

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) berkisar antara 550 sampai 670 kg/ton tandan buah segar (TBS) (Maryadi, *et al.*, 2006). Pengolahan minyak kelapa sawit menghasilkan berbagai macam limbah padat dan limbah cair kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) yang disebut POME. Limbah cair kelapa sawit mengandung bahan anorganik dan organik cukup tinggi dilihat dari nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TSS (*Total suspended solid*), pH rendah dan minyak lemak (Nuraini, *et al.*, 2019). Berdasarkan PERMEN LH No. 5 tahun 2014, kandungan limbah cair PMKS berada diatas ambang batas baku mutu limbah. Lingkungan akan terkena dampak negatif apabila tidak dilakukan pencegahan dan pengolahan limbah seperti pencemaran air yang dapat mengganggu bahkan meracuni biota perairan, menimbulkan bau, dan menghasilkan gas metan, gas karbon dioksida (CO₂) yang merupakan emisi gas penyebab efek rumah kaca yang berdampak bahaya bagi lingkungan.

POME merupakan hasil samping dari pengolahan tandan buah segar kelapa sawit menjadi minyak sawit kasar (Desmiarti, *et al.*, 2021; 2023). POME berasal dari kondensat dari proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*) dan air pencucian pabrik. Setiap ton tandan buah segar (TBS) menghasilkan 0,7 m³ limbah cair (Desmiarti, *et al.*, 2021; Choong, *et al.*, 2017; Detman, *et al.*, 2018; Desmiarti, *et al.*, 2023a; 2023b). POME umumnya memiliki suhu yang tinggi kisaran 70-80 °C, berwarna coklat pekat, mengandung padatan terlarut yang tersuspensi berupa koloid dan residu minyak, sehingga memiliki nilai BOD besar dari 25000 mg/L, COD dalam kisaran 35.000 sampai dengan 56.000 mg/L, TSS berkisar 40.500 sampai dengan 50.500 mg/L, nilai nitrogen total 750 mg/L, minyak dan lemak 2500-3075 mg/L (Desmiarti, *et al.*, 2021; 2023). Nilai ini sangat jauh dibandingkan dengan baku mutu lingkungan sesuai Permen-LH No.5 tahun 2014.

Tingginya kandungan senyawa organik yang berada dalam POME menyebabkan perlu dilakukan sistem pengolahan yang komprehensif. Industri

minyak kelapa sawit harus mengikuti baku mutu yang telah ditetapkan agar air limbah industri minyak kelapa sawit yang akan dibuang ke perairan tidak merusak biota yang hidup di air dan tidak meracuni lingkungan sekitarnya. Senyawa organik pada limbah cair kelapa sawit dapat didegradasi menjadi biogas seperti biohidrogen dan biometan yang berpotensi menjadi sumber energi terbarukan. Umumnya, metoda konvensional dipakai untuk mendegradasi senyawa organik dalam limbah cair dengan sistem aerob dan anaerob atau gabungan keduanya karena sistem ini sederhana. Hasil samping dari proses anaerob adalah menghasilkan biogas yang dapat dipakai sebagai sumber energi. Kelemahan dari sistem anaerob adalah membutuhkan lahan yang luas, *hydraulic retention time* (HRT) yang lama serta sulitnya pengontrolan sistem.

Teknologi plasma *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair, padat dan gas (Hazmi, *et al.*, 2017; Desmiarti, *et al.*, 2023). Teknologi plasma DBD mampu menurunkan warna, COD, BOD dan TSS pada limbah cair tekstil sebesar 47.7%, 76.50% dan 70.72% (Desmiarti, *et al.*, 2021; 2023). Teknologi plasma DBD dapat mendegradasi kontaminan senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah tersebut. Proses ini lebih efektif dikarenakan pengolahannya mengurangi lahan yang diperlukan, memperpendek waktu pengolahan dan mengurangi bau.

Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan metoda plasma DBD menghasilkan gas-gas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif atau yang dikenal dengan biogas. Pada saat penerapan plasma DBD pada POME maka akan menghasilkan spesies aktif seperti OH⁻ (hidroksida), H⁺ (hidrogen), O₃ (ozon) dan H₂O₂ (hidrogen peroksida) (Xiaoping, *et al.*, 2020). Gas-gas yang dihasilkan dari proses plasma DBD pada POME ini menghasilkan biogas yang terdiri dari gas H₂, CH₄ dan CO₂ yang dapat dimanfaatkan untuk sebagai sumber energi terbarukan. Spesies-spesies aktif ini sangat efektif mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam POME menjadi biogas (Sato, *et al.*, 2009; Hazmi, *et al.*, 2013; 2016; 2019; Ahmed, *et al.*, 2015; Syahrial, *et al.*, 2015). Disamping itu, hasil keluaran pengolahan limbah cair kelapa sawit ini akan mampu memenuhi baku mutu limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Hazmi dkk (Desmiarti, *et al.*, 2023; Hazmi, *et al.*, 2017; 2019) telah melakukan penelitian

pendahuluan sistem *batch* dengan menggunakan metoda kombinasi sand filtrasi-plasma listrik. Sistem ini mampu mereduksi HRT untuk pengolahan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), minyak-lemak dan memproduksi biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan COD, BOD dan minyak-lemak sebesar 90, 92 dan 44% dan menghasilkan biogas dengan mengkombinasikan metoda DBD dan aerasi.

Tabel 1.1 Perbandingan produksi biogas dengan referensi.

Proses	Substrate	Waktu Pengolahan	Yield (mL/mL POME)		Komposisi Gas (%)			Efficiency COD Removal (%)	Reference
			H ₂	CH ₄	H ₂	CH ₄	CO ₂		
DBD Plasma dengan kondisi aerasi	POME	2 jam	2.42	1.32	61-70	30-39	-	90	(Desmiarti, <i>et al.</i> , 2022)
DBD Plasma pada tegangan 15-25 kV	POME	1000 s	2.42	1.32	61-70	30-39	-	48.9 – 53.7	(Desmiarti, <i>et al.</i> , 2021)
DBD Plasma pada tegangan 25 kV	POME	± 1 jam	2.42	1.32	65	35	-	-	(Hazmi, <i>et al.</i> , 2017)
Batch Fermentation	POME	10	5.99	-	36	-	64	-	(Norfadilah, <i>et al.</i> , 2016)
Continuous Fermentation	Rice straw	1.96 ^a	7.1	-	-	-	-	-	(Sattar, <i>et al.</i> , 2016)
Ultrasonification pretreatment following Photofermentative	POME	1 ^b	8.72	-	-	-	-	-	(Budiman, <i>et al.</i> , 2016; Wu, <i>et al.</i> , 2010)

^a Hydraulic retention time
^b Unit in mol/mol glucose
^c Unit in mL/Volatile solid

Penelitian ini fokus kepada tahap memenuhi baku mutu lingkungan limbah cair dan produksi biogas. Melihat potensi POME yang mengandung 90% air, maka integrasi pengolahan senyawa organik menjadi biogas dan pengolahan airnya sampai bisa dimanfaatkan sebagai sumber air proses, merupakan penelitian yang sangat penting untuk dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Tingginya kandungan senyawa organik yang berada dalam POME menyebabkan perlu dilakukan sistem pengolahan yang komprehensif. Industri minyak kelapa sawit harus mengikuti baku mutu yang telah ditetapkan agar air limbah industri minyak kelapa sawit yang akan dibuang ke perairan tidak merusak biota yang hidup di air dan tidak meracuni lingkungan sekitarnya. Senyawa organik pada limbah cair kelapa sawit dapat didegradasi menjadi biogas seperti biohidrogen dan biometan yang berpotensi menjadi sumber energi terbarukan. Umumnya, metoda konvensional dipakai untuk mendegradasi senyawa organik

dalam limbah cair dengan sistem aerob dan anaerob atau gabungan keduanya karena sistem ini sederhana. Hasil samping dari proses anaerob adalah menghasilkan biogas yang dapat dipakai sebagai sumber energi. Kelemahan dari sistem anaerob adalah membutuhkan lahan yang luas, *hydraulic retention time* (HRT) yang lama serta sulitnya pengontrolan sistem. Untuk mengatasi masalah tersebut Teknologi plasma *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair kelapa sawit. Teknologi plasma DBD dapat mendegradasi kontaminan senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah tersebut. Proses ini lebih efektif dikarenakan pengolahannya mengurangi lahan yang diperlukan, memperpendek waktu pengolahan dan mengurangi bau.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya kegiatan penelitian ini adalah Mengatasi kelemahan sistem konvensional dengan menggabungkan sistem plasma sebagai inovasi untuk menguraikan senyawa organik dan terintegrasi dengan sistem pengolahan air bersih.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada laporan ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan limbah cair kelapa sawit yang ada di Sumatera Barat;
2. Metoda yang digunakan yaitu *Dielectric Barrier Discharge Plasma System* untuk pengolahan limbah cair kelapa sawit (POME).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari Bab. I yang mencakup Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan. Pada Bab. II memaparkan tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini. Penjelasan tentang metode penelitian, yakni tentang studi eksperimental dan studi analitik, dipaparkan pada Bab. III. Hasil dan pembahasan dari penelitian ini dipaparkan pada Bab IV dan kesimpulan diberikan pada Bab V.