

Aplikasi Lucutan Plasma Corona

Dalam Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit

Adityo Pamungkas¹, Ika Novia Anggraini¹, M. Khairul Amri Rosa¹, Afriyastuti Herawati¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

E-mail: Adityopmgks@gmail.com

ABSTRACT

The green revolution in the field of palm oil farming not only contributes to processed products but also produces large-capacity waste originating from its processing starting from the sterilization process, water from the clarification process, hydro cyclone (clay bath) water, and factory washing water. Palm oil mill effluent (LCPKS) contains dissolved and suspended solids in the form of colloids and oil residues with high BOD and COD. If this liquid waste is discharged directly into the water, it can pollute the environment. Some will settle, decompose slowly, consume dissolved dcoxygen, cause turbidity, emit a sharp odor and can damage the aquatic ecosystem. To improve the parameters in the LCPKS so that it is feasible to flow to water bodies or the environment, an LCPKS treatment experiment test is performed by applying corona discharge with variations in voltage and length of time, then comparing the effect on parameters such as BOD, COD, pH and TDS on LCPKS before treatment and after treatment. From the treatment process using a corona discharge application with variations in voltage and time able to reduce BOD levels up to 35%, COD 36%, increase in TDS reached 71.56% and decreased pH by 4.11%.

Key words: Palm oil mill effluent (LCPKS), Corona discharge application (Corona Discharge Treatment), COD, BOD, TDS, pH

minyak kelapa sawit (PMKS) juga menghasilkan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan kapasitas yang cukup besar.

Limbah cair yang dihasilkan oleh PMKS berkisar antara 550-670 kg/ton tandan buah segar (TBS) [2]. Limbah cair kelapa sawit ini mengandung bahan organik dan anorganik yang cukup tinggi. antara lain minyak-grease, NH₃-N, COD, BOD dan TSS. Jika tidak dilakukan pencegahan dan pengolahan limbah, maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan.

Di antara upaya pengolahan limbah cair sawit adalah dengan cara konvensional menggunakan kolam *anaerob* dan *aerob*. Pengolahan dengan cara ini mampu menurunkan kadar BOD dan COD sampai 85%-95% [3]. Tetapi proses pengolahan dengan cara ini kurang ekonomis karena memerlukan areal pengolahan limbah yang luas, proses yang rumit dan waktu yang lama sampai limbah bisa dialirkan keluar pabrik [4]. Oleh karena itu perlu dicari metode pengolahan yang ekonomis, cepat, dan ramah lingkungan.

Salah satu upaya yang ditawarkan adalah pengaplikasian lucutan korona pada limbah dimana LCPKS akan ditreatment menggunakan lucutan korona (*corona discharge*) dengan membangkitkan tegangan tinggi impuls orde kilovolt (kV) sehingga diharapkan dapat menurunkan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), serta diharapkan mampu mempersingkat waktu pengolahan.

1. PENDAHULUAN

Revolusi hijau di bidang pertanian ternyata berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan, demikian pula dampak dibukanya areal hutan untuk perusahaan hutan telah menimbulkan munculnya banyak lahan kritis. Hasil produksi pertanian dan kehutanan juga menimbulkan masalah lingkungan pada proses pengolahan menjadi produk turunan lainnya [1].

Sebagai salah satu produsen terbesar kelapa sawit dunia, Indonesia turut menyumbang banyak hasil oalahan dari kelapa sawit. Namun, dalam produksinya selain menghasilkan minyak mentah kelapa sawit, pabrik

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) adalah salah satu produk samping dari pabrik minyak kelapa sawit yang berasal dari kondensat dari proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik. LCPKS mengandung berbagai senyawa terlarut termasuk, serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral. Terdapat beberapa macam air limbah yang dihasilkan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS), antara lain air

Tabel 2.1
Sifat dan komponen LCPKS [5]

Parameter	Rata-rata
pH	4,7
Minyak	4000
BOD	25000
COD	50000
Total Solid	40500
Suspended Solid	18000
Total Volatile Solid	34000
Total Nitrogen	750
Mineral	Rata-rata
Kalium	2270
Magnesium	615
Kalsium	439
Besi	46,5
Tembaga	0,89

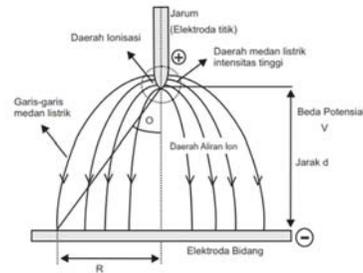
Tabel 2.2

Baku Mutu Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit [1]

Parameter	Kadar Maks (mg/l)	Beban Pencemaran Maks (kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan lemak	25	0,063
Nitrogen total	50,0	0,125
Nikel (Ni)	0,5 mg/l	
Kobal (Co)	0,6 mg/l	
pH	6,0 – 9,0	
Debit limbah maks	2,5 m ³ /ton minyak (CPO)	

limbah yang dihasilkan dan proses pembuatan CPO, air limbah yang mengalir bersama air hujan yang dihasilkan di lokasi penempatan TBS di dalam pabrik, air limbah yang merembes keluar ke lantai di dalam pabrik dari fasilitas produksi & pipa dan lain-lain (termasuk yang tercampur dengan air hujan), air limbah dan fasilitas utiliti seperti boiler dan lain-lain, dan air limbah umum dari kantor dan lainnya. Pada pabrik yang umum, semua air limbah ini dijadikan dalam satu penampungan lalu diolah. Tabel 2.1 menyajikan sifat dan komponen LCPKS secara umum.

Limbah cair dari pabrik minyak kelapa sawit ini, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi. Apabila limbah cair ini langsung dibuang ke perairan dapat mencemari lingkungan, sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan dapat merusak ekosistem perairan.



Gambar 2.1 Daerah Ionisasi dan Aliran pada Lucutan Pijar Korona

Sebelum limbah cair ini dapat dibuang ke lingkungan terlebih dahulu harus diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan. Tabel 2.2 menunjukkan baku mutu untuk limbah cair industri minyak kelapa sawit berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995.

2.2 Teknologi Plasma

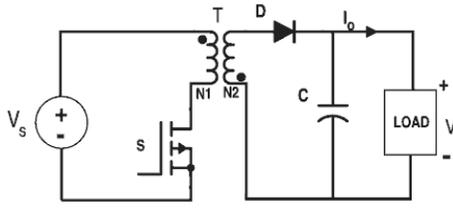
2.3.1 Definisi Plasma

Energi atau panas yang ditambahkan pada suatu zat akan merubah zat tersebut dari padat menjadi cair dan cair menjadi gas. Ketika suatu zat berupa gas yang masih berbentuk partikel netral diberikan energi tambahan, maka elektron muncul dari partikel netral ini menjadi ion. Keadaan dimana banyak ion dan elektron yang bercampur akibat adanya reaksi ionisasi ini disebut plasma [6]. Dengan mengatur nilai tegangan yang diaplikasikan derajat reaksi ionisasi ini bisa dikontrol. Variabel tegangan listrik ini berhubungan dengan banyaknya elektron berenergi yang dihasilkan reaktor plasma, semakin besar tegangan listrik yang diberikan pada elektroda maka semakin banyak ion dan elektron bebas yang terbentuk [7].

Dengan membuat plasma dalam air akan dihasilkan berbagai macam senyawa aktif seperti OH⁻, H⁺, O₃ dan H₂O₂. Hampir seluruh senyawa aktif ini memiliki tingkat oksidasi potensial yang tinggi yang berpotensi dalam menguraikan kandungan senyawa organik dalam air. Disamping itu, plasma juga menghasilkan sinar ultraviolet dan gelombang kejutan yang juga berpotensi menguraikan kandungan senyawa organik dalam air secara signifikan [8].

2.3.2 Plasma Lucutan Korona [9]

Lucutan korona disebabkan oleh intensitas medan yang besar pada suatu daerah medan listrik tak seragam. Lucutan korona dapat terjadi pada ujung elektroda yang aktif yang dipertahankan pada kuat medan tertentu. Jika tegangan tinggi dikenakan pada sepasang elektroda yang salah satunya berbentuk kawat, jarum atau bentuk lain dengan radius kecil, medan listrik di sekitar permukaannya akan menjadi tinggi.



Gambar 2.2 Rangkaian Flyback Converter

Elektron bebas di sekitar medan tinggi ini akan dipercepat sampai kecepatan yang mencukupi untuk membebaskan elektron dari kulit terluar sebuah molekul gas melalui tumbukan yang menghasilkan sebuah ion positif dan elektron bebas lainnya [10]. Lucutan korona dapat terjadi diawali dengan lucutan Townsend kemudian diikuti oleh lucutan pijar (glow discharge) atau korona (corona discharge) dan berakhir dengan lucutan api (arc).

Gambar 2.1 menunjukkan pada dua elektroda jarum-bidang terdapat dua daerah dalam lucutan korona, yaitu : daerah ionisasi (ionization region) yang terletak di sekitar elektroda aktif dan daerah aliran (drift region) merupakan daerah selain daerah ionisasi yang berada di antara kedua elektroda. Elektroda aktif adalah elektroda yang mempunyai intensitas medan listrik yang tinggi.

Plasma lucutan pijar korona positif dapat dibentuk dengan memberikan polaritas positif pada elektroda titik (point). Elektron-elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda akan dapat mengionisasi atom-atom atau molekul zat di antara elektroda. Ionisasi terjadi di sekitar elektroda titik, karena pengaruh medan listrik ion-ion hasil ionisasi akan mengalir atau bergerak menuju katoda melalui daerah aliran (drift region).

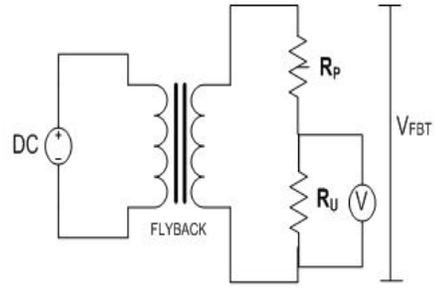
2.3 Flyback Converter

Flyback Converter digunakan untuk membangkitkan tegangan tinggi. Sebuah flyback converter merupakan konverter DC-DC yang memiliki isolasi di antara input dan outputnya. Trafo flyback dibunakan untuk membelokkan dan mempercepat berkas electron. Agar dapat membangkitkan tegangan tinggi melalui flyback converter, diperlukan dua komponen utama yaitu trafo step up dan transistor switching[11].

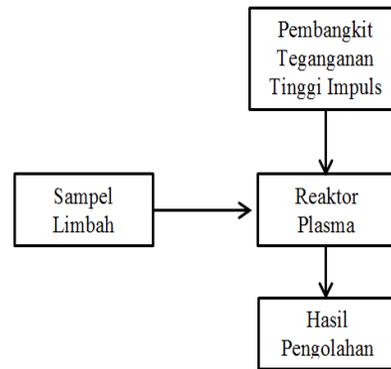
Pada gambar 2.2 Rangkaian flyback converter terdiri atas sebuah transistor frekuensi tinggi, transformator, sumber tegangan searah dan sumber tegangan gelombang kotak[12].

2.4 Pengukuran Tegangan Tinggi [13]

Untuk melakukan pengukuran tegangan tinggi, salah satu metode pembagi tegangan yang digunakan ialah bantuan tahanan atau resistor tegangan tinggi yang



Gambar 2.3 Pengukuran Tegangan Tinggi Menggunakan Rangkaian Pembagi Tegangan



Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Pengolahan LCPKS

mempunyai harga tahanan sangat besar. Alat ini dipakai untuk menurunkan tegangan menjadi lebih rendah sehingga cukup aman dan tidak akan membahayakan alat ukur multimeter atau CRO.

$$V_{FBT} = VR_p + VR_U = iR_p + iR_U \tag{2.1}$$

$$VR_p = \frac{R_p}{R_p + R_U} V_{FBT} \tag{2.2}$$

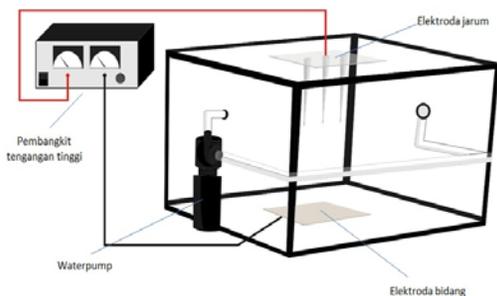
$$VR_U = \frac{R_U}{R_p + R_U} V_{FBT} \tag{2.3}$$

3. METODE RISET

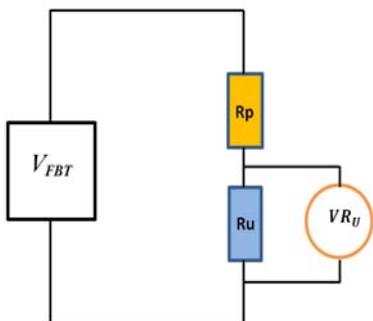
Rancangan pengolahan LCPKS dilakukan dilakukan ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu, perancangan reaktor plasma, pengaplikasian lucutan korona, dan pengujian sampel air limbah sebelum pengolahan dan setelah pengolahan.

3.1 Perancangan Reaktor Plasma

Rancangan reaktor plasma dibuat menggunakan elektroda jarum-bidang diletakkan didalam reaktor, elektroda jarum menggunakan bahan aluminium dan bidang terbuat dari bahan tembaga dengan jarak elektroda jarum ke permukaan air 0,5cm. Limbah disirkulasikan menggunakan waterpump dalam paparan lucutan plasma



Gambar 3.2 Perancangan Reaktor Plasma



Gambar 3.3 Rangkaian Pembagi Tegangan

korona yang timbul dari elektroda jarum bidang dalam durasi waktu tertentu.

3.2 Perhitungan Rangkaian Pembagi Tegangan

Gambar 3.3 merupakan desain pembagi tegangan yang dipakai dalam mengukur tegangan output flyback yang dibuat dengan resistansi yang besar untuk mampu memikul tegangan yang besar. Untuk mempermudah perhitungan tegangan tinggi dari output flyback, dibuatlah persamaan lanjutan dengan nilai resistansi $R_u = 100 \text{ k}\Omega$ dan resistansi $R_p = 100 \text{ M}\Omega$. Berdasarkan Persamaan 2.3 maka,

$$VR_U = \frac{R_U}{R_U + R_P} V_{FBT}$$

$$VR_U = \frac{100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega + 100 \text{ M}\Omega} V_{FBT}$$

$$VR_U = \frac{1}{1001} V_O$$

$$VR_U = \frac{V_{FBT}}{1001 \Omega} \tag{3.1}$$

$$V_{FBT} = VR_U \times 1001 \Omega \tag{3.2}$$

Ket:

V_{Fbt} = Tegangan output trafo flyback (kV)

V_{Rp} = Tegangan resistor pembagi (kV)

V_{Ru} = Tegangan resistor ukur (V)

R_p = Resistor pembagi (M Ω)

R_u = Resistor ukur (k Ω)

Tabel 4.1

Data Hasil Pengujian Awal Sampel LCPKS.

Parameter uji	Satuan	Hasil Pengujian
BOD	mg/l	11.286
COD	mg/l	17.361
TDS	mg/l	2.110
pH	-	7,3

Tabel 4.2

Hasil Pengujian Setelah Lucutan Plasma Korona.

V (kV)	Waktu (Menit)	Hasil treatment			
		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TDS (mg/l)	pH
22,92	10	10.676	16.424	2.800	7,2
	20	10.472	16.111	2.780	7,3
	30	10.270	15.876	2.990	7,3
31,23	10	9.761	15.016	3.100	7,3
	20	9.456	14.547	3.220	7,3
	30	9.049	13.921	3.250	7,2
41,74	10	9.021	13.743	3.180	7,2
	20	8.744	13.452	3.040	7,2
	30	7.829	12.044	3.500	7,1
51,65	10	8.846	13.609	3.210	7,1
	20	7.760	12.685	3.430	7,1
	30	7.320	11.041	3.620	7,0

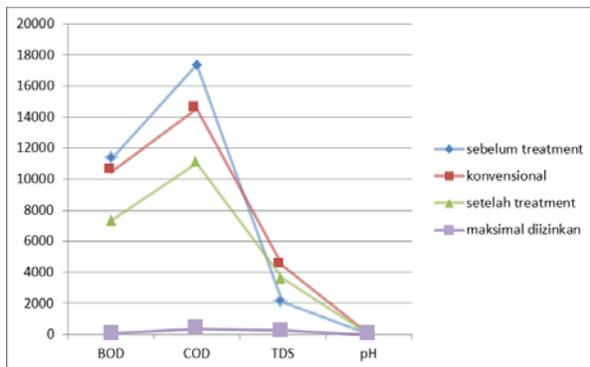
3.3 Langkah Pengujian

Dilakukan pengaplikasian lucutan korona pada sample limbah cair dengan variasi nilai tegangan dan lama waktu pengujian tiap besaran tegangan yang diaplikasikan. Variasi tegangan yang diberikan yaitu 22,92 kV, 31,23 kV, 41,47kV dan 51,65kV. Variasi lama waktu lucutan plasma korona tiap variasi tegangan yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit untuk setiap sampel dengan jarak elektroda jarum terhadap permukaan air 0,5 cm. Setiap sample yang telah dilakukan pengujian lalu dikirim ke laboratorium kimia untuk melihat pengaruh lucutan korona terhadap parameter limbah cair. Kemudian dilakukan analisis hasil yang diperoleh dengan membandingkan parameter limbah setelah dilucut dengan corona dan dengan parameter limbah hasil pengolahan konsional pabrik asal.

Tabel 4.3

Perbandingan Nilai Parameter LCPKS

	Nilai parameter LCPKS			
	Sebelum <i>treatment</i>	Metode Konvensional Pabrik	Setelah <i>treatment</i>	Standar
BOD (mg/l)	11.286	9.422	7.320	100
COD (mg/l)	17.361	14.527	11.041	350
TDS (mg/l)	2.110	4.460	3.620	250
pH	7,3	9,9	7,0	6,0-9,0



Gambar 4.1 Grafik Perubahan Nilai Parameter LCPKS

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Sample Awal LCPKS

Sampel diambil dari kolam limbah kedua PT BIO Nusantara Teknologi, Kabupaten Bengkulu Tengah. Pengukuran sampel awal dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai parameter BOD, COD, TDS dan pH pada LCPKS yang akan menjadi data acuan.

4.2 Pengujian LCPKS dengan Lucutan Plasma Korona

Pengujian dilakukan dengan 4 variasi tegangan yang berbeda-beda yaitu 22,92 kV, 31,23 kV, 41,47kV dan 51,65kV. Variasi lama waktu lucutan plasma korona yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit pada setiap sampel dengan jarak elektroda jarum terhadap permukaan air 0,5 cm.

4.3 Perbandingan Perubahan Parameter terhadap Standarisasi yang diizinkan

Dari pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan, dibuatlah perbandingan parameter limbah

yaitu dengan membandingkan nilai parameter limbah sebelum *treatment*, nilai parameter limbah dikolam ketiga tanpa *treatment* dengan menggunakan paparan lucutan korona (Metode Konvensional Pabrik), nilai parameter limbah setelah *treatment* (dalam hal ini diambil nilai parameter dengan persentase perubahan terbesar dengan capaian penurunan nilai yang terkecil) dan nilai standarisasi baku mutu limbah berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No, 51 Tahun 1995.

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 menunjukkan nilai-nilai sebelum dan setelah pengujian masih sangat jauh dari standar maksimal yang diizinkan, namun data-data yang terukur menunjukkan bahwa sebelum dan setelah pengujian terdapat perubahan nilai dari parameter tersebut, grafik perubahan nilai parameter tersaji dalam Gambar 4.1

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam aplikasi lucutan plasma korona, dengan tegangan sebesar 51,65kV dan lama *treatment* 30 menit, mampu menurunkan tingkat BOD hingga >36%. menurunkan tingkat COD hingga >35%, perubahan TDS mencapai 71,56%, dan persentase perubahan pH hingga mencapai 4,11%. Aplikasi yang dirancang menggunakan besar tegangan input berkisar dari 22,92kV-51,65kV dengan durasi lama *treatment* berkisar 10-30 menit dan menurunkan tingkat BOD, COD dan pH dengan sangat baik akan tetapi berkebalikan dengan parameter TDS yang terus mengalami peningkatan.

REFERENSI

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Panduan Penataan Pengelolaan Lingkungan Industri Minyak Sawit". Indonesia: KLH, 2011.
- [2] Maryadi, "Analisis Ekonomi Pemanfaatan Limbah Cair di Kebun Sawit Sei" dalam Jurnal Teknik Lingkungan. Manding Riau: P3TL BPPT, 2006.
- [3] Raharjo, P.N, "Studi Banding Pengolahan Minyak Kelapa Sawit" dalam Jurnal Teknik Lingkungan. Manding Riau: P3TL BPPT, 2009.
- [4] Zuhra, "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dengan Metoda Pengapungan (Flotasi)" dalam Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terapan "REINTEK". Sumatera Utara: Umsu, 2008.
- [5] Departemen Pertanian, Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit. Jakarta: Ditjen PPHP, 2006.
- [6] Hariri, "Rancang Bangun Reaktor Fluidisasi Plasma Non-Termal : Uji Kinerja Gasifikasi Batubara Dengan Udara dan Oksigen". Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [7] Putut, "Karakterisasi Reaktor Plasma CVD untuk Deposisi Diamond-Like Carbon Coating". Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2008.

- [8] Hazmi, A. et al, “Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan Dielectric Barrier Discharge” dalam Jurnal Rekayasa Elktrika (Vol. 10, No 1, April 2012). Padang: Universitas Andalas, 2012.
- [9] Nur, Muhammad, Fisika Plasma dan Aplikasinya. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, 2011.
- [10] Dachlan, Harry Soekotjo, Moch. Dhofir dan Vico Fernanda, “Pengaruh Sudut Keruncingan dan Diameter Finial Franklin Terhadap Distribusi Medan Listrik dan Tingkat Tegangan Tembus” dalam Jurnal EECCIS (Vol. II, No. 1, Juni 2008). Malang: Universitas Brawijaya, 2008.
- [11] Hart, Daniel W, Power Electronics. New York : McGraw-Hill, 2011.
- [12] Hanafiyah, A. M, “Proposal Research Lomba Riset Sawit: Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Berbasis Corona Discharge Treatment”. Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2016.
- [13] Sulaiman, “Pengaruh Aplikasi Teknologi Plasma Lucut Korona pada Pemurnian Minyak Transformator Bekas Terhadap Peningkatan Tegangan Tembus”. Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2015.