebelumnya menggunakan *filter* pelat aluminium dan model filternya *vertical*. Menurut hasil penelitian tersebut debu yang mengendap pada filter dipengaruhi beberapa faktor yaitu pengaruh medan elektrostatis yang dihasilkan tegangan tinggi DC, adanya gaya gravitasi bumi dan sirkulasi udara. Selama proses pengendapan debu, *filter* yang digunakan tertutup debu secara terus-menerus. Tertutupnya permukaan aluminium mengurangi medan listrik yang dihasilkan, karena terhalang lapisan debu. Kecilnya medan listrik akan mengakibatkan gaya yang dibutuhkan untuk menarik debu juga akan berkurang, sehingga jumlah debu yang mampu diendapkan akan semakin berkurang [4].

Berdasarkan keputusan menteri negara lingkungan hidup nomor: KEP 45/MNLH/1997 menunjukkan bahwa indeks standar pencemaran udara (ISPU) ditunjukkan pada Tabel 1 [5].

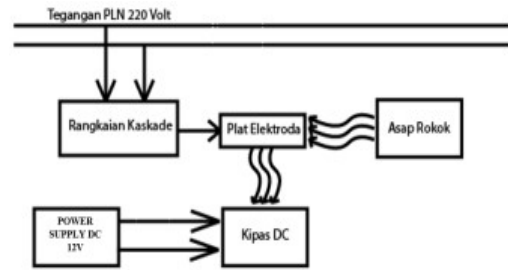
TABEL 1
Indeks Pencemaran Udara Pada Parameter Partikulat (PM_{10})

Kategori	Rentang	Partikulat (PM_{10})
Baik	0-50	Tidak ada efek
Sedang	51-100	Terjadi penurunan jarak pandang
Tidak Sehat	101-199	Jarak pandang menurun dan debu dimana-mana
Sangat Tidak Sehat	200-299	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma
Berbahaya	>300	Berbahaya bagi pernapasan

Electrostatic Precipitator (ESP) adalah perangkat filtrasi yang menggunakan konsep *electrostatic* untuk mengionisasi partikel halus seperti debu dan asap dari gas yang mengalir menggunakan kekuatan sebuah induksi muatan elektrostatis [6]. ESP ini memiliki efisiensi yang tinggi (mencapai diatas 90%) dan rentang partikel yang didapat cukup besar [7].

3. METODE PENELITIAN

A. DIAGRAM BLOK PERANCANGAN



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan

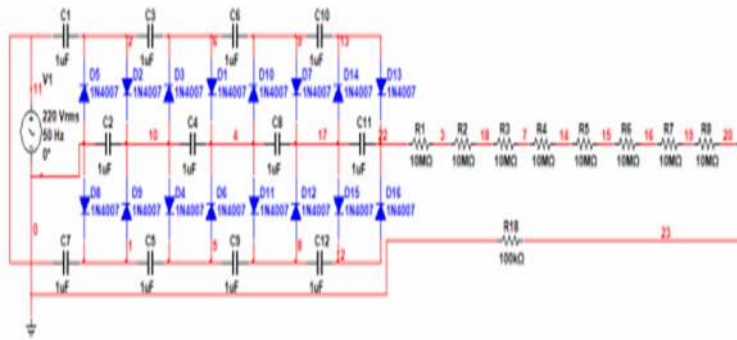
Berdasarkan Gambar 1 merupakan diagram blok perancangan *prototype*, pada perancangan ini terdapat beberapa bagian utama. Pertama yaitu tegangan PLN 220 V yang nantinya digunakan sebagai sumber tegangan untuk menyuplai rangkaian kaskade atau rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC. Rangkaian kaskade merupakan salah satu bagian dari perancangan *prototype*, rangkaian kaskade ini merupakan rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC yang dihubungkan ke pelat elektroda untuk proses *ionisasi*. Pelat elektroda merupakan wadah atau tempat terjadinya *ionisasi* dari asap rokok, untuk pada pelat elektroda ini nantinya akan terhubung ke kipas DC 12 V, kipas DC 12 V ini berfungsi untuk mengalirkan udara pada *prototype*. Untuk dapat menggunakan kipas DC 12 V maka perlu adanya sumber tegangan 12 Vdc, dimana untuk tegangan 12 Vdc ini nantinya berasal dari perancangan pembuatan *power supply* DC 12V. Perancangan *power supply* DC ini merupakan tegangan DC hasil dari penyearah dioda jembatan, sehingga penyearah ini menghasilkan tegangan DC yang mendekati tegangan DC murni.

B. Perancangan Rangkaian *Kaskade Full-Wave*

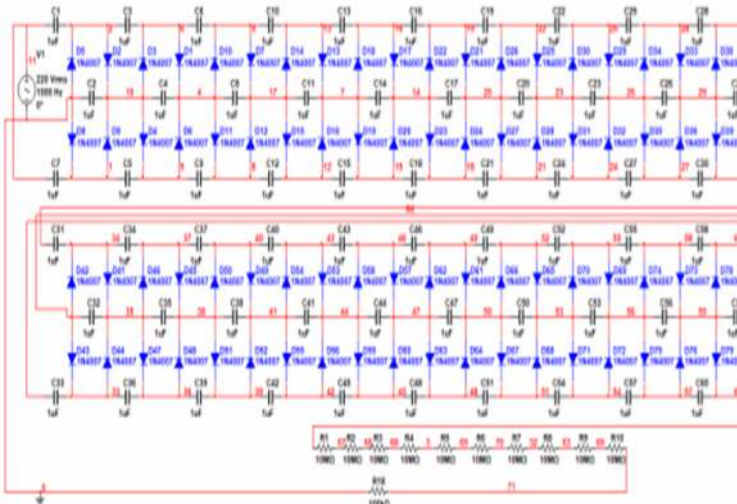
Alat tegangan tinggi DC yang digunakan sebagai rangkaian penyearah sekaligus pengganda tegangan dikenal sebagai rangkaian pengganda tegangan *kaskade full-wave*. Rangkaian ini menghasilkan tegangan tinggi DC sesuai dengan tingkatan yang digunakan pada rangkaian. Pada alat ini terdapat 5 variasi dari tingkatan untuk rangkaian *kaskade full-wave*, adapun tingkatan tersebut yaitu 4 tingkat, 8 tingkat, 12 tingkat, 16 tingkat, dan 20 tingkat. Rangkaian ini dibuat dari rangka utama yang terbuat dari bahan akrilik. Sebelum dibuat *hardware* dari alat ini, dilakukan simulasi dengan *software* NI-Multisim agar mendapatkan nilai dari kapasitor dan diode yang digunakan. Adapun rangkaian yang telah disimulasikan terdapat pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUJIAN PEMBANGKIT TEGANGAN TINGGI



(a)



(b)

Gambar 2. Rangkaian Kaskade Full-Wave, (a) 4 Tingkatan, (b) 20 Tingkatan

Setelah dilakukan simulasi pada beberapa 4 tingkat, 8 tingkat, 12 tingkat, 16 tingkat, dan 20 tingkat. Maka diperoleh hasil pengukuran tegangan simulasi yang terdapat pada Tabel 1.

TABEL 2

Hasil Pengukuran Simulasi Pembangkit Tegangan Tinggi DC

n	$V_s(V)$	$V_{min_{simulasi}} (V)$
4	220	2467
8	220	4678
12	220	4926
16	220	4928
20	220	5519

Berdasarkan Tabel 2 merupakan hasil simulasi dengan menggunakan *software* NI-Multisim didapatkan bahwa tegangan yang dihasilkan tidak bisa mencapai lebih dari 5,5 kV dan tegangan terkecil yang dihasilkan yaitu sebesar 2,4 kV.



Gambar 3. Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Gambar 3 adalah rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC *kaskade full-wave*. Pada perancangan ini digunakan beberapa tingkatan rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC, adapun tingkatan yang digunakan yaitu sebanyak 4 tingkat, 8 tingkat, 12 tingkat, 16 tingkat, dan 20 tingkat. Untuk setiap 4 tingkat akan dibuat sebagai 1 modul tetap, yang artinya terdapat 4 tingkat pada satu modul pembangkit tegangan tinggi DC tersebut. Pembangkit tegangan tinggi DC ini dihubungkan pada sumber jala-jala PLN (220 V). *Output* dari rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC dihubungkan seri terhadap rangkaian pembagi tegangan agar dapat diukur nilai dari *output* yang dihasilkan. Untuk rangkaian pembagi tegangan digunakan sebagai metode pengukuran dengan total tahanan yang digunakan sebesar 100,01 M Ω , namun pada saat dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur tahanan didapatkan nilai dari tahanan yang digunakan sebesar 97,4 M Ω , sehingga terdapat sedikit perbedaan antara nilai tahanan berdasarkan *datasheet* dan nilai tahanan ukur sebesar 2,6%.

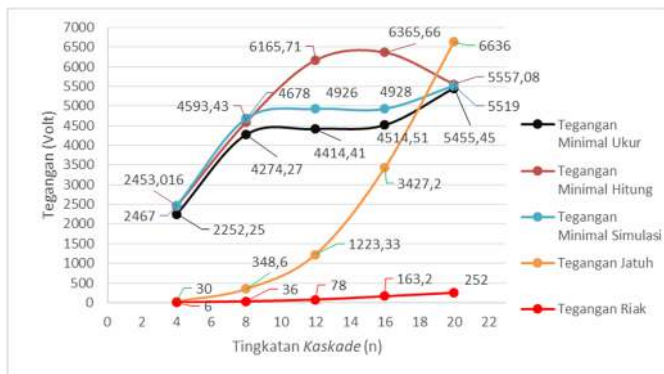
Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai V_{min} hitung untuk pembangkitan tegangan tegangan tinggi 4 tingkat sebesar 2,45 kV. Nilai dari V_{min} hitung ini dipengaruhi dengan adanya nilai tegangan jatuh (ΔV) dan nilai tegangan *ripple* (δV). Perhitungan juga dilakukan untuk variasi tingkatan yang digunakan yaitu 8 tingkat, 12 tingkat, 16 tingkat, dan 20 tingkat. Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan tabel hasil perhitungan seperti pada Tabel 3.

Terdapat dua daya pada pembangkitan *kaskade fullwave* ini, yaitu daya *input* (P_{in}) dan daya *output* (P_{out}). Oleh karena itu diperlukannya perhitungan dari nilai efisiensi daya pembangkitan *kaskade full-wave*. Maka hasil dari perhitungan efisiensi daya didapatkan Tabel 4.

TABEL 3
Hasil Pengujian Pembangkit Tegangan Tinggi DC

n	V_s (V)	V_{out} ukur (V)	V_{maks} (V)	V_{min} □ ukur (V)	V_{min} □ hitung (V)	V_{min} □ simulasi (V)	Arus (mA)	ΔV (V)	δV (V)
4	222,2	2,25	2489,02	2252,25	2453,016	2467	0,03	30	6
8	222,2	4,27	4978,03	4274,27	4593,43	4678	0,05	348,6	36
12	222,2	4,41	7467,05	4414,41	6165,71	4926	0,05	1223,33	78
16	222,2	4,51	9956,06	4514,51	6365,66	4928	0,06	3427,2	163,2
20	222,2	5,45	12445,08	5455,45	5557,08	5519	0,06	6636	252

Nilai dari V_{min} ukur dan V_{min} hitung memiliki sedikit perbedaan, dikarenakan kurang akuratnya alat ukur yang dipakai dalam mengukur arus yang kecil dan nilai dari V_{min} hitung memiliki sedikit perbedaan hal ini dikarenakan pada saat perhitungan digunakannya arus yang didapatkan dari proses pengukuran bukan arus dalam keadaan ideal. Sehingga berdasarkan data tersebut didapatkan tegangan optimal pembangkitan yaitu pada saat 4 tingkatan karena memiliki nilai tegangan jatuh dan tegangan riak yang paling kecil. Setelah didapatkan data hasil pengujian seperti pada Tabel 2, maka dapat dibuat grafik perbandingan antara tingkatan terhadap V_{min} ukur, V_{min} hitung, V_{min} simulasi, tingkatan terhadap V_{min} ukur, V_{min} hitung, V_{min} simulasi, ΔV dan δV .



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tingkatan Kaskade Terhadap V_{min} ukur, V_{min} hitung, V_{min} simulasi, ΔV , dan δV

Pada setiap kenaikan tingkatan yang digunakan pada pembangkit tegangan tinggi DC, maka nilai V_{min} ukur yang dihasilkan juga akan semakin besar, seperti pada saat menggunakan 4 tingkatan nilai V_{min} ukur yang dapat dibangkitkan sebesar 2,25 kV, dan pada saat menggunakan 20 tingkatan didapat nilai V_{min} ukur yang dihasilkan sebesar 5,46 kV. Untuk nilai tegangan jatuh (ΔV) yang dihasilkan juga meningkat seiring bertambahnya jumlah dari tingkatan pembangkit yang digunakan.

TABEL 4
Hasil Perhitungan Efisiensi Daya

N	V_s (V)	I_s (mA)	V_{min} (kV)	I (mA)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	η (%)
4	222,2	2,98	2,25	0,03	0,662	0,067	10,12
8	222,2	5,5	4,27	0,05	1,222	0,214	17,51
12	222,2	5,6	4,41	0,05	1,244	0,221	17,75
16	222,2	5,9	4,51	0,06	1,311	0,271	20,66
20	222,2	6,4	5,46	0,06	1,422	0,327	22,99

Tegangan sumber yang digunakan sama yaitu tegangan jala-jala PLN sebesar 220 V. Berdasarkan perbedaan ini nantinya akan didapatkan nilai efisiensi daya (η) dengan nilai efisiensi sebesar 10,12 % saat tingkatan yang digunakan sebanyak 4 tingkatan, 17,51 % pada saat 8 tingkatan, 17,75% pada saat 12 tingkatan, 20,66% pada saat 16 tingkat, dan 22,99% pada saat 20 tingkat. Sehingga didapatkan nilai efisiensi semakin meningkat apabila tingkatan yang digunakan semakin banyak. Hal tersebut dikarenakan nilai arus dan nilai tegangan pada sumber dan *output* mengalami kenaikan saat tingkatan yang digunakan semakin meningkat.

B. PENGUJIAN ELECTROSTATIC PRECIPITATOR

1. Pengujian Variasi Tegangan Tinggi DC ESP Pelat Elektroda Tembaga

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran kadar PM_{10} pada wadah *inlet* dan wadah *outlet* dimana nantinya terdapat perbedaan nilai atau selisih dari nilai kadar PM_{10} pada wadah *inlet* dan wadah *outlet*. Adapun nilai parameter yang telah didapat pada saat pengujian tertera pada Tabel 5.

TABEL 5
Hasil Hasil Pengujian *Electrostatic Precipitator* Pelat Tembaga dengan Variasi Tegangan Tinggi DC

Jumlah Tingkatan Kaskade (n)	V_{min} □ ukur (V)	Jumlah Rokok	Ruangan	Inlet	Outlet	ΔPM_{10} ($\mu g/m^3$)
			PM_{10} ($\mu g/m^3$)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	
4	2252,25	10	56	955	670	285
8	4274,27	10	56	999	540	459
12	4414,41	10	56	999	527	472
16	4514,51	10	56	999	491	508
20	5455,45	10	56	999	448	551

Untuk jumlah rokok yang digunakan pada saat pengujian sama untuk setiap variasi tingkatan yaitu sebanyak 10 batang rokok dengan jenis rokok sama untuk setiap pengujiannya. Pada Tabel 4 menunjukkan nilai dari kadar PM_{10} pada ruangan normal biasanya memiliki nilai $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang artinya kadar PM_{10} masih dalam keadaan bagus dan baik untuk kesehatan. Namun pada saat pengukuran langsung menggunakan alat pengukur kualitas udara WP-910 yang digunakan untuk pengujian nilai dari PM_{10} yang berhasil terukur sebesar $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk nilai kadar PM_{10} pada wadah *inlet* memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai rata-rata $990 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan nilai kadar PM_{10} yang terdapat pada wadah *outlet* memiliki nilai yang berbeda untuk setiap variasi nilai tegangan yang digunakan. Saat nilai tegangan yang digunakan sebesar 2,25 kV maka didapat nilai dari PM_{10} sebesar $670 \mu\text{g}/\text{m}^3$, untuk nilai tegangan yang digunakan sebesar 4,41 kV didapatkan nilai dari PM_{10} sebesar $527 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan saat tegangan yang digunakan sebesar 5,46 kV didapatkan nilai dari PM_{10} sebesar $448 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Setelah didapatkan data dari PM_{10} pada wadah *inlet* dan *outlet* maka dapat dihitung nilai selisih PM_{10} (ΔPM_{10}), yang mana nilai ini merupakan hasil pengurangan dari nilai PM_{10} pada *inlet* dan *outlet*. Untuk nilai dari ΔPM_{10} memiliki nilai yang berbanding lurus terhadap tegangan yang digunakan, sehingga semakin besar nilai tegangan yang digunakan maka nilai dari ΔPM_{10} juga semakin besar.

2. Pengujian Variasi Tegangan Tinggi DC ESP Pelat Elektroda Alumunium

Selain menggunakan pelat elektroda tembaga, juga digunakan pelat elektroda alumunium. Pelat elektroda alumunium ini disusun sejajar dengan jumlah pelat sebanyak 10 buah dengan polaritas yang berkebalikan. Untuk pengujian ini diperlukannya rokok sebagai sumber penghasil asap rokok yang nantinya akan diletakkan pada wadah *inlet*, dan terdapat 10 batang rokok nantinya yang akan digunakan pada saat pengujian. Pada pengujian ini dilakukan juga pengukuran PM_{10} yang terdapat pada wadah *inlet* dan wadah *outlet* sehingga didapat selisih dari nilai kadar PM_{10} pada wadah *inlet* dan wadah *outlet*. Adapun nilai parameter yang telah didapat pada saat pengujian tertera pada Tabel 6.

TABEL 6

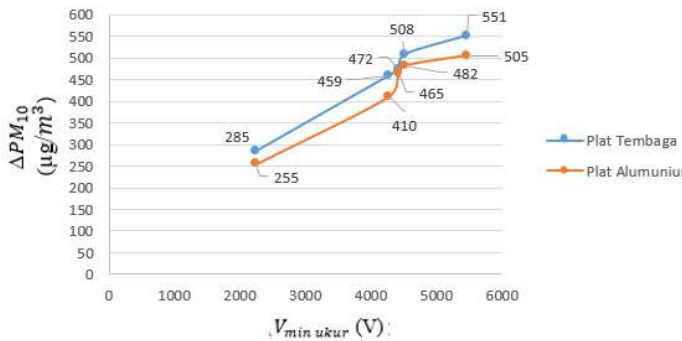
Hasil Pengujian *Electrostatic Precipitator* Pelat Alumunium dengan Variasi Tegangan Tinggi DC

Jumlah Tingkatan Kaskade (n)	$V_{\text{min}} \square$ (V)	Jumlah Rokok	Ruangan	Inlet	Outlet	ΔPM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
4	2252,25	10	56	981	726	255
8	4274,27	10	56	999	589	410
12	4414,41	10	56	997	532	465
16	4514,51	10	56	999	517	482
20	5455,45	10	56	999	494	505

Tingkatan yang digunakan yaitu sebanyak 5 variasi tingkatan, untuk setiap tingkatan diuji satu persatu. Untuk jumlah rokok yang digunakan pada saat pengujian sama untuk setiap variasi tingkatan yaitu sebanyak 10 batang rokok dengan jenis rokok sama untuk setiap pengujiannya. Pada Tabel 5 menunjukkan nilai dari kadar PM_{10} pada ruangan normal biasanya memiliki nilai $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang artinya kadar PM_{10} masih dalam keadaan bagus dan baik untuk kesehatan. Namun pada saat pengukuran langsung menggunakan alat pengukur kualitas udara WP-910 yang digunakan untuk pengujian nilai dari PM_{10} yang berhasil terukur sebesar $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk nilai kadar PM_{10} pada wadah *inlet* memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai rata-rata $995 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan nilai kadar PM_{10} yang terdapat pada wadah *outlet* memiliki nilai yang berbeda untuk setiap variasi nilai tegangan yang digunakan. Saat nilai tegangan yang digunakan sebesar 2,25 kV maka didapat nilai dari PM_{10} sebesar $726 \mu\text{g}/\text{m}^3$, untuk nilai tegangan yang digunakan sebesar 4,41 kV didapatkan nilai dari PM_{10} sebesar $532 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan saat tegangan yang digunakan sebesar 5,46 kV didapat nilai dari PM_{10} sebesar $494 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Setelah didapatkan data dari PM_{10} pada wadah *inlet* dan *outlet* maka terdapat nilai selisih PM_{10} (ΔPM_{10}), yang mana nilai ini merupakan hasil pengurangan dari nilai PM_{10} pada *inlet* dan *outlet*. Untuk nilai dari ΔPM_{10} memiliki nilai yang berbanding lurus terhadap tegangan yang digunakan, sehingga semakin besar nilai tegangan yang digunakan maka nilai dari ΔPM_{10} juga semakin besar.

Berdasarkan hasil pengujian dengan penggunaan elektroda tembaga dan elektroda alumunium, dapat dilihat pengaruh dari jenis elektroda yang digunakan terhadap kadar ΔPM_{10} yang berhasil di *filter*. Selain itu dapat dilihat pengaruh tegangan yang digunakan terhadap kadar ΔPM_{10} yang berhasil di *filter*, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.

wadah *outlet* ini masih dikategorikan masih dalam kategori berbahaya untuk kadar PM_{10} atau dapat dikatakan masih berbahaya bagi pernapasan.



Gambar 5. Grafik Perbandingan $V_{min\ ukur}$ terhadap ΔPM_{10} Pelat Tembaga dan Aluminium

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan juga bahwa kenaikan nilai $V_{min\ ukur}$ (V) berbanding lurus dengan kenaikan nilai ΔPM_{10} yang artinya semakin besar tegangan tinggi DC yang digunakan maka nilai dari ΔPM_{10} yang berhasil *difilter* juga semakin besar. Namun jika dibandingkan kedua pelat yang digunakan yaitu pelat elektroda tembaga dan pelat elektroda aluminium, pelat elektroda tembaga lebih baik dibandingkan dengan pelat elektroda aluminium hal ini dikarenakan nilai dari ΔPM_{10} yang berhasil *difilter* pada pelat elektroda tembaga memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai ΔPM_{10} yang berhasil *difilter* pada pelat elektroda aluminium.

C. Pengaruh ESP Terhadap Partikulat

(PM_{10}) Asap Rokok

Pada pengujian *electrostatic precipitator* terhadap partikulat (PM_{10}) asap rokok yang telah dilakukan dengan menggunakan variasi dari tegangan dan variasi dari pelat elektroda yang digunakan, maka dapat dianalisa pengaruh ESP ini terhadap PM_{10} yang berhasil disaring. Untuk melihat pengaruh dari ESP dapat dilihat pada Tabel 6 yang menunjukkan bahwa pengujian *electrostatic precipitator* terhadap partikulat PM_{10} asap rokok yang telah dilakukan memiliki nilai PM_{10} pada wadah *outlet* yang berbeda-beda untuk setiap tingkatan tegangan dan pelat elektroda yang digunakan. Nilai dari PM_{10} yang dikategorikan masih bagus seharusnya memiliki nilai $< 50\ \mu g/m^3$, namun saat pengukuran kadar dari PM_{10} memiliki nilai sebesar $56\ \mu g/m^3$ yang masih bisa dikategorikan bagus namun sudah ada penurunan jarak pandang. Pada pengujian didapatkannya nilai dari PM_{10} pada wadah *outlet*, dan nilai ini merupakan nilai *output* dari partikulat PM_{10} yang berhasil disaring. Alat *electrostatic precipitator* ini sudah dapat menyaring partikulat PM_{10} asap rokok, namun alat *electrostatic precipitator* yang telah dirancang ini hanya mampu mengurangi kadar PM_{10} asap rokok mencapai pada nilai terendah yaitu $448\ \mu g/m^3$ pada pelat elektroda tembaga dan $494\ \mu g/m^3$ pada pelat elektroda aluminium. Untuk nilai partikulat PM_{10} asap rokok yang terdapat pada

5. PENUTUP

Perancangan *filter* partikulat (PM_{10}) asap rokok ESP terdapat perancangan pembangkitan tegangan tinggi DC dengan menggunakan metode *kaskade full-wave*, untuk tegangan tinggi yang berhasil dibangkitkan dengan metode *kaskade full-wave* ini sebesar 2,25 kV hingga mencapai 5,46 kV. Pengaruh variasi dari nilai tegangan tinggi DC terhadap kadar PM_{10} yang berhasil disaring memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap variasi tegangan. Setiap kenaikan tegangan menunjukkan kenaikan nilai ΔPM_{10} , yang artinya semakin besar nilai tegangan yang digunakan maka kadar partikulat PM_{10} asap rokok yang disaring juga semakin tinggi.

Berdasarkan data hasil pengujian pelat elektroda tembaga lebih baik untuk menyaring kadar PM_{10} dibandingkan dengan pelat elektroda aluminium. Konsep ESP ini sudah dapat digunakan sebagai *filter* partikulat (PM_{10}) asap rokok, namun berdasarkan pengujian ESP yang telah dibuat hanya mampu mengurangi kadar dari partikulat (PM_{10}) asap rokok dari $999\ \mu g/m^3$ menjadi $448\ \mu g/m^3$.

REFERENSI

- [1] Wilers, Stefan, dkk, 2005. “*Enviromental Tobacco Smoke (ETS) Exposure in Children with Asthma-Relation Between Lead and Cadmium, and Continine Concentrations in Urine*. Sweden: Departemen of Occupational and Enviromental Medicine.
- [2] Adam, Masuli Ibnu, 2018. “*Rancang Bangun Perangkat Nyamuk Menggunakan Metode Cokroft-Walton Berbasis Tegangan Tinggi*”. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [3] Ginting, Nofita Sari Br, dkk, 2018. “*Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC Dengan Metode Cokroft-Walton Tipe Fullwave*”. Dalam TRANSIENT, ISSN:2302-9929,443 (Vol.2, Juni 2018). Semarang: UNDIP
- [4] Nauwir, Herman, dkk, 2018. “*Modifikasi Prototype Filter Pengendap Debu Elektrostatis Dengan Model Vertikal Menggunakan Tegangan Tinggi DC*”. Daam SNP2M pp. 224-227. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang
- [5] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup. 1977. “*Indeks Kualitas Udara*”.
- [6] Lillieblad, Lena, dkk, 2006. “*Electrostatic Precipitator Performance With Chinese Coals*”. Dalam ICESP X. Swede: ALSTOM Power Sweden AB.
- [7] Fitrianto, Ardy, 2018. “*Analisa Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Berdasarkan Hasil Perubahan Emisi Pada Power Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap*”.

