

Analisis Kinerja Pengolahan Biogas di PT. Mitra Puding Mas Kecamatan Putri Hijau Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu

Elyswandy Simanjuntak^{1*}, Hesti Nur'aini¹, Andwini Prasetya¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Dehasen Bengkulu, Bengkulu, 38228

E-mail: elyswandys@gmail.com

Abstract—PT. Mitra Puding Mas is one of the oil palm fruit processing factories in Bengkulu Province. POME palm oil mill effluent is the largest waste generated from the palm oil production process. The largest components contained in biogas are CH₄ (50 % – 75 %) and CO₂ (24% - 45 %) as well as several percent, nitrogen and hydrogen sulfide. The purpose of this study was to determine the composition of biogas CH₄, O₂, CO₂ and H₂S as well as the factors that affect the performance of biogas processing production at PT Mitra Puding Mas. Processing performance was obtained by using secondary data collection methods and literature study, while the factors influencing performance were obtained through interviews and observations. The results of the analysis of the performance of the biogas processing process, CH₄ (53.6%), CO₂ (36.18%), O₂ (1.14%) and H₂S (1.92 ppm) were categorized according to the standard composition of biogas liquid waste from palm oil. Factors that affect the performance of biogas processing are categorized very well, in the human aspect, namely the employees are skilled and expert in biogas management, in the raw material aspect, namely the use of palm oil or POME liquid waste as biogas raw material, in the method aspect, namely work instructions according to the SOP before and during the production process; on the machine aspect that is always checked regularly or periodically to avoid damage.

Keywords—: fishbone; performance of biogas; gas

I. PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu produk andalan dari Indonesia untuk meningkatkan perekonomian negara, karena dalam enam tahun terakhir keuntungan rata-rata cenderung mengalami peningkatan. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia. Setara dengan peningkatan jumlah kelapa sawit yang dihasilkan maka timbul permasalahan baru yaitu semakin banyaknya limbah yang dihasilkan. Limbah cair pabrik kelapa sawit POME (*Palm Oil Mill Effluent*) merupakan limbah terbesar yang dihasilkan dari proses produksi minyak kelapa sawit (Apriani, 2009).

Menurut Gabungan Asosiasi Pengusaha Sawit Indonesia (GAPKI) pada tahun 2015 Indonesia memproduksi CPO sebanyak 32,5 juta ton, sekaligus menjadikan Indonesia menjadi komoditas penghasil minyak kelapa sawit dunia. Secara keseluruhan, dunia telah memproduksi minyak sawit sebanyak 60,1 juta ton minyak sawit pada tahun 2015 dan Indonesia menghasilkan 54% dari total produksi dunia. Menurut FAO (*Food and Agricultural Organization*) Perserikatan Bangsa Bangsa, permintaan terhadap kelapa sawit akan meningkat 2 kali lebih besar di tahun 2020 dan 3 kali lebih besar di tahun 2050.

Pengolahan minyak kelapa sawit akan menghasilkan limbah. Limbah kelapa sawit digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, cair dan gas. *Palm Oil Mill Effluent* (POME) atau limbah cair industri kelapa sawit merupakan salah satu limbah agro industri yang paling sering menyebabkan polusi. *Palm Oil Mill Effluent* (POME) mengandung berbagai senyawa terlarut, termasuk serat – serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral. Selain itu, limbah cair kelapa sawit merupakan limbah berwarna kuning dan bersifat asam dengan sifat pencemar tertinggi.

Rata-rata pabrik minyak kelapa sawit mengolah setiap ton tandan buah sawit menjadi (200 – 250) kg minyak mentah, (230 – 25) kg tandan kosong kelapa sawit (TKKS), (130 – 150) kg serat, (60 – 65) kg cangkang, (55 – 60) kg kernel dan air limbah (POME) 0,7 m³ (Yuliasari *et al.*, 2001). Limbah cair kelapa sawit memiliki konsentrasi yang tinggi dan berwarna coklat pekat. Menurut penelitian Lang (2007) karakteristik limbah cair kelapa sawit memiliki nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) (ukuran untuk senyawa organik yang dapat dibiodegradasi atau tidak) 50.000 mg/L, *Biological Oxygen Demand* (BOD) (kadar senyawa organik yang dapat dibiodegradasi dalam limbah cair) 25.000 mg/L, pH berkisar 4,7, Total solid 40.500 mg/L dan mineral-mineral lain. Oleh sebab itu untuk menurunkan kandungan kadar bahan pencemaran pada limbah cair kelapa sawit diperlukan degradasi bahan organik. Secara umum dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair kelapa sawit adalah sungai karena hampir setiap pabrik kelapa sawit (PKS) atau pabrik minyak kelapa sawit berlokasi didekat sungai. Limbah cair pabrik kelapa sawit bila dibiarkan tanpa diolah lebih lanjut akan terbentuk ammonia, hal ini disebabkan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut terurai dan membentuk ammonia. Terbentuknya ammonia akan mempengaruhi kehidupan biota dan dapat menimbulkan bau busuk.

Industri telah banyak melakukan pengolahan limbah cair secara kimia yaitu dengan proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan secara flotasi dengan menggunakan udara terlarut, serta pengolahan limbah cair secara biologis yaitu dengan proses aerob dan anaerob. Proses kimia sering kali kurang efektif dikarenakan biaya untuk pembelian bahan kimianya cukup tinggi. Pada umumnya pengolahan air limbah secara kimia akan menghasilkan sludge yang cukup banyak, sehingga industri harus menyediakan prasarana untuk penanganan sludge. Pada pengolahan limbah secara flotasi akan menggunakan lahan yang cukup luas dan energi yang banyak dan menjadi pertimbangan bagi industri yang terletak di daerah yang mempunyai lahan sempit.

Berdasarkan data diatas, maka untuk meminimalisir salah satu teknologi yang dapat digunakan pada pengolahan limbah cair adalah elektrolisis. Dimana dalam proses elektrolisis ini akan menghasilkan biogas, biogas tersebut dapat dimanfaatkan.

Pemanfaatan limbah cair kelapa sawit menjadi biogas dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) diatmosfir, karena biogas dari POME terdiri dari (50 – 70) % metana (CH₄), dan 25 – 45% karbon dioksida. Jika pengolahan limbah tidak terkendali, metana di dalam biogas terlepas langsung ke atmosfer dimana memiliki efek 21 kali lebih besar dibandingkan dengan CO₂.

Proses pengolahan tandan buah segar (TBS = *fresh fruit bunches*) menjadi *crude palm oil* (CPO) dan seluruh aktivitas produksi pabrik kelapa sawit (PKS) menghasilkan biomassa, berupa limbah padat maupun cair (POME), dalam volume sangat besar. Pemanfaatan limbah padat dan cair dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Komponen terbesar yang terkandung dalam biogas adalah CH₄ (55 % – 70 %) dan CO₂ (30 % – 45 %) serta beberapa persen, nitrogen dan hidrogen sulfide.

Tabel 1. Komposisi Biogas

No	Komposisi Biogas	Jumlah
1	Metana (CH ₄)	55-70%
2	Karbondiosida (CO ₂)	30-45%
3	Nitrogen (N ₂)	0-0,3%
4	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	1-5%

Sumber: Safrizal (2015)

Saat ini, di Provinsi Bengkulu sudah ada dua perusahaan perkebunan kelapa sawit milik swasta yang memanfaatkan limbah kelapa sawit dengan memproduksi biogas dan menjual daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) ke PT Perusahaan Listrik Nasional area Bengkulu dengan daya 3 Megawatt yaitu PT Mitra Puding Mas dan PT Agromuko. Pembangkit milik PT Mitra Puding Mas menghasilkan daya sebesar 2 Megawatt (MW) dan pembangkit milik PT Agromuko menghasilkan daya 1 MW. Evakuasi daya dari PT Mitra Puding Mas untuk pemenuhan kebutuhan listrik di daerah Kotabani, Kabupaten Bengkulu Utara.

PT. Mitra Puding Mas merupakan salah satu pabrik pengolahan buah kelapa sawit yang ada di Provinsi Bengkulu. Secara geografis PT. Mitra Puding Mas terletak pada 3° 00 LS – 3° 30 LS dan 101° 30'BT – 120°00'BT. PT. Mitra Puding Mas berada di daerah Desa Pasar Sebelat Kecamatan Putri Hijau, Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu dengan jarak ±160 km dari kota Bengkulu.

Berdasarkan uraian tersebut maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul Analisis Kinerja Limbah Cair Ke Biogas Di PT Mitra Puding Mas Kecamatan Putri Hijau Kab Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja biogas dengan parameter CH₄, O₂, CO₂ dan H₂S serta untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas Kecamatan Putri Hijau Kab Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu.

II. METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan studi pustaka dan studi lapangan, dalam studi lapangan terdiri dari wawancara dan observasi. Lokasi Penelitian di PT. Mitra Puding Mas. Analisis kuantitatif digunakan dengan pendekatan statistik menggunakan rumus rata-rata.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data proses penyiapan bahan baku dan proses penguraian anaerobik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan biogas berupa gas metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), Oksigen (O₂) dan Hidrogen sulfida (H₂S) yaitu dari bulan Januari 2021 sampai bulan Desember 2021. Data diolah dengan menggunakan *Control Chart* dengan menggunakan software minitab-16, dan dapat dilihat apakah biogas gas metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), Oksigen (O₂) dan Hidrogen sulfida (H₂S) berada dalam batasan pengendalian statistik atau diluar batasan pengendalian statistik.

A. Analisis Kinerja Biogas Dengan Parameter CH₄, CO₂, O₂ dan H₂S

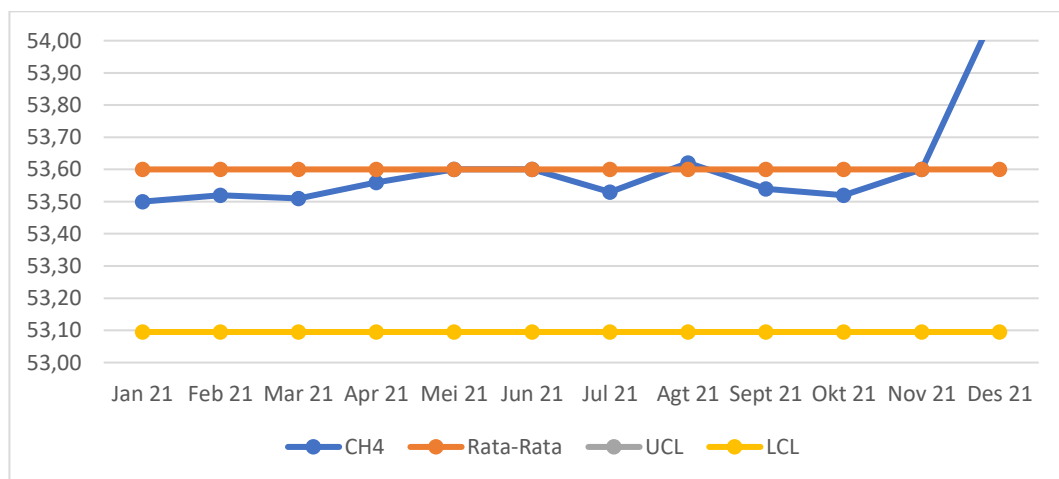
Rata-rata kadar CH₄, CO₂, O₂ dan H₂S hasil pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas dalam 12 bulan, mulai dari Januari 2021 - Desember 2021 pada pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan hasil pengelolaan limbah cair ke biogas PT. Mitra Puding Mas yang berasal dari kelapa sawit sebagian besar banyak mengandung gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya oksigen (O₂) dan hydrogen sulfida (H₂S). Jika dilihat dari persentase gas metana CH₄ hasil pengelolaan limbah cair ke biogas sebesar 53,60 % yang merupakan produk akhir degradasi anaerobik bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan dengan sedikit oksigen. Komponen terbesar yang terkandung dalam biogas adalah methana 50 % – 75 % dan karbon dioksida 24 % – 45 % serta sejumlah kecil, nitrogen dan hidrogen sulfida (Rahayu, 2015). Apabila kandungan metan dalam biogas lebih dari 50% maka biogas tersebut telah layak digunakan sebagai bahan bakar. Seperti menurut Smirat dan Solehudin (2009), biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar metana minimal 50%. Gas metan merupakan komponen utama biogas yang memiliki nilai kalor 4800 kkal/m³ – 6700 kkal/m³, sedangkan untuk gas metan murni adalah 8900 kkal/m³. Nilai kalor dari gas metana cukup tinggi sehingga biogas dapat dimanfaatkan untuk penerangan, memasak, dan bahan bakar (Alfanz *et al.*, 2016).

Tabel 2. Rata-rata kadar CH₄, CO₂, O₂ dan H₂S Biogas PT. Mitra Puding Mas

No	Bulan	CH ₄	O ₂	CO ₂	H ₂ S
		%	%	%	ppm
1	Januari	53,50	1,11	36,22	0,05
2	Februari	53,52	1,12	36,29	0
3	Maret	53,51	1,11	36,29	0
4	April	53,56	1,11	36,30	0
5	Mei	53,60	1,11	36,18	0
6	Juni	53,60	1,11	36,25	0
7	Juli	53,53	1,11	36,30	0
8	Agustus	53,62	1,11	36,28	0
9	September	53,55	1,11	36,23	0
10	Oktober	53,52	1,12	36,27	0
11	November	53,61	1,23	36,10	10,33
12	Desember	54,12	1,40	35,42	12,69
Rata-rata		53,60	1,14	36,18	1,92

Sumber: Data Sekunder (2022)

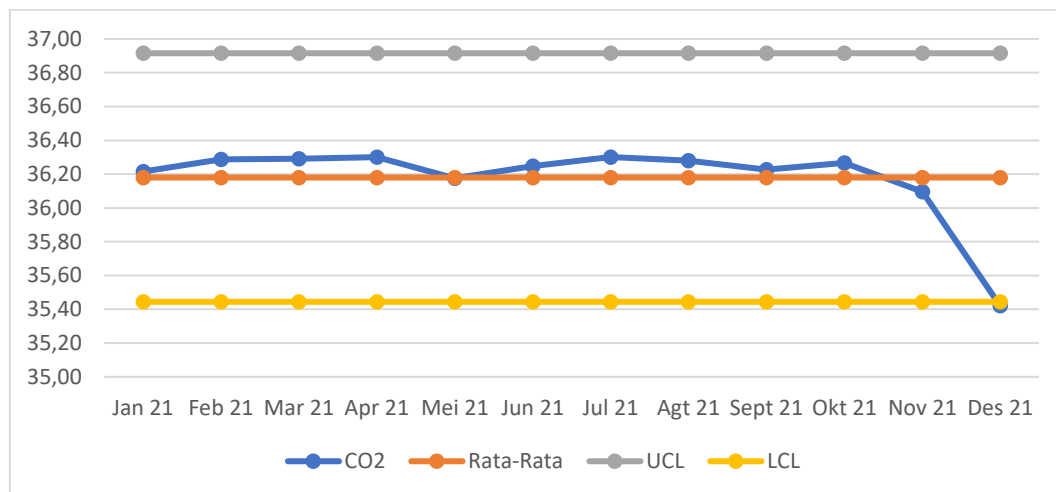
Berdasarkan hasil wawancara, biogas yang dihasilkan dari digester dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik. Hal tersebut didukung dengan Surono dan Machmud (2014) hasil pengolahan biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memasak, penerangan, atau untuk pembangkit tenaga listrik. Kalor pembakaran dengan menggunakan bahan bakar biogas sangat bergantung pada persentase kandungan gas metan dan karbon dioksida. Biogas dengan komponen gas pengotor seperti CO₂, H₂O dan Hidrogen sulfida (H₂S) yang tinggi, dapat menyebabkan penurunan nilai kalor (Iriani dan Heryadi, 2014). Hidrogen sulfida (H₂S) adalah gas yang tidak berwarna, berbau seperti telur busuk, pada konsentrasi rendah bau dapat tercium, bersifat iritan pada mata dan saluran pernafasan, pada konsentrasi sedang (150 ppm) akan mematikan syaraf penciuman sehingga tidak tercium. Pada konsentrasi 300 ppm atau lebih, amat berbahaya jika terhirup karena dapat menyebabkan kematian dalam beberapa menit. Efek jangka panjang (kronis) apabila menghirup terus-menerus dengan konsentrasi rendah sampai sedang yaitu berdampak pusing, terganggunya keseimbangan tubuh, dan kelelahan. Nilai ambang batas hidrogen sulfida adalah sebesar 10 ppm (14 mg/m³). Gas H₂S bersifat korosif terhadap logam Cu, Cd, dan Hg serta oksida logam. Gas H₂S bila terbakar akan menghasilkan gas sulfur dioksida/sulfur trioksida (SO₂/SO₃) yang sangat korosif dan beracun. Pada saat yang sama akan terbentuk sulphuric acid (H₂SO₃) yang merupakan suatu senyawa yang lebih korosif (Imamkhasani, 1998). Nilai ambang batas H₂S di udara ambien adalah sebesar 0,02 ppm (Kep-50/MenLH/11/1996).



Gambar 1. Komposisi Biogas CH₄ PT. Mitra Puding Mas

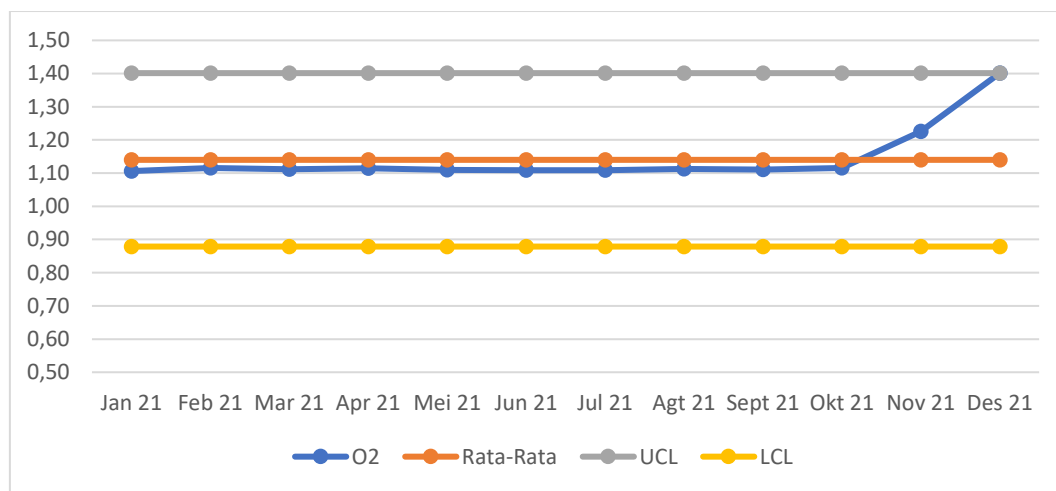
Dari gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa *Control Chart* CH₄ menunjukkan *Upper control limit* (UCL) sebesar 54,11%, *Lower control limit* (LCL) sebesar 53,09% dan $\bar{X}$ sebesar 53,60%. Pada *Control Chart* CH₄ yang berada di luar pengendalian batas kontrol atas pada bulan Desember 2021 sebesar 54,12%, sedangkan CH₄ yang berada di luar pengendalian batas kontrol bawah pada bulan Januari 2021 sebesar 53,50%. Rata-rata kadar CH₄ produksi yang dihasilkan pada PT. Mitra Puding Mas jika dibandingkan dengan standar komposisi biogas CH₄ produksi sesuai dengan pernyataan Rahayu (2015) yang menyatakan bahwa komposisi biogas CH₄ 50-75%, maka secara keseluruhan biogas CH₄ yang dihasilkan telah memenuhi standar. Biogas CH₄ yang

dihasilkan selama bulan Januari 2021 sampai Desember 2021 pada PT. Mitra Puding Mas sebesar 53,60% sehingga telah memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan itu sendiri.



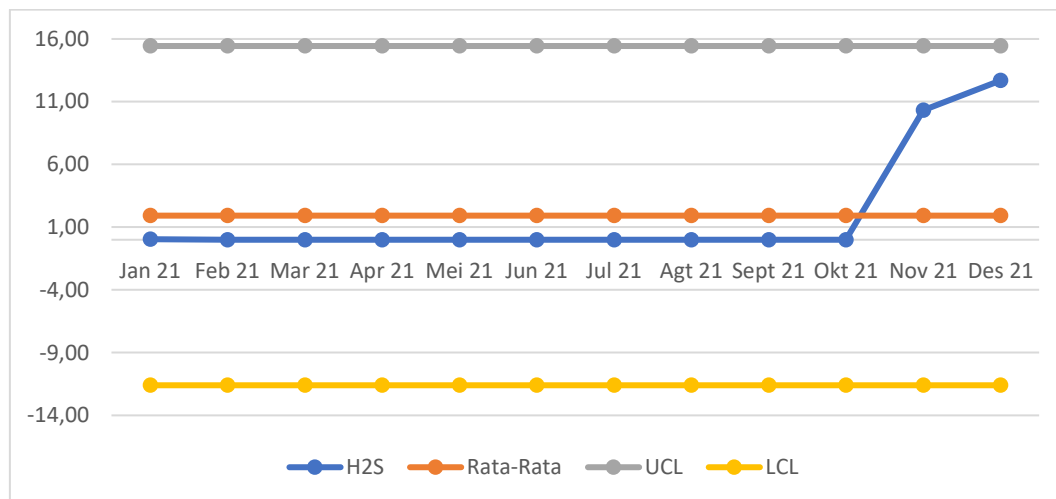
Gambar 2. Komposisi Biogas CO₂ PT. Mitra Puding Mas

Dari gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa *Control Chart* CO₂ menunjukkan *Upper control limit* (UCL) sebesar 36,92 %, *Lower control limit* (LCL) sebesar 35,44 % dan $\bar{X}$ sebesar 36,18 %. Pada *Control Chart* CO₂ yang berada di luar pengendalian batas kontrol atas pada bulan April dan Juli 2021 sebesar 36,30 %, sedangkan CO₂ yang berada di luar pengendalian batas kontrol bawah pada bulan Januari 2021 sebesar November sebesar 36,10% dan Desember 2021 sebesar 35,42 %. Rata-rata kadar CO₂ biogas yang dihasilkan pada PT. Mitra Puding Mas jika dibandingkan dengan standar komposisi biogas CO₂ sesuai dengan pernyataan Rahayu (2015) yang menyatakan bahwa komposisi biogas CO₂ yaitu 24 % – 45 %, maka secara keseluruhan biogas CO₂ yang dihasilkan telah memenuhi standar. Biogas CO₂ yang dihasilkan selama bulan Januari 2021 sampai Desember 2021 pada PT. Mitra Puding Mas sebesar 36,18 % sehingga telah memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan itu sendiri.



Gambar 3. Komposisi Biogas O₂ Mitra Puding Mas

Dari gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa *Control Chart* O₂ menunjukkan UCL sebesar 1,40 %, LCL sebesar 0,88 % dan $\bar{X}$ sebesar 1,14 %. Pada *Control Chart* O₂ yang berada di luar pengendalian batas kontrol atas pada bulan Desember 2021 sebesar 1,40 %, sedangkan O₂ yang berada di luar pengendalian batas kontrol bawah pada bulan Maret sampai September 2021 sebesar 1,11 %, Februari dan Oktober 2021 sebesar 1,12 %. Rata-rata kadar O₂ biogas yang dihasilkan pada PT. Mitra Puding Mas jika dibandingkan dengan standar komposisi biogas O₂ sesuai dengan pernyataan Rahayu (2015) bahwa komposisi biogas O₂ kurang dari 2%, maka secara keseluruhan biogas O₂ yang dihasilkan telah memenuhi standar. Biogas O₂ yang dihasilkan selama bulan Januari 2021 sampai Desember 2021 pada PT. Mitra Puding Mas sebesar 1,11% sehingga telah memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan itu sendiri.



Gambar 4 Komposisi Biogas H₂S PT. Mitra Puding Mas

Dari gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa *Control Chart* H₂S menunjukkan *Upper control limit* (UCL) sebesar 15,44 ppm, *Lower Control Limit* (LCL) sebesar -11,60 ppm dan $\bar{X}$ sebesar 1,92 ppm. Pada *Control Chart* H₂S yang berada di luar pengendalian batas kontrol atas pada bulan November 2021 sebesar 10,33 ppm dan Desember 2021 sebesar 12,69 ppm, sedangkan H₂S yang berada di luar pengendalian batas kontrol bawah pada bulan Januari sampai Oktober 2021 sebesar 0,00 ppm. Rata-rata kadar H₂S biogas yang dihasilkan pada PT. Mitra Puding Mas jika dibandingkan dengan standar komposisi biogas H₂S sesuai dengan pernyataan Rahayu (2015) yang menyatakan bahwa komposisi biogas H₂S kurang dari 2% atau kurang dari 20.000 ppm, maka secara keseluruhan biogas H₂S yang dihasilkan telah memenuhi standar. Biogas H₂S yang dihasilkan selama bulan Januari 2021 sampai Desember 2021 pada PT. Mitra Puding Mas sebesar 1,92 % atau 19.200 ppm sehingga telah memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan itu sendiri.

B. Analisis Penilaian Kinerja Pengelolaan Biogas

1. Penilaian Kinerja Pengolahan Biogas dilakukan Terhadap Manusia pada PT. Mitra Puding Mas

Tabel 3 Rekapitulasi Jawaban Responden Aspek Manusia (Mens) Kinerja Pengelolaan Biogas

No	Pertanyaan	Jawaban Responden					Mean	Kategori
		STS	TS	N	S	SS		
		1	2	3	4	5		
1.	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	-	-	-	5	2	4,28	Sangat Baik
2.	Apakah dilakukan penetapan standar untuk jumlah waktu dan kualitas biogas yang ditargetkan produksi?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
3.	Apakah pengawasan untuk pekerjaan dalam proses produksi sudah cukup?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
4.	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja dalam proses produksi?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
5.	Apakah ada pelatihan untuk pegawai baru?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
6.	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
7.	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
Rata-rata							4,89	Sangat Baik

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Berdasarkan rata-rata penilaian kinerja pengelolaan biogas pada aspek manusia (men) sebesar 4,89 dengan kategori sangat baik. Hal tersebut didukung dengan jawaban responden terdapat pada pernyataan “Pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator” dengan nilai rata-rata skor 4,28 yang masih dikategorikan sangat baik. Tujuan sering melakukan pemindahan operator mesin agar setiap karyawan dapat meningkatkan pengetahuan, keahlian dan keterampilan setiap mesin pengelolaan limbah cair ke biogas yang ada di PT. Mitra Puding Mas. Berdasarkan hasil wawancara upaya yang dilakukan PT. Mitra Puding Mas untuk meningkatkan keterampilan karyawan yaitu dengan memberikan pelatihan secara berkala.

Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan memiliki pengaruh positif terhadap kinerja karyawan sesuai dengan penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pangaraso dan Susanti (2014) bahwa pelatihan

memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja karyawan. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Nasution, (2018), yang menyatakan bahwa pelatihan memiliki pengaruh yang positif terhadap kinerja karyawan. Temuan selanjutnya diperkuat oleh hasil penelitian dari Sultana (2012) dan Anitha (2016) dimana hasil yang ditemukan sama dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu adanya pengaruh positif antara pelatihan dengan kinerja karyawan.

2. Penilaian Kinerja Pengolahan Biogas dilakukan Terhadap Bahan Baku pada PT. Mitra Puding Mas

Tabel 4 Rekapitulasi Jawaban Responden Aspek Bahan Baku (*Material*) Kinerja Pengelolaan Biogas

No	Pertanyaan	Jawaban Responden					Mean	Kategori
		STS	TS	N	S	SS		
		1	2	3	4	5		
1.	Apakah bahan baku (limbah) masuk secara teratur dan konsisten dalam tabung produksi biogas?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
2.	Apakah material yang di input ke mesin produksi biogas (digester) ditangani secara otomatis?	-	-	-	2	5	4,71	Sangat Baik
3.	Apakah selalu dilakukan pengecekan atau kontrol kandungan limbah?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
4.	Apakah tersedia penampung limbah yang besar untuk menghindari perulangan penanganan (<i>handling</i>)?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
5	Apakah dilakukan kelonggaran rute aliran work in process (WIP) untuk proses berikutnya?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
6	Apakah dilakukan proses ulang apabila biogas yang di produksi tidak sesuai dengan standar mutu?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
Rata-rata							4,95	Sangat Baik

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Berdasarkan rata-rata penilaian kinerja pengelolaan biogas pada aspek bahan baku (*material*) sebesar 4,95 dengan kategori sangat baik. Hal tersebut didukung dengan pertanyaan “selalu dilakukan pengecekan atau kontrol kandungan limbah” dan “tersedia penampung limbah yang besar untuk menghindari perulangan penanganan (*handling*)” serta “material yang di input ke mesin produksi biogas (digester) ditangani secara otomatis” dengan masih dikategorikan sangat baik. Tujuan dilakukan pengecekan atau kontrol limbah agar material yang digunakan dalam keadaan baik dan cukup agar terhindar perulangan penanganan material yang masuk ke mesin digester. Salah satu energi alternatif yang dimanfaatkan oleh PT. Mitra Puding Mas sebagai bahan bakar adalah pemanfaatan limbah cair kelapa sawit ataupun POME sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga biogas.

Limbah cair kelapa sawit ataupun POME merupakan salah satu limbah yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap lingkungan karena kandungan BOD dan COD didalamnya (Shintawati, 2017). Oleh karena itu, limbah tersebut harus diolah dan dimanfaatkan semaksimal mungkin agar limbah tersebut tidak menjadi sumber pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan menjadi nilai kalor. Menurut Rahayu (2019) nilai kalor adalah suatu besaran yang menunjukkan nilai energi yang dihasilkan dari proses pembakaran setiap satuan massa bahan bakar. Nilai kalor biogas dinyatakan dengan seberapa berapa besar kandungan CH₄ dalam biogas. Makin tinggi kandungan CH₄, Semakin besar kandungan energi pada biogas dan sebaliknya juga makin kecil kandungan CH₄ maka semakin kecil nilai kalornya. Nilai kalor dari proses pembakaran CH₄ yaitu sebesar 35,7 MJ/m³ atau 10 kWh/m³.

3. Penilaian Kinerja Pengolahan Biogas dilakukan Terhadap Mesin pada PT. Mitra Puding Mas

Berdasarkan rata-rata penilaian kinerja pengelolaan biogas pada aspek mesin (*mechine*) sebesar 4,75 dengan kategori sangat baik. Distribusi rata-rata jawaban terendah terdapat pada pernyataan “pada proses produksi berlangsung waktu set up lama dan menyebabkan penundaan terhadap aliran proses” dengan nilai rata-rata skor 3,71 yang masih dikategorikan sangat baik dan pertanyaan “peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses” dengan nilai rata-rata skor 5,00 yang masih dikategorikan sangat baik.

Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian Putro (2019) upaya yang dilakukan untuk perusahaan agar komponen yang terdapat pada mesin Digester tidak terjadi kerusakan berat seharusnya selalu dilakukan pengecekan sebelum melakukan produksi agar dapat mengurangi terjadinya resiko kerusakan. Dari hasil penggolongan komponen dengan memperhatikan frekuensi kerusakan, maka didapatkan komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu kerusakan pada komponen bearing, expeller dan kerusakan pada coupling. Kerusakan pada expeller diakibatkan bahan baku yang masuk tercampur dengan material-material yang mengakibatkan expeller mengalami kerusakan seperti potongan besi, batu dan kayu. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan lebih teliti melakukan pengecekan bahan baku sebelum masuk kedalam mesin digester agar dapat mengurangi resiko rusak pada expeller. Kemudian kerusakan pada bearing terjadi diakibatkan karena kurangnya ketelitian mekanik dalam perawatan sehingga shaft/as menjadi goyang dan mengakibatkan bearing menjadi rusak.

Tabel 5 Rekapitulasi Jawaban Responden Aspek Mesin (*Machine*) Kinerja Pengelolaan Biogas

No	Pertanyaan	Jawaban Responden					Mean	Kategori
		STS	TS	N	S	SS		
		1	2	3	4	5		
1.	Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi produk sudah dilakukan secara periodek?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
2.	Apakah beban kerja untuk tiap mesin dapat di prediksi dengan jelas?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
3.	Apakah dilakukan pemeriksaan terhadap mesin yang telah dipasang dengan melihat kesesuaian kinerja dengan spesifikasinya?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
4.	Apakah kapasitas peralatan penanganan bahan (material handling) cukup untuk menampung beban yang paling berat?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
5	Jika peralatan material handling digunakan, apakah jumlah bahan yang yang dibawa sudah cukup?	-	-	-	6	1	4,14	Sangat Baik
6	Apakah terdapat kebijakan produksi untuk memproduksi produk yang berlebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
7	Apakah mesin sering berhenti karena kerusakan mesin?	-	-	-	2	5	4,71	Sangat Baik
8	Apakah peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
9	Apakah pada proses produksi berlangsung waktu set up lama dan menyebabkan penundaan terhadap aliran proses?	-	-	2	5	-	3,71	Sangat Baik
10	Apakah dilakukan pertimbangan untuk meminimalisir frekuensi dari set up dengan penyesuaian penjadwalan dan desain?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
Rata-rata							4,75	Sangat Baik

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

4. Penilaian Kinerja Pengolahan Biogas dilakukan Terhadap Metode pada PT. Mitra Puding Mas

Tabel 6 Rekapitulasi Jawaban Responden Aspek Metode (*Method*) Kinerja Pengelolaan Biogas

No	Pertanyaan	Jawaban Responden					Mean	Kategori
		STS	TS	N	S	SS		
		1	2	3	4	5		
1.	Apakah area <i>stock</i> tersedia untuk menghindari kemacetan lalu lintas produksi?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
2.	Apakah ada sistem <i>First In First Out</i> (FIFO) pada pengambilan material yang memudahkan dalam pencarian dan penyimpanan?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
3.	Apakah ada penerapan <i>quality control</i> di dalam proses produksi yang selalu diterapkan?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
4.	Apakah jadwal produksi di komunikasikan antar departemen, sehingga jadwal dipahami secara luas?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
5	Apakah telah dilakukan standar produksi untuk memudahkan loading mesin?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
6	Apakah pekerjaan dan operasi memiliki waktu standar yang dihitung sesuai ilmu keteknikan?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
7	Jika suatu penundaan (<i>delay</i>) ditentukan, apakah penundaan tersebut dikomunikasikan ke departemen produksi?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
8	Apakah ada prosedur untuk inpeksi produk yang dihasilkan?	-	-	-	2	5	4,71	Sangat Baik
9	Apakah aliran produksi dilakukan satu arah?	-	-	-	6	1	4,14	Sangat Baik
10	Apakah ada suatu kelompok yang berhubungan dengan desain kontruksi komponen, drafting dan bentuk lain dari standarisasi?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
11	Apakah ada standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
12	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	-	-	-	-	7	5,00	Sangat Baik
Rata-rata							4,90	Sangat Baik

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

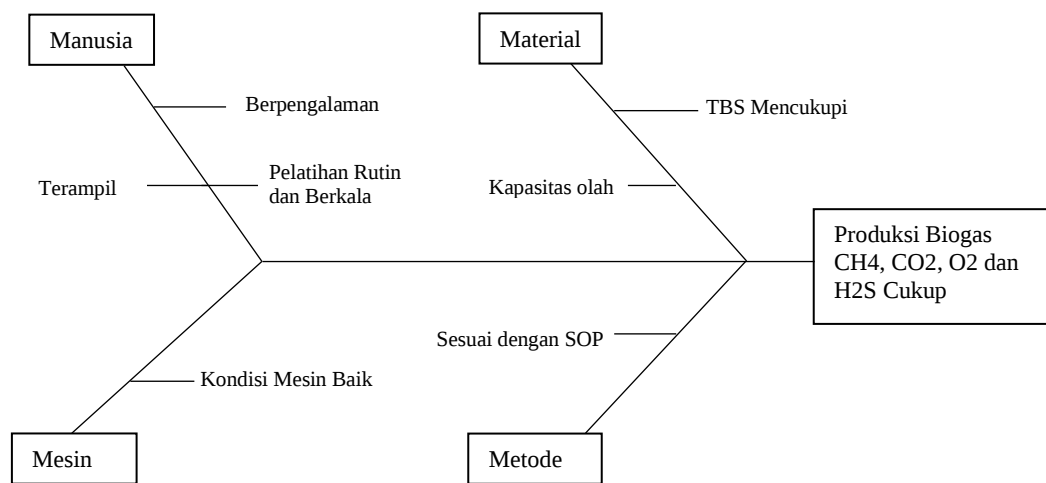
Berdasarkan rata-rata penilaian kinerja pengelolaan biogas pada aspek metode (*method*) sebesar 4,90 dengan kategori sangat baik. Distribusi rata-rata jawaban pada pernyataan “aliran produksi dilakukan satu arah” dengan kategori baik dan “ada prosedur untuk inpeksi produk yang dihasilkan” dengan kategori sangat baik. Hal tersebut didukung dengan pernyataan Sistem *First In*

First Out (FIFO) pada pengambilan material yang memudahkan dalam pencarian dan penyimpanan” dengan nilai rata-rata skor 4,17 yang masih dikategorik sangat baik. Hal tersebut didukung dengan penelitian Ajasta (2018) dengan penerapan standar operasional prosedur sangat berperan penting untuk menjalankan pekerjaan setiap karyawan, karena standar operasional prosedur merupakan pedoman dan tata cara melaksanakan pekerjaan disetiap job masing-masing karyawan. Hal ini bagi karyawan yang sudah mengetahui standar operasional prosedur maka kinerja mereka akan sesuai dengan standar yang diharapkan oleh perusahaan.

Penerapan standar operasional prosedur dengan cara *on the job training* atau pelatihan secara langsung disaat karyawan baru masuk kerja di perusahaan, diajarkan bagaimana mengerjakan pekerjaan mereka sesuai dengan standar yang dimiliki perusahaan agar kinerja karyawan sesuai dengan apa yang menjadi harapan perusahaan.

C. Analisis Sebab Akibat Kinerja Pengelolaan Biogas

Hasil pengolahan limbah cair ke biogas CH_4 , CO_2 , O_2 dan H_2S dari aspek manusia, material, mesin dan metode sudah di kategorikan sangat baik. Biogas adalah campuran beberapa gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerobik, yang terdiri dari campuran metana (50 % – 75 %), CO_2 (24 % – 45 %), dan sejumlah kecil H_2 , N_2 , dan H_2S (Hambali, 2007). Biogas terbentuk ketika mikroorganisme, khususnya bakteri menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida (Ohimain, 2017)



Gambar 5 Diagram Fishbone Sebab-Akibat Komposisi Biogas CH_4 , CO_2 , O_2 dan H_2S

Berdasarkan diagram di atas mengenai *fishbone* komposisi biogas CH_4 , CO_2 , O_2 dan H_2S dikategori cukup dan sesuai dengan standar. Peningkatan tersebut dikategorikan ke dalam empat faktor antara lain Man, Material, Machine dan Method, sebagai berikut:

1. Faktor Manusia (*Man*), Operator terampil dan berpengalaman dalam waktu penyiapan bahan baku dan proses penguraian anaerobik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan biogas yaitu gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), Oksigen (O_2) dan Hidrogen sulfida (H_2S). Kinerja menjadi cerminan kemampuan dan keterampilan dalam pekerjaan tertentu yang akan berdampak pada reward dari perusahaan. Menurut Sutrisno (2016), kinerja adalah kesuksesan seseorang dalam melaksanakan tugas, hasil kerja yang dapat dicapai oleh seorang atau sekelompok orang dalam suatu organisasi sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing atau tentang bagaimana seorang diharapkan dapat berfungsi dan berperilaku sesuai dengan tugas yang telah dibebankan kepadanya serta kuantitas, kualitas dan waktu yang digunakan dalam menjalankan tugas. Dalam pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas telah ditangani oleh karyawan yang berpengalaman, terampil dan telah mengikuti pelatihan secara rutin dan berkala sehingga mampu menghasilkan biogas yang memenuhi standar.
2. Bahan Baku (*Material*) yang digunakan adalah limbah pengolahan kelapa sawit yaitu tandan kosong, perikarp dan sludge dengan rasio berturut-turut: 1,3 : 1,2: 1.0. Kondisi proses yang digunakan adalah: batch proses, continuous process, temperatur 55°C dan kadar bahan kering 35 % di dalam digester. Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2017) hal yang perlu diperhatikan oleh manajemen persediaan dalam menangani persediaan adalah menjaga material sejak berada di dalam perusahaan, artinya setiap item sediaan material, pihak yang bertanggung jawab harus mampu memberikan jaminan bahwa item sediaan akan terpelihara dengan baik, aman, dan tidak rusak, sejak diterima sampai diserahkan untuk diolah ke departemen pengolahan. Bahan baku pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas telah mencukupi 90 ton/tahun sehingga mampu menghasilkan biogas yang memenuhi standar
3. Faktor Mesin (*Machine*) Kinerja digester dalam kondisi baik sehingga untuk pengelolaan bahan baku dan proses penguraian anaerobik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan biogas gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), Oksigen (O_2) dan Hidrogen sulfida (H_2S) dan sudah dilakukan perawatan secara berkala. Menurut Manahan (2004), pemeliharaan *preventive* merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan pada proses produksi. Kondisi mesin pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas dikategorikan baik karena sering dilakukan pengecekan dan ditangani dengan karyawan yang

berpengalaman dan terampil sehingga mesin pengolahan biogas dapat beroperasi dengan baik dan mampu menghasilkan biogas yang memenuhi standar.

4. Faktor (*Method*) Prosedur kerja yang sudah tepat (sesuai dengan SOP) terhadap penyiapan bahan baku dan proses penguraian anaerobik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan biogas gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), Oksigen (O_2) dan Hidrogen sulfida (H_2S). Kinerja karyawan adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seseorang pegawai dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya (Mangkunegara, 2009). Metode atau *Standart Operating Procedure* (SOP) pengolahan biogas di PT. Mitra Puding Mas telah berjalan sesuai dengan SOP perusahaan sehingga mengurangi resiko atau dampak dari pengolahan biogas.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisa penelitian diatas didapatkan beberapa kesimpulan mengenai pengelolaan limbah cair kelapa sawit ke biogas pada PT. Mitra Puding Mas antara lain: kadar gas yang dihasilkan dari pengolahan biogas yaitu CH_4 (53,60%), CO_2 (36,18%), O_2 (1,14%) dan H_2S (1,92 ppm) dikategorikan memenuhi dengan standar komposisi biogas dan berada pada kategori sesuai dengan standar. Faktor pengelolaan limbah cair ke biogas dari aspek manusia (*man*) kategori sangat baik, yaitu pegawai sudah terampil dan ahli dalam pengelolaan biogas. Bahan baku (*material*) kategori sangat baik, yaitu menggunakan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit ataupun POME yang mencukupi jumlahnya sebagai bahan baku biogas; aspek mesin (*machine*) kategori sangat baik, yaitu memeriksa mesin-mesin tidak hanya dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan, namun harus dilakukan secara rutin atau secara berkala; aspek metode (*method*) kategori sangat baik, yaitu memberikan instruksi kerja dengan jelas kepada karyawan, hal ini bisa dilakukan pada saat awal sebelum proses produksi dimulai ataupun pada saat proses produksi berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, W., Bakhtiar, A. (2016). Strategi Mitigasi Risiko pada Supply Chain UC. Wayang Semarang dengan House of Risk Model. *Industrial Engineering Online Journal*, 6(4):1-9.
- Agus, C., Faridah, E., Wulandari, D., Purwanto, B, H. (2014). Peran Mikroba Starter Dalam Dekomposisi Kotoran Ternak dan Perbaikan Kualitas Pupuk Kandang. *J. Manusia dan Lingkungan*, 21(2):179-187.
- Ajasta, A. G., Addin, S. (2018). Analisis Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP). *JMM Online*, 2(3):181-189.
- Alkuma, Y. M., Hermawan, Hadiyanto. (2016). Pengembangan Potensi Energi Alternatif dengan Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan di Kabupaten Kotawaringin Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 14(2):96-102.
- Anitha, R., Kumar, M. A. (2016). A Study on The Impact of Training on Employee Performance in Private Insurance Sector, Coimbatore District. *International Journal of Management Research and Reviews*. 6(8):1079-1089.
- Assauri. (2013). *Manajemen Produksi dan Operasi* (p. 69-80). Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Azwir. (2016). Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar. *Tesis*. Universitas Diponegoro.
- Hambali, E., Mujdalifah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W., Hendroko, R. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta Selatan: Agro Media Pustaka.
- Haming, M., Nurnajamuddin, M. (2017). *Manajemen Produksi Modern : Operasi Manufaktur dan Jasa Buku Kesatu*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Heizer, J., Barry, R. (2013). *Operations Management-Manajemen Operasi*. Edisi 11. Jakarta: Salemba Empat.
- Indriyani, Y. H. (2009). *Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan Usaha Peternakan*. Bogor: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian IPB.
- Irfam. (2014). *Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$* . Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Iriani, P., Heryadi, A. (2014). Pemurnian Biogas Melalui Kolom Beradsorben Karbon Aktif. *Sigma-Mu*, 6(2):36-42.
- Manahan, P. T. (2004). *Perilaku Keorganisasian : Organization Behavior*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Mangkunegara, A.A. A. P. (2009). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Mardalis. (2010). *Metode Penelitian Suatu Pendekatan Proposal*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Nasution, A.Y., Hidayat, G., Sabio, A. I. (2014). Analysis of Biogas Pressure Based on Mass Variation of Raw Material Using 150L/ Tank Digester Capacity. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 11(1):45-61.
- Ohimain, E.I., Izah, S.C. (2014). Potential of biogas production from palm oil mills effluent in Nigeria. *Sky J. Soil. Sci. Environ. Manag*, 3(5):50-58.
- Pande, P. S., Neurman, R. P., Cavanagh, R. R. (2013). *The Six Sigma Way*. New York: McGraw-Hill.
- Pangaraso, A., Susanti, P. I. (2016). Pengaruh Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Pegawai di Biro Pelayanan Sosial Dasar Sekretariat Daerah Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Manajemen Teori dan Terapan*, 9(20):145-160.
- Putro, D. M., Sholihah, Q. (2019). Analisis Keandalan (*Reliability*) pada Mesin *Digester* (Studi Kasus : PT. Smart Tbk Batu Ampar Mill Kotabaru). *SJME KINEMATIKA*, 4(1):67-76.
- Rahayu, A. S., Karsiwulan, D., Yuwono, H., Trisnawati, I., Mulyasari, S., Rahardjo, S., Hokermin, S., Paramita, V. (2015). *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas*. Jakarta: Winrock Internasional
- Safrizal. (2015). Small Renewable Energy Biogas Limbah Cair (POME) Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Tipe Covered Lagoon Solusi Alternatif Defisit Listrik Provinsi Riau. *Jurnal DISPROTEK*, 6(1):26-35.
- Shintawati., Hasanudin, U., Haryanto, Agus. (2017). Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(2): 81-88.
- Sultana, A., Irum, S., Ahmed, K., Mehmood, N. (2012). Impact of Training on Employee Performance: A Study of Telecommunication Sector in Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4(6): 646-661.
- Surono, U. B., Machmud, S. (2014). Peningkatan Kualitas Biogas dengan Metode Absorpsi dan Pemakaiannya Sebagai Bahan Bakar Mesin Generator Set (Genset). *J. TEKNIK*, 4(1):67-74.