

JTII

JURNAL TEKNOLOGI DAN INOVASI INDUSTRI



p-ISSN : 2722-0184

e-ISSN : 2722-0192

JTII

JURNAL TEKNOLOGI DAN INOVASI INDUSTRI



Vol.1, No. 1

Ed Oktober 2020



DEWAN REDAKSI

Ketua Penyunting (Editor in Chief)

Dr. Ir. Lilis Hermida, ST, MSc.

Managing Editor

Yuli Darni, ST., M.T.

Dewan Penyunting

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Dr.Eng. Suryadiwansa Harun, S.T.,M.T., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Ir. Arinal Hamni, M.T., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Simparkin Ginting, S.T., M.T., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

MM Hizbullah Sesunan, S.T, M.T., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Muhammad Haviz, S.T, M.T., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Dona Jhonnata, S.T., M.T. Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

M. Ridho Ulya, S.T., M.Eng., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Reviewer

Ir. Irza Sukmana, S.T.,M.T., PhD., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Dr. Joni Agustian, ST., MSc. Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Prof. Dr. Nasrul Arahman, ST.,MT., Universitas Syah kuala, Banda Aceh, Indonesia

Dr. Sri Mulyati, ST, MT, Universitas Syah kuala, Banda Aceh, Indonesia

Layout

Rosalia Dwi Werena, S.ST, M.Eng.

Hasrul Anwar, S.Pd .,M.T.

IT and Administration office

Afri Yudamson, S.T., M.Eng

Tiara, S.ST., M.T.

Miftahul Djana, S.T.,M.T.

Rizka Mayasari, S.T., M.T



DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Dewan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
Kata Sambutan	iv
Pengolahan limbah cair industry karet secara elektrokoagulasi dengan rancangan percobaan Taguchi fractional factorial	1
Kajian dampak lingkungan sistem pengelolaan sampah di kawasan wisata Pantai Pariaman menggunakan metode <i>Life Cycle Assessment</i>	6
Pengaruh waktu dan ukuran partikel pada pengeringan batubara dengan menggunakan gelombang mikro	12
Pemodelan dispersi udara ambien oleh polutan karbon monoksida sektor transportasi di kota Bandar Lampung	16
Perhitungan Gas Content berdasarkan formula Kim pada seam batubara formasi Muara Enim	22



KATA SAMBUTAN

Ungkapan segenap puji dan syukur kami haturkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas terbitnya Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri Vol. 1, No.2, Oktober 2020. Jurnal ini merupakan salah satu media publikasi artikel-artikel ilmiah dari para peneliti, perekayasa dan akademisi yang diterbitkan per enam bulan. Pada edisi inii terdapat 5 artikel. Redaksi sangat mengapresiasi kepada berbagai pihak yang telah membantu dan memberikan sumbangan pemikiran atas penerbitan edisi pertama jurnal ini. Semoga artikel-artikel ilmiah dalam jurnal ini dapat bermanfaat bagi pembaca

Pengolahan limbah cair industry karet secara elektrokoagulasi dengan rancangan percobaan *Taguchi fractional factorial*

Lilis hermida*, Suhendra

¹ Jurusan Teknik kimia-Fakultas teknik, Universitas Lampung, Jl.Prof. Dr. S. Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Rajabasa Bandar Lampung.

*E-mail: lilis.hermida@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian pengolahan limbah cair indutri karet telah dilakukan dengan cara elektrokoagulasi menggunakan lima elektroda besi yang disusun secara bipolar. Rancangan percobaan menggunakan *Taguchi fractional factorial* untuk mengetahui kondisi optimal tingkat penurunan kekeruhan. Adapun parameter-parameter kondisi operasi yang di variasikan adalah: jarak antar elektroda, kuat arus dan koduktivitas limbah cair. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa persentase penurunan kekeruhan optimal diperoleh sebesar 96,57% pada kondisi operasi: konduktivitas limbah cair 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, jarak antar elektroda 1,5 cm, pemakaian kuat arus 0,2 A dan waktu operasi selama 180 menit.

Kata kunci: limbah cair, elektrokoagulasi, elektroda besi, *Taguchi fractional factorial*, kondisi optimal

1. Pendahuluan

Limbah cair dari industri pengolahan karet mengandung material organik yang tinggi karena karet berisi 90-95% polimer, 2-3% protein, 1-2 mg/l asam lemak, 0,2% gula, 0,5 garam (Na, Mg, K, P, Ca, Cu, Mn dan Fe), dan air (Goutara, Djatmiko dan Tjiptadi, 1976). Dan juga berisi 2-2.5% amoniak yang digunakan untuk mengawetkan karet (5-10 ml per liter karet) (Setjamidjaja, 1993).

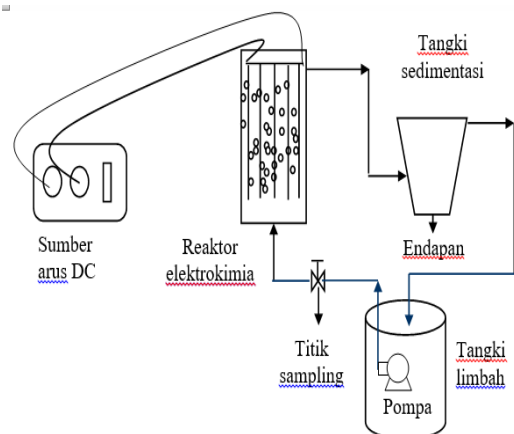
Nitrat, ortofosfat, dan materi-materi organik dalam air limbah menyebabkan efek yang tidak baik bagi lingkungan seperti eutrofikasi, yaitu reduksi oksigen terlarut. Selain iitu senyawa amonia beracun bagi manusia dan organisme akuatik (Sawyer dkk, 1994). Sehingga bila bahan-bahan kimia tidak dihilangkan dari air limbah, kerusakan lingkungan akan terjadi.

Berdasarkan deskripsi di atas, penting untuk mengembangkan suatu metode pengolahan air limbah karet yang mampu menghilangkan nitrogen, senyawa-senyawa ortofosfat, dan materi-materi organik. Dalam penelitian ini, air limbah diolah dengan menggunakan proses elektrokoagulasi yang menggunakan 5 (lima) elektroda besi yang disusun secara bipolar dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh arus listrik, jarak elektroda, dan konduktivitas pada persentase penurunan TSS, reduksi kekeruhan (turbiditas), dan pH. Kondisi optimal penurunan kekeruhan diketahui dengan menggunakan rancangan percobaan *Taguchi fractional factorial*.

2. Metodologi

Sistem operasi peralatan pada penelitian ini berlangsung secara *batch recycle* seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Keadaan awal limbah cair karet yang diambil dari industri karet

dianalisis terlebih dahulu yang meliputi analisis pH dan kekeruhan (NTU). Kemudian dilakukan penetapan kondisi operasi eksperimen berdasarkan rancangan percobaan *Taguchi fractional factorial* pada Tabel 1 (Bagachi, 1993)



Gambar 1. Skematik rangkaian alat percobaan

Tabel 1. Rancangan percobaan *Taguchi fractional factorial*

Rum	Kuat arus (A)	Konduktivitas limbah ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Jarak antar elektroda (cm)	Data yang diamati
1	0,1	1000	0,5	NTU,pH
2	0,1	1400	1,0	NTU,pH
3	0,1	1700	1,5	NTU,pH
4	0,2	1000	1,0	NTU,pH
5	0,2	1400	1,5	NTU,pH
6	0,2	1700	0,5	NTU,pH
7	0,3	1000	1,5	NTU,pH
8	0,3	1400	0,5	NTU,pH
9	0,3	1700	1,0	NTU,pH

Pada eksperimen pertama (*Run1*) yaitu pada kondisi operasi : kuat arus 0,1 A; konduktivitas limbah *influent* = 1000 $\mu\text{s/cm}$; jarak antar elektroda = 0,5 cm, pH *influent* = 4 dan waktu operasi 30 menit dilakukan langkah-langkah sebagai berikut : Limbah cair karet diambil sebanyak 2,5 liter ditempatkan dalam tangki *influent* yang dilengkapi dengan pH meter. Kemudian dilakukan pengaturan pH sehingga limbah karet tersebut mempunyai pH = 4 dengan cara menambahkan larutan (H_2SO_4) asam sulfat 0,01 M (untuk menaikkan pH) atau (NaOH) alkali 0,1 M (untuk menurunkan pH) kedalam limbah tersebut sambil diukur pH-nya. Konduktivitas air limbah diukur dengan konduktivitas meter dan kemudian air limbah tersebut dikondisikan agar konduktivitasnya = 1000 $\mu\text{s/cm}$ dengan cara menambahkan larutan garam 0,1 M (NaCl) kedalam limbah tersebut sedikit-demi sedikit sambil diukur konduktivitasnya.

Reaktor elektrokoagulasi disiapkan dengan memasang dan mengatur elektroda besi pada tempatnya dengan jarak antar elektroda 0,5 cm. Reaktor ini dihubungkan dengan sumber arus listrik searah sehingga menghasilkan kuat arus 0,1 A. Reaktor elektrokoagulasi kemudian dijalankan dengan secara *batch recycle* dengan laju alir 5 liter per jam. Laju lair yang dipakai adalah tetap untuk setiap eksperimen. Sistem dibiarkan berjalan beberapa menit sampai laju alir tidak berubah. Percobaan dimulai ketika sumber arus listrik searah dinyalakan dan voltase reator elektrokimia diukur. Sistem elektrokoagulasi dioperasikan selama 180 dan pengambilan sampel untuk disnalisa dilakukan pada menit ke 0,36, 72, 108, 144 dan 180. Analisa sampel meliputi kekeruhan (NTU) dan pH. Angka persentase penurunan kekeruhan diperoleh dengan persamaan rumus :

$$\text{Persentase penurunan kekeruhan} = \frac{\text{NTU}_{\text{awal}} - \text{NTU}_{\text{akhir}}}{\text{NTU}_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Pada eksperimen kedua dan seterusnya sampai eksperimen ke-9 dilakukan tahapan-tahapan seperti pada eksperimen pertama diatas dengan kondisi operasi yang ditetapkan berdasarkan rancangan percobaan pada Tabel 1.

3. Hasil dan pembahasan

Data-data hasil penelitian ini dapat dilihat pada Table 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Penelitian

Run	Analisis	Waktu (menit)					
		0	36	72	108	144	180
1	Turbiditas (NTU)	407	185	85	56	28	20
	Penurunan Turbiditas (%)	0	54,54	78,87	86,24	93,12	95,08
	pH	6,05	6,69	7,59	7,68	8,02	8,58
2	Turbiditas (NTU)	334	185	34	30	28	21
	Penurunan Turbiditas (%)	0	44,61	89,82	91,02	91,62	93,71
	pH	6,00	7,70	8,03	8,37	8,81	9,10
3	Turbiditas (NTU)	331	86	67	63	22	16
	Penurunan Turbiditas (%)	0	74,02	79,76	80,97	93,35	95,16
	pH	6,10	6,63	7,94	8,03	8,55	8,91
4	Turbiditas (NTU)	430	68	53	40	33	31
	Penurunan Turbiditas (%)	0	84,18	87,67	90,69	92,33	92,79
	pH	6,00	7,45	8,42	8,88	9,07	9,10
5	Turbiditas (NTU)	353	93	28	21	21	15
	Penurunan Turbiditas (%)	0	73,65	92,06	94,05	94,05	95,75
	pH	6,05	8,54	8,54	8,65	8,92	8,94
6	Turbiditas (NTU)	293	218	123	56	56	43
	Penurunan Turbiditas (%)	0	25,60	58,02	80,88	80,88	85,32
	pH	6,01	7,24	7,34	7,35	8,40	8,55
7	Turbiditas (NTU)	289	113	52	23	21	14
	Penurunan Turbiditas (%)	0	60,89	82,01	92,04	92,73	95,15
	pH	5,99	7,18	7,32	7,48	8,52	9,09
8	Turbiditas (NTU)	278	107	91	55	31	17
	Penurunan Turbiditas (%)	0	61,51	67,26	80,22	88,85	93,88
	pH	6,10	8,29	8,31	8,35	8,36	8,51
9	Turbiditas (NTU)	399	50	22	18	17	14
	Penurunan Turbiditas (%)	0	87,47	94,48	95,49	95,74	96,49
	pH	6,00	7,32	8,09	8,19	8,49	8,73

Dari rancangan percobaan pada table 1 dapat diketahui level dari faktor-faktor: kuat arus, konduktivitas dan jarak antar elektroda. Hal ini didiskripsikan pada Table 3

Tabel 3. Level Faktor Desain Percobaan

Level Faktor	Kuat Arus (A)	Konduktivitas ($\mu\text{s/cm}$)	Jarak antar Elektroda (cm)
ke-1	0,1	1000	0,5
ke-2	0,2	1400	1,0
ke-3	0,3	1700	1,5

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 2 dapat diketahui hasil analisis Taguchi terhadap rata-rata % penurunan kekeruhan(%R) pada setiap parameter atau faktor. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis Taguchi terhadap rata-rata % penurunan kekeruhan(%R) pada setiap parameter

Level Faktor	Rata-rata %R		
	Kuat Arus	Konduktivitas	Jarak antar Elektroda
1	94,65	91,59	91,43
2	95,37	95,57	94,33
3	91,09	93,94	95,92
Delta	4,28	3,98	4,50
Rangking	2	3	1

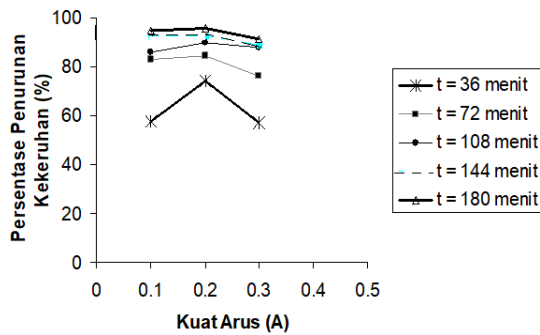
Delta adalah selisih rata-rata %R tertinggi dan rata-rata %R terendah.

Berdasarkan hasil analisis Taguchi pada Tabel 4 diketahui bahwa jarak antar elektroda memiliki nilai delta yang paling besar yaitu 4,50 dibandingkan kuat arus dengan delta 4,28 dan konduktivitas dengan delta 3,98. Nilai delta terbesar menunjukkan bahwa jarak antar elektroda merupakan faktor utama yang mempengaruhi persentase penurunan kekeruhan limbah karet.

3.1 Pengaruh Kuat Arus Terhadap rata-rata % penurunan kekeruhan

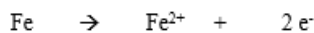
Gambar 2 adalah pengaruh kuat arus terhadap rata-rata penurunan kekeruhan. Secara umum dapat disimpulkan pada Gambar 2 bahwa semakin besar kuat arus yang digunakan maka semakin tinggi rata-rata % penurunan kekeruhan hingga mencapai titik tertinggi. Setelah titik

tertinggi dicapai semakin besar kuat arus yang digunakan rata-rata % penurunan kekeruhan akan berkurang. Rata-rata % penurunan kekeruhan pada tertinggi untuk kuat arus 0,1 A adalah 94,65 %, untuk kuat arus 0,2 A sebesar 95,37%, sedangkan untuk kuat arus 0,3 A mencapai 91,09 %. Sehingga rata-rata persentase penurunan kekeruhan yang optimal yaitu 95,37 diperoleh pada kuat arus 0,2 A pada waktu 180 menit.

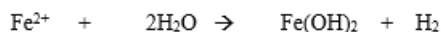


Gambar 2. Pengaruh Kuat Arus Terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan

Kuat arus listrik pada proses elektro-koagulasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kekeruhan limbah cair industri karet. Berdasarkan hukum Faraday, kuat arus listrik berbanding lurus dengan berat atau banyaknya ion-ion logam yang meluruh, maka semakin besar kuat arus listrik yang disuplai ke elektroda besi akan semakin banyak pula peluruhan ion-ion Fe^{2+} yang nantinya akan berikatan dengan partikel-partikel koloid dalam air limbah sehingga dapat meningkatkan persentase penurunan turbiditas (Mollah dkk, 2002). Reaksi oksidasi dan peluruhan ion-ion Fe^{2+} terjadi di kutub positif (anoda) elektroda dengan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut terjadi ketika sumber arus listrik searah dialirkan mengakibatkan elektroda besi yang digunakan luruh menghasilkan ion-ion Fe^{2+} . Ion-ion Fe^{2+} kemudian berikatan dengan senyawa air yang terdapat dalam limbah dan membentuk senyawa $Fe(OH)_2$ dan ion H^{+} .



Pada saat yang bersamaan pembentukan gelembung gas hidrogen juga semakin cepat. Rejim aliran meningkat disebabkan pembentukan gelembung gas hidrogen sehingga proses hidrodinamika makin kuat yang akan menyebabkan meningkatnya flotasi flok-flok di dalam reaktor.

Namun peluruhan ion Fe^{2+} yang berlebih akan berikatan dengan Cl^{-} , SO_4^{-} dan menghasilkan reaksi samping yaitu berupa $FeCl$ dan $FeSO_4$ dimana reaksi-reaksinya sebagai berikut :

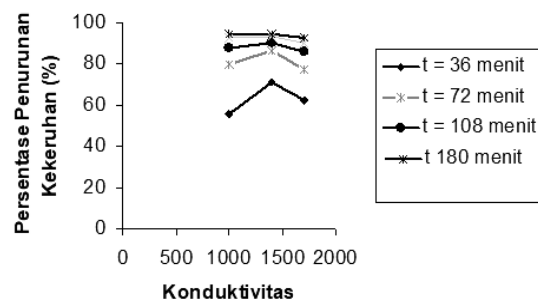


Pembentukan senyawa tersebut akan mempengaruhi konsumsi voltase pada arus tetap karena $FeCl$ dan $FeSO_4$ mengakibatkan resistansi didalam larutan. Floksnya dapat dibedakan $FeCl$ berwarna kuning pada pH 6-6,5 dan $FeSO_4$, berwarna hijau pada pH diatas 6,5

3.2 Pengaruh Konduktivitas Terhadap Persentase penurunan kekeruhan

Limbah cair industri karet memiliki konduktivitas sebesar 300 – 500 $\mu S/cm$. Sebelum air limbah diolah, konduktivitas terlebih dahulu dinaikkan dengan menambahkan garam dapur ($NaCl$) hingga konduktivitasnya menjadi 1000, 1400, dan 1700 $\mu S/cm$.

Pengaruh konduktivitas terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 3. Persentase penurunan kekeruhan akan meningkat seiring dengan naiknya konduktivitas air limbah sampai dengan tingkat konduktivitas optimum. rata-rata persentase penurunan kekeruhan terus meningkat dari konduktivitas 1000 $\mu S/cm$ sampai 1400 $\mu S/cm$ dan kemudian menurun pada konduktivitas 1700 $\mu S/cm$.



Gambar 3. Pengaruh konduktivitas terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan

Konduktivitas terlalu tinggi akan mengurangi reaksi elektrolisis pada elektroda besi (Mollah dkk, 2000). Hal ini karena ion Na^{+} akan bereaksi juga dengan SO_4^{-} , hasil penambahan H_2SO_4 untuk menurunkan pH. Dengan demikian terjadi reaksi samping yang merugikan proses elektrokoagulasi karena dapat mengakibatkan naiknya voltase yang digunakan karena reaksi samping tersebut menjadi efek resistansi pada larutan limbah. Pembentukan reaksi samping adalah sebagai berikut:

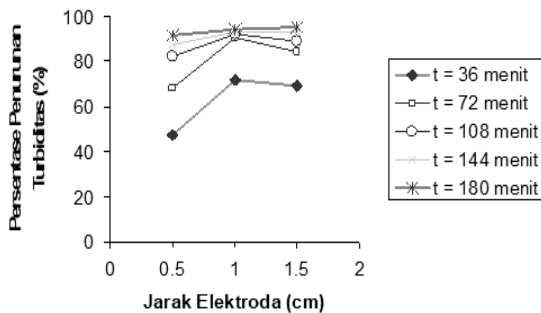


Berdasarkan analisis Taguchi terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan diperoleh optimal pemakaian konduktivitas 1400 $\mu S/cm$ pada waktu 180 menit. Pada kondisi ini

didapatkan persen penurunan kekeruhan diatas 95,57% . ,

3.3 Pengaruh jarak antar elektroda terhadap persentase penurunan kekeruhan

Gambar 4. menunjukkan pengaruh jarak antar elektroda terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan. Pada sistem elektrokoagulasi yang dioperasikan dari 36 sampai 108 menit persentase penurunan kekeruhan akan meningkat seiring dengan besarnya jarak antar elektroda hingga jarak antar elektroda 1 cm, kemudian terjadi penurunan pada jarak antar elektroda 1,5 cm. Namun untuk sistem elektrokoagulasi yang dioperasikan pada 144 menit dan 180 menit semakin besar jarak antar elektroda dari 0,5 cm hingga 1,5 cm maka semakin tinggi persentase penurunan kekeruhan. Hal ini terjadi karena semakin besar jarak antar elektroda untuk waktu operasi tersebut semakin mudah partikel-partikel yang terkoagulasi didalam air limbah mengalir diantara kutub anoda dan katoda (Mameri dkk,1998).



Gambar 3. Pengaruh jarak antar terhadap rata-rata persentase penurunan kekeruhan

Persentase penurunan kekeruhan optimal yaitu 95,92% diperoleh jarak antar elektroda optimal adalah 1,5 cm dan waktu operasi selama 180 menit.

3.4. Perubahan pH Air Limbah

Dari data hasil percobaan pada Tabel 2 diketahui bahwa limbah cair karet mengalami kenaikan pH selama proses elektrokoagulasi berlangsung sehingga didapatkan pH effluent setelah 3 jam rata-rata diatas 8,50 sampai dengan 9. Kenaikan pH ini disebabkan oleh beberapa mekanisme yang terjadi selama proses elektrokoagulasi. CO₂ yang berada di dalam limbah bisa terlepas dari limbah dan mengganggu gelembung-gelembung H₂ sehingga menyebabkan pH meningkat (Chen, 2000). Adanya beberapa anion seperti Cl⁻, SO₄⁻, HSiO₄⁻, NO₃⁻ dan lain-lain dapat menggantikan OH⁻ pada Fe(OH)₂ yang akan menghasilkan OH⁻. Adapun ion OH⁻ ini akan meningkatkan pH limbah. OH⁻ dalam limbah dihasilkan dari adanya

reaksi hidrolisis air selama proses elektrokoagulasi dengan reaksi sebagai berikut :



Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa pH effluent menjadi 7,18 – 9,10.

3.5. Proses Elektrokoagulasi pada kondisi operasi optimal

Kondisi optimal proses elektrokoagulasi limbah cair industri karet dengan sistem *batch recycle* didapatkan dari analisa data hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut :

- Kuat arus : 0.2 A
- Konduktivitas : 1400 μS/cm
- Jarak antar elektroda : 1,5 cm
- pH: 6
- Waktu operasi : 180 menit
- Laju alir: 80 mL/menit

Setelah dilakukan proses elektrokoagulasi limbah cair dari industri karet pada kondisi operasi optimal didapatkan hasil analisa limbah seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis limbah cair industri karet sebelum dan sesudah diolah secara elektrokoagulasi pada kondisi optimum

Analisis	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Persen Penurunan (%)
Turbiditas (NTU)	904	31	96,57
TSS (mg/L)	615	22	96,42
COD (mg/L)	4400	497	88,70
BOD ₅ (mg/L)	1300	101	92,23
Amoniak (mg/L)	69,75	62,69	10,12

Dari Tabel 4 diketahui bahwa sebelum diolah TSS limbah cair karet sebesar 615 mg/l dan setelah diolah terjadi penurunan yang sangat signifikan yaitu menjadi 22 mg/l, sehingga besarnya *persentase removal* TSS adalah 96,42%. TSS hasil pengolahan ini telah memenuhi baku mutu limbah cair yang ditetapkan Gubernur Lampung yaitu sebesar 42 mg/l. Sedangkan hasil analisa kekeruhan didapatkan 31 NTU, yang sebelum diolah besarnya kekeruhan sebesar 904 NTU. Dari nilai akhir dan awal kekeruhan tersebut, maka besarnya persentase penurunan kekeruhan sebesar 96,57%.

4. Kesimpulan

Sistem proses elektrokoagulasi secara *batch recycle* menggunakan elektroda besi yang disusun secara bipolar dapat mereduksi kekeruhan air limbah industri karet hingga mencapai 96,57%. Berdasarkan rancangan percobaan *Taguchi fractional factorial* diperoleh kondisi optimum dicapai pada uat arus : 0.2 A, konduktivitas :

1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, jarak antar elektroda : 1,5 cm, pH: 6, waktu operasi : 180 menit dan laju alir: 80 mL/menit. Sebelum diolah angka kekeruhan air limbah 904 NTU, setelah diolah melalui system elektrokoagulasi angka kekeruhan air limbah menjadi 31 NTU

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas pendanaan penelitian dari Dirjen DIKTI melalui Forum HEAD (Higher Education Development Support) tahun 2005.

Daftar pustaka

Setjamidjaja D. 1993. *Karet: Budidaya dan Pengolahan*. Kanisius. Yogyakarta.
Sawyer, C.N., McCarthy, P.L., Parkin, G.F., 1994. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 4th ed. McGraw-Hill International Edition, New York, pp. 365-577.

Mollah, M.Y.A., Schennach, R., Parga, J. R., and Cocke, C. L. 2000.

Electrocoagulation (EC) Science and Application. Journal of Hazardous Material. B84. 177-183

Mameri, N., Iounici, II., Belhocine, D., Grib, II., Piron, D.L., and Yalhiat, Y. 2001. *Defluoridation of Sahara Water by Small Plant Electrocoagulation Using Bipolar Aluminium Electrodes*. Separation and Purification Technology. 24. 113-119

Chen, X. M., Chen, G. I. I., and Yue, P. L. 2000. *Separation of Pollutant from Restourant Wastewater by Electrocoagulation*. Separation dan Purification Technology. 19. 65-76

Bagachi, T. P., *TAGUCHI METHODS EXPLAINED Practical Steps to Robust Design*, 1993, Prentice Hall of India, New Delhi

Kajian dampak lingkungan sistem pengelolaan sampah di kawasan wisata Pantai Pariaman menggunakan metode *Life Cycle Assessment*

Syarah Nurunnissa^{1*}, Rizki Aziz²

¹ Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.

²Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.

*E-mail: syarahnurunnissa@gmail.com.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pengelolaan sampah eksisting menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan memberikan rekomendasi perbaikan sistem pengelolaan sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman dan alternatif solusi dalam meminimalkan dampak lingkungan. Batasan sistem mencakup aspek teknis operasional pengelolaan sampah, semua sampah dan energi yang dibutuhkan dan dihasilkan. Kajian dilakukan terhadap kondisi eksisting pengelolaan. Sampah yang dikelola sebesar 170,51 kg/h, dengan komposisi sampah organik 90,79 % dan anorganik 9,21%. Pengelolaan dilakukan dengan pendekatan skala kota, pewadahan yang digunakan individual dan komunal dalam keadaan tercampur, sampah dikumpulkan dan langsung dibawa ke TPA dengan pola pengumpulan individual langsung dan pengolahan di TPST berupa pengomposan. Metode penilaian dampak yang digunakan adalah CML-IA (Center of Environmental Science of Leiden University). Hasil karakterisasi dampak untuk kategori dampak *Global Warming Potential* (GWP) 108.098,3 kg CO₂-eq, *Acidification Potential* (AP) 20,4173 kg SO₂-eq dan *Eutrophication Potential* (EP) 2.450,005 kg PO₄³⁻-eq. Dampak terbesar terjadi pada tahap *landfill* di TPA untuk ketiga kategori dampak, yang disebabkan oleh emisi gas dan lindi akibat operasional pengurangan sampah di TPA. Untuk mendapatkan sistem pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan direkomendasikan agar menerapkan pengolahan sampah di kawasan wisata, menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan untuk alat transportasi, menggunakan energi listrik pada pengolahan sampah, dan menerapkan metode *sanitary landfill* pada TPA Tungkal Selatan.

Kata kunci: Dampak Lingkungan, Kawasan Wisata Pantai Pariaman, *Life Cycle Assessment*, Ramah Lingkungan, Sistem Pengelolaan Sampah

1. Pendahuluan

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat yang dapat didaur ulang baik untuk pupuk atau yang lainnya (Undang-Undang No. 18 Tahun 2008). Dalam berkegiatan, manusia memproduksi sampah, karena semakin banyak sampah yang dihasilkan manusia perlu melakukan pengelolaan sampah menjadi material yang memiliki nilai ekonomis atau mengolah sampah agar menjadi material yang tidak membahayakan bagi lingkungan hidup (Fadhilah, 2011).

Pariwisata adalah berbagai macam kegiatan wisata yang didukung dengan berbagai fasilitas serta layanan yang disediakan oleh masyarakat, pengusaha, pemerintah dan pemerintah daerah (Undang-Undang No. 10 Tahun 2009). Pembangunan kepariwisataan diperlukan untuk mendorong pemerataan kesempatan berusaha dan memperoleh manfaat serta mampu menghadapi tantangan perubahan kehidupan lokal, nasional, dan global.

Kota Pariaman termasuk ke dalam Kawasan Potensial Pariwisata Provinsi Sumatra Barat. Berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah

Kota Pariaman, Kota Pariaman mengembangkan pariwisata sebagai kawasan strategis kota. Wisata yang termasuk dalam kawasan strategis tersebut adalah Wisata Pantai Kata, Pantai Cermin, Pantai Gandorih serta Pulau Angso Duo (Walikota Pariaman, 2012).

Timbulan sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman untuk pantai berdasarkan total pengunjung 170,51 kg/hari. Komposisi sampah digolongkan menjadi sampah organik dan anorganik. Komposisi sampah terbesar adalah sampah organik dengan persentase 90,79%, sedangkan komposisi sampah anorganik sebesar 9,21%. Potensi daur ulang sampah kawasan wisata Kota Pariaman terdiri dari kertas 19,231%, plastik 93,359%, kaca 64,505%, logam non ferrous 95,072%, kayu 16,408%, dan sampah makanan 36,787% (Aziz dan Mira, 2019).

Kondisi eksisting pengelolaan sampah di Kawasan Wisata Pantai Pariaman menggunakan skala kota, sistem pewadahan menggunakan sistem pewadahan individual dan komunal. Pewadahan dan pemilahan yang diterapkan di Kawasan Wisata Pantai terdiri atas tiga jenis sampah yaitu sampah organik, anorganik dan B3 (Bahan

Berbahaya dan Beracun) untuk wadah komunal namun pada kenyataannya sampah tidak sesuai dengan pemilahan yang disediakan masih dalam keadaan tercampur. Sampah yang dikumpulkan menggunakan pola individual langsung menuju ke TPA Tungkal Selatan. Sampah daun-daun dari taman dan sampah kertas dibakar disekitar kawasan pantai. Sampah yang diolah di TPST Tungkal Selatan hanya pengomposan. Pengumpulan sampah anorganik dari Pulau Angso Duo dilakukan sekali dalam sebulan dan dibawa ke lapak.

Metode LCA ini sudah digunakan untuk menilai alternatif kajian peningkatan sistem pengelolaan sampah Pasar Ibul Kota Payakumbuh oleh Fitria (2019), penilaian dampak lingkungan pada pengomposan rumah tangga oleh Colon dkk (2010), pengelolaan sampah adat kota di Tehran oleh Abdul dkk (2017). Selain itu juga evaluasi dampak lingkungan dari pengomposan masyarakat dengan menggunakan LCA oleh Aziz dkk (2016), dan penilaian siklus hidup untuk opsi pembuangan sampah di Malaysia oleh Saheri dkk (2012). Dalam upaya menghadirkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan, maka perlu diketahui dampak lingkungan dari sistem pengelolaan sampah eksisting, untuk selanjutnya dapat diusulkan rekomendasi sistem pengelolaan sampah yang lebih baik untuk diterapkan di Kawasan Wisata Pantai Pariaman.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem pengelolaan sampah eksisting menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan memberikan rekomendasi sistem pengelolaan sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman yang lebih baik serta alternatif solusi dalam meminimalkan dampak lingkungan.

2. Metodologi

Kajian ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu: studi literatur, pengumpulan data skunder dan primer, dan analisis LCA. Studi literatur bertujuan untuk mempelajari dasar teori yang berkaitan dan berhubungan langsung dengan pelaksanaan tugas akhir ini. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari instansi terkait dan mempelajari teori dari berbagai sumber berupa buku teks, jurnal dan peraturan terkait.

Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk mendapatkan data timbulan, komposisi, potensi daur ulang dan karakteristik sampah Kawasan Wisata Kota Pariaman. Selain itu juga data material dan peralatan yang dibutuhkan selama proses pengelolaan dan pengolahan yang berlangsung di Kawasan Wisata Pantai Pariaman dan TPST di TPA Tungkal Selatan. Data lainnya adalah data yang digunakan untuk melengkapi data base pada software yang digunakan yang berasal dari data penelitian lain terkait.

Data primer diperoleh berupa kondisi eksisting pengelolaan sampah Kawasan Pantai Pariaman terkait dengan aspek teknis operasionalnya terdiri dari aspek timbulan, pewadahan, pengumpulan, pengolahan (pengomposan dan daur ulang), pengangkutan dan tempat pembuangan akhir sampah. Data didapatkan melalui observasi lapangan atau wawancara untuk melengkapi data-data yang masih kurang. Wawancara ini dilakukan dengan beberapa narasumber yaitu pejabat Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pariwisata Kota Pariaman.

Analisis LCA dilakukan dengan tahapan (ISO 14040):

Prosedur penelitian LCA memiliki empat tahapan utama yang dilakukan yaitu:

1. *Goal and Scope Definition*. Tujuan kajian ini adalah menilai dampak lingkungan akibat sistem pengelolaan sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman. Batasan kajian adalah operasional dalam timbulan, komposisi dan potensi daur ulang. Fungsional unit yang dikaji adalah pengelolaan sampah yang dihasilkan dalam sehari, yakni 170,51 kg.
2. *Life Cycle Inventory*. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dapat mendukung analisis LCA. Inventarisasi siklus hidup didasarkan kepada pengelolaan sampah sebanyak unit fungsional yaitu 170,51 kg/hari. Pada tahapan ini juga dimodelkan data input dan output dari keseluruhan sub sistem pada sistem pengelolaan sampah.
3. *Life Cycle Impact Assessment*. Evaluasi potensi dampak dari keseluruhan input dan output data dari tahapan inventori. Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokan dampak dengan menggunakan metode CML-IA (*baseline*) yang dikeluarkan oleh *Institute of Environmental Sciences, Leiden University*. Metode ini dipilih karena merupakan metode penilaian dampak yang banyak digunakan untuk permasalahan persampahan dan juga sederhana. Dampak lingkungan yang akan dikaji pada tugas akhir ini meliputi *Global Warming Potential* (GWP), *Acidification Potential* (AP) dan *Eutrophication Potential* (EP). Ketiga kategori dampak tersebut dipilih karena memiliki dampak yang paling terasa di lingkungan dan paling banyak dipilih peneliti sebelumnya dalam analisis LCA. Analisis LCA ini menggunakan *software* SimaPro 9.0, karena merupakan software yang populer dan mudah dalam operasinya. Setelah pengelompokan dampak dilakukan tahapan karakterisasi.
4. *Life Cycle Interpretation*. Interpretasi bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan menyimpulkan analisis dampak lingkungan dari sistem pengelolaan sampah di Kawasan Wisata Pantai Pariaman yang dinilai pada tahap sebelumnya. Interpretasi dilakukan berdasarkan hasil

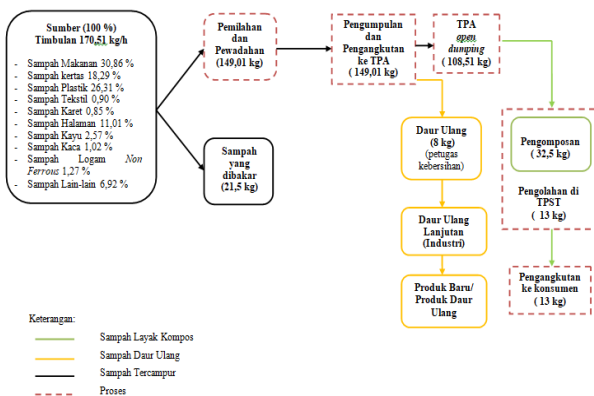
analisis penilaian dampak mulai dari sistem pengumpulan sampah sampai sampah tersebut sampai di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Analisis ini menilai tahapan sistem pengelolaan sampah mana yang berdampak besar pada keseluruhan sistem pengelolaan sampah dan apa penyebab atau contributor dampak tersebut. Dan diakhiri dengan analisis perbaikan berisikan rekomendasi perbaikan atas sistem yang ada untuk menjadi sistem yang lebih berwawasan lingkungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Sistem Pengelolaan Sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman

Kondisi eksisting sistem pengelolaan sampah yang sedang diterapkan di Kawasan Wisata Pantai Pariaman telah menerapkan paradigma baru dalam pengelolaan sampah, dimana sampah yang dihasilkan diolah terlebih dahulu di TPST Tungkal Selatan sebelum dilakukan pengurugan di *landfill*. Namun dalam pelaksanaannya sistem pengelolaan sampah yang ada belum semuanya dapat dijalankan. Skala pengelolaan sampah Kawasan Wisata Pantai Kota Pariaman adalah skala Kota.

Persentase sampah layak kompos yang diolah di TPST yaitu 32,5% dari 100 kg, kompos yang telah jadi diangkat ke konsumen 13 kg. Sampah daur ulang yang berasal dari Pulau Angso Duo oleh sektor informal (petugas kebersihan) sebesar 8 kg kemudian dibawa ke lapak atau pihak ketiga. Pengolahan sampah layak kompos di TPA Tungkal Selatan masih sedikit. Untuk sampah sisa yang dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah sebesar 108,51 kg. Diagram skenario 1 dapat dilihat pada **Gambar 1**.



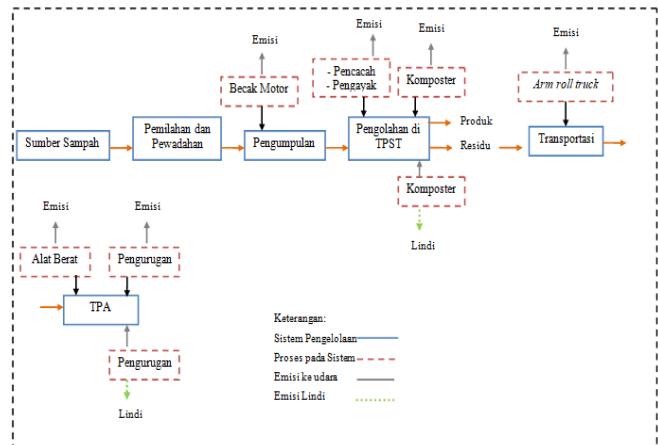
Gambar 1 Diagram Sistem Pengelolaan Sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman

3.2. Analisis LCA

3.2.1. Definisi Tujuan dan Cakupan (Goal and Scope Definition)

Tujuan untuk mengevaluasi sistem pengelolaan sampah eksisting menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan memberikan rekomendasi sistem pengelolaan sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman yang lebih baik serta alternatif solusi dalam meminimalkan dampak lingkungan. Sistem yang dikaji mulai dari sumber hingga pemrosesan akhir dengan memasukkan proses dan aliran yang terjadi pada masing-masing sistem pengelolaan berdasarkan perjalanan sampah dari sumber hingga sampai di TPA.

Untuk sistem pengolahan sampah yang dilakukan oleh sektor informal (pemulung) tidak dianalisis dari penelitian ini. Untuk unit fungsional yang digunakan yaitu sesuai dengan jumlah timbulan sampah yaitu Unit fungsional yang digunakan pada tahap ini adalah 170,51 kg timbulan sampah. Batasan sistem untuk analisis LCA pada pengelolaan sampah di Kawasan Wisata Pantai Pariaman dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Batasan Sistem

3.2.2. Tahap Analisis Inventori (Life Cycle Inventory)

Input dan *output* dari timbulan sampah berdasarkan komposisi Kawasan Wisata Pantai Pariaman dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Inventori Input dan Output Pengelolaan Sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman

No	Jenis Pengolahan	Jenis Sampah	Input Jumlah (kg)	Output Material (kg)
1.	Pemilahan dan Pewardahan	Total Sampah	170,51	170,51
		Sampah Halaman	8,8	8,8
2.	Sampah yang dibakar	Sampah Kertas	12,8	12,8
		Total Sampah	21,5	21,5
3.	Pengumpulan	Total Sampah	149,01	149,01
4.	TPS	Total Sampah	149,01	149,01

No	Jenis Pengolahan	Jenis Sampah	Input Jumlah (kg)	Output Material (kg)
5.	Pengangkutan ke TPA	Total Sampah	149,01	149,01
		Sampah Makanan	32,5	32,5
		Total Sampah ke TPST/TPS 3R	32,5	32,5
		Total Sampah ke TPA	13	13
6.	Layak Kompos	Total Sampah ke TPA	13	13
		Sampah Plastik	8	8
		Total Sampah ke Lapak	8	8
		Total Sampah ke TPA	8	8
7.	Daur Ulang	Total Sampah ke TPA	8	8
		Sampah Plastik	8	8
		Total Sampah ke Lapak	8	8
		Total Sampah ke TPA	8	8
8.	TPA	Total Sampah ke TPA	8	8
		Sampah Plastik	8	8
		Total Sampah ke Lapak	8	8
		Total Sampah ke TPA	8	8

Berikut adalah data inventori dasar yang diperlukan untuk alternatif skenario 1 dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2 Data Inventori Skenario 1 yang digunakan dalam software SimaPro

Item	Data
Timbulan Sampah	0,17051 ton
-Sampah yang Dikelola	0,14901 ton
-Sampah yang dibakar	0,0215 ton
Pengumpulan (Rute: Pulau-Muara)	15 km
Pengangkutan (Rute: Sumber-TPST)	11,8 km
Pengolahan Sampah Layak Kompos	0,0325 ton
-Hasil Pengomposan	0,013 ton
-Transportasi penjualan (Rute: TPST- Konsumen)	13km
Sampah Daur Ulang	0,008 ton
-Transportasi penjualan (Rute: Sumber- Lapak)	2,3 km
Sampah Lain-lain	
-Ke TPA	0,10851 ton
-Transportasi ke TPA (Rute: Sumber-TPA)	11,8 km

Tabel 3 Data Inventori Jarak, Berat dan Energi Pengelolaan Sampah

Kebutuhan Energi	Jarak Tempuh (tkm)	Berat (ton)	Energi (MJ)
Pengumpulan dan Pengangkutan (Sumber-TPA Tungkal Selatan)	11,8	-	1,7583
Pengumpulan (Pulau-Muara Pantai)	15	-	0,12
Pengangkutan (Sumber-Lapak)	2,3	-	0,0184

Kebutuhan Energi	Jarak Tempuh (tkm)	Berat (ton)	Energi (MJ)
Pengangkutan (TPST-Konsumen)	13	-	0,169
Pencacah Kompos	-	-	0,0291
Pengayak Kompos	-	-	0,0114
Pengomposan	-	0,0325	-
Kebutuhan Air	-	0,006	-
Kebutuhan EM4	-	0,001	-
Landfill	-	0,10851	-
Alat Berat excavator	-	-	1,170

3.2.3. Tahap Penilaian Dampak (Life Cycle Impact Assessment)

Karakterisasi dampak menentukan besarnya dampak dari data yang sudah diinventori. Hasil penilaian karakterisasi dampak dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Karakterisasi Dampak Sistem Pengelolaan Sampah

Proses	GWP (kg CO ₂ -eq)	AP (kg SO ₂ -eq)	EP (kg PO ₄ ⁻³ -eq)
Membakar Sampah	92,1	-	-
Pengumpulan	-	-	-
Pengangkutan	4,2	1,6 x 10 ⁻²	3,88 x 10 ⁻³
Pengomposan	2	13 x 10 ⁻³	20,4 x 10 ⁻³
Daur Ulang	0,04 x 10 ⁻⁵	0,52 x 10 ⁻⁹	0,13 x 10 ⁻⁹
Landfill di TPA	1,08 x 10 ⁵	20,4	2,45 x 10 ³
Total	108.098,3	20,4173	2.450,0059

3.2.4. Tahap Interpretasi (Interpretation)

Interpretasi yang dilakukan berupa komparasi, kontribusi dan perbaikan dari sepanjang sistem pengelolaan sampah.

Analisis komparasi dilakukan terhadap hasil tahapan karakterisasi yang terdapat pada Tabel 4. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa dampak GWP sistem adalah sebesar 108.098,3 kg CO₂-eq, dampak EP adalah 20,4173 kg SO₂-eq, dan dampak AP sebesar 2.450,0059 kg PO₄⁻³-eq, dimana dampak terbesar untuk semua kategori dampak terjadi pada tahap landfill TPA (99,9%).

Berikutnya dilakukan analisis kontribusi, untuk dampak GWP, nilai GWP yang besar disebabkan oleh kegiatan *landfill* di TPA. Emisi yang bertanggung jawab atas dampak ini adalah besaran emisi CH₄, CO₂, NO_x dan VOC pada aktivitas landfill TPA. Hal ini karena pengelolaan di TPA pada pengolahan lindi dan gas tidak berfungsi sebagaimana mestinya sehingga terjadi emisi gas tersebut. Pada sistem pengolahan, pengomposan dan daur ulang dilakukan oleh sektor informal dan jumlah sampah yang diolah

sedikit sehingga sampah yang diurug di TPA lebih besar.

Pada dampak AP, dampak AP terbesar pada proses pengangkutan dan *landfill* di TPA. Hal ini disebabkan oleh emisi NO_x dan SO_2 yang dihasilkan pada proses *landfill* dan pengangkutan menjadi penyebab utama meningkatnya nilai AP. Pengangkutan memiliki dampak asidifikasi yang jauh lebih besar daripada *landfill*. Namun pada *landfill* memiliki dampak yang besar juga, selain itu proses pengumpulan pengomposan dan daur ulang juga berkontribusi dalam terjadinya dampak AP.

Sedangkan untuk dampak EP, nilai EP juga terjadi pada proses *landfill* di TPA. Nilai EP terbesar karena sampah yang diurug di TPA banyak sehingga menghasilkan polutan udara yang besar. Emisi gas yang dihasilkan seperti CH_4 , N_2O , NH_3 dan VOC menjadi penyebab meningkatnya nilai EP. Selain itu proses pengumpulan juga berkontribusi dalam terjadinya EP serta kebutuhan energi dari pemakaian alat untuk pengolahan sampah juga berkontribusi terhadap nilai EP dalam persentase yang kecil.

3.3. Rekomendasi Sistem Pengelolaan Sampah Kawasan Wisata Pantai Pariaman

1. Proses Landfill

Pengurangan timbulan sampah ke *landfill* dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan pengolahan sampah di TPS 3R sehingga timbulan sampah yang dibawa dan diurug ke TPA menjadi berkurang. Penerapan metode *sanitary landfill* pengolahan dimana sel sampah ditutup atau dilapisi dengan tanah, dimana pada tahun ini akan dilakukan perbesaran lahan 2 Ha untuk *landfill* di TPA Tungkal Selatan. *Sanitary landfill* memiliki kontribusi yang rendah dalam hal eutrofikasi, pemanasan *global* dan dampak oksidasi fotokimia, sedangkan pada *open dumping* memiliki potensi dampak tertinggi dalam kategori pemanasan *global*, penipisan lapisan ozon, pembentukan ozon fotokimia dan toksisitas manusia melalui tanah karena tidak menerapkan teknis untuk mengendalikan emisi gas dan lindi (Saheri dkk, 2012). Pada dasar tempat pembuangan dibuat pipa-pipa untuk mengalirkan air lindi yang kemudian diolah menjadi energi begitu juga dengan pipa-pipa penangkap gas metan yang sekarang tidak berfungsi kemudian diolah menjadi energi.

2. Proses Pengolahan di TPST

Alternatif pengolahan yang dilakukan di TPST yaitu pengomposan. Proses pengolahan menggunakan alat seperti mesin pencacah sampah, dan mesin pengayak. Menurut Fachverband (2017) energi yang dihasilkan oleh mesin memiliki dampak terhadap lingkungan

kerena menggunakan penggerak diesel berbahan bakar solar yang memiliki kandungan sulfur dioksida (SO_2) yang memicu tingginya dampak nilai AP (*Acidification Potential*).

Semakin banyak timbulan sampah yang diolah semakin besar emisi yang dihasilkan, maka dari itu menggunakan listrik dengan penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bahwa energi surya adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi dan sumber energinya banyak tersedia di alam (Rahayuningtyas dkk, 2014).

3. Proses Pengumpulan dan Pengangkutan

Penyebab terjadinya dampak dari proses pengumpulan dan pengangkutan yang ditimbulkan terhadap lingkungan berasal dari mengkonsumsi bahan bakar dari transportasi pengumpulan dan pengangkutan. Jarak yang jauh juga menyebabkan emisi yang dikeluarkan semakin besar, oleh karena itu disarankan untuk memilih jalur transportasi yang lebih dekat semakin dekat jarak maka semakin kecil dampak yang dikeluarkan oleh emisi. Pengangkutan sampah menggunakan *arm roll truck* diganti dengan bahan bakar *truck* dengan emisi yang lebih ramah lingkungan.

Penggunaan bahan bakar Pertamina Dex merupakan bahan bakar diesel yang memiliki nilai CN (*Cetane Number*) 53 dengan kandungan sulfur di bawah 300 ppm sesuai Standar Internasional EURO 3 lebih baik dibandingkan dengan pemakaian dan Dextrite memiliki CN 51 dengan kandungan sulfur 1.200 ppm Bio Solar memiliki CN 48 dengan kandungan sulfur 3.500 ppm (Dahwilani dan Dani, 2017). Semakin tinggi nilai CN maka emisi gas buang dari bahan bakar bermesin diesel juga semakin baik.

4. Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian kajian *life cycle assessment* pada sistem pengelolaan sampah di Kawasan Wisata Pantai Pariaman adalah sebagai berikut potensi dampak lingkungan dari sistem pengelolaan sampah yang berlangsung sekarang memiliki dampak yang sangat besar dibandingkan dengan skenario lainnya. Berdasarkan hasil karakterisasi dampak menggunakan metode CML-IA dari *software* SimaPro dengan klasifikasi dampak yang dihasilkan yaitu GWP (*Global Warming Potential*), AP (*Acidification Potential*) dan EP (*Eutrophication Potential*). Karakterisasi dampak yang dihasilkan untuk nilai GWP yaitu 108.098,3 kg $\text{CO}_2\text{-eq}$, nilai AP yaitu 20,4173 kg $\text{SO}_2\text{-eq}$ dan nilai EP yaitu 2.450,0059 kg PO_4^{3-} .

Beberapa rekomendasi sistem pengelolaan sampah yang dapat diberikan untuk diterapkan di Kawasan Wisata Pantai Pariaman yaitu proses *landfill* menerapkan metode *sanitary landfill*

pengolahan dimana sel sampah ditutup atau dilapisi dengan tanah dimana pada tahun ini akan dilakukan perbesaran lahan 2 Ha untuk *landfill* di TPA Tungkal Selatan. Perlu dikembangkan pengelolaan sampah di TPA dengan adanya pengolahan air lindi dan pengolahan gas, sehingga proses yang menjadi penyebab utama besarnya tingkat kategori dampak dapat diminimalisir. Selain itu proses pengolahan seperti pengolahan sampah daur ulang menggunakan mesin pencacah sebaiknya menggunakan listrik dengan penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena menghasilkan dampak yang lebih kecil. Dan proses pengumpulan dan pengangkutan memilih jalur transportasi yang lebih dekat jaraknya maka semakin kecil dampak yang dihasilkan. Mengganti bahan bakar *truck* dengan Pertamina Dex.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Andalas yang telah menyediakan pendanaan untuk penelitian ini dengan hibah nomor: T/10/UN.16.17/PT.01.03/PRK-RD/2020.

Daftar Pustaka

- Abduli, M., Naghib, A., Yonesi, M., & Ali, A. (2010). Life Cycle Assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: Landfill and composting plus landfill. *Environmental Monitoring Assessment*. 178: 487-498
- Aziz, R. and Mira (2019) IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 602 012059
- Aziz, R., P. Chevavidagarn, and S. Danteravanich (2016). Environmental Impact Evaluation of Community Composting by Using Life Cycle Assessment: A Case Study Based on Types of Compost Product Operations. *Walailak Journal of Science & Technology*. 13; 221-233
- Colón, J., J. Martinez-Blanco, X. Gabarrell, A. Artola, A. Sánchez, J. Rieradevall, and X. Fonta (2010). Environmental Assessment of Home Composting. *Resources Conservation Recycling*. 54; 893-904
- Dahwilani dan Dani. (2017). *Keunggulan Pertamina Dex dan Dextrite untuk Kendaraan Diesel*. Diakses tanggal 12 Juli 2020
- Fachverband Biogas (2017). *Biogas Safety First*. Diperoleh 15 Mei 2020 dari https://issuu.com/fachverband.biogas/docs/biogas_safety_ind
- Fadhilah, A. (2011). *Kajian Pengelolaan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (UNDIP). 11 (2), ISSN 0853-2877
- Fitria, Dina, WD (2019) Kajian Peningkatan Sistem Pengelolaan Sampah Pasar Ibh Kota Payakumbuh menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Andalas.
- ISO. (2006). *Environmental Management – Life Cycle Assessment: Principles and Framework* (ISO 14040:2006). Brussels: European Committee for Standardisation
- Peraturan Daerah Nomor 21 Tahun (2012) *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pariaman Tahun 2010-2030*. 07 November 2012. Lembaran Daerah Kota Pariaman Tahun 2012 Nomor 67. Pariaman
- Rahayuningtyas, A., Kuala, S.I., dan Apriyanto, F. (2014). Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan. Prosiding SnaPP 2014 Sains, Teknologi dan Kesehatan. PP 223-230
- Saheri, S., Masoud AM., Noor AB., Noor ZBM., Rawshan AB. (2012). *Life Cycle Assessment for Solid Waste Disposal Options in Malaysia*. Institute of Environment and Development (LESTARI), UKM, Bangi 21 (5): 1377-1382
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun (2009) *Kepariwisata*. 16 Januari 2009. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 11. Jakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun (2008) *Pengelolaan Sampah*. 7 Mei 2008. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 69. Jakarta

Pengaruh waktu dan ukuran partikel pada pengeringan batubara dengan menggunakan gelombang mikro

Muhammad Haviz^{1,*}, Sandri Erfani², Darmansyah¹, Donny Lesmana¹, Lia Lismeri¹

¹ Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

² Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

*E-mail: muhammadhaviz@eng.unila.ac.id

Abstrak

Sekitar 40 miliar ton batubara di Indonesia, 45% berada di Pulau Sumatera. Kebanyakan dari batubara tersebut dikategorikan sebagai batubara peringkat rendah dengan 15-31% kandungan *Total Moisture* (TM). Pada batubara peringkat rendah, proses pengeringan dapat berjalan tidak efektif karena menggunakan energi yang besar pada prosesnya. Dengan menggunakan *microwave* diharapkan dapat berjalan secara efektif, karena menggunakan frekuensi yang spesifik 2,45 MHz. Berdasarkan hasil Analisa Proksimat, terdapat sekitar 15-16% *Total Moisture* (TM) pada batubara yang digunakan sebagai objek penelitian ini. Pada penelitian ini, ukuran partikel batubara yang akan dianalisa dibagi menjadi 16-20, 20-40, dan 40-60 mesh dengan berat yang seragam yaitu 5 gram. Batubara akan diiradiasi selama 5 menit dengan menggunakan oven *microwave* 400 watt, dan dihitung massanya tiap menit. Kehilangan kadar air paling banyak terjadi pada proses pengeringan batubara ukuran partikel 40-60 mesh selama 5 menit, yaitu sebesar 0,045 gram atau 5,73%.

Kata kunci: batubara, *coal drying*, *microwave*, ukuran partikel pengeringan

1. Pendahuluan

Pembatubaraan merupakan proses perubahan vegetasi dari gambut, lignit, sub-bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit dan batubara meta-antrasit. Tingkat transformasi atau pembatubaraan disebut peringkat batubara (Thomas, 2013).

Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil yang masih menjadi sumber energi paling penting, dengan kegunaannya sebagai bahan bakar di hampir 40% power plant di seluruh dunia (Krawczykowska, 2012).

Ada beberapa moisture yang mengakibatkan kandungan air pada batubara, antara lain (Thomas, 2013):

1. *Surface Moisture*. *Surface moisture* merupakan kandungan air yang bukan berasal dari dalam batubara. Dengan pemanasan suhu rendah (40°C) *surface moisture* dapat dihilangkan. Biasanya penghilangan *surface moisture*, berada pada awal analisa.
2. *Inherent Moisture*. *Inherent Moisture* (IM) merupakan banyaknya air yang terkandung pada mikropori batubara dengan kata lain nilai dari IM tidak terpengaruh dari jumlah air eksternal seperti air formasi.
3. *Total Moisture*. *Total moisture* adalah jumlah keseluruhan moisture yang dapat dihilangkan dengan pemanasan di suhu yang cukup tinggi (150°C).

Kadar air pada batubara akan mencirikan peringkat batubara, semakin banyak kadar air, maka berbanding terbalik dengan peringkat batubara. Banyaknya kadar air juga akan mengakibatkan banyaknya energi yang dikonsumsi selama proses pembakaran.

Sumatera memiliki sekitar 45% dari total cadangan batu bara Indonesia, yang terhitung tinggi, dengan karakteristik, tinggi *moisture content*, kalori rendah dan kadar abu tinggi. Lapangan batubara Tanjung Enim yang merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan, memiliki cadangan batubara 2,8 miliar ton. Target produksi batubara pada tahun 2020 adalah sebesar 31 juta ton dan tahun 2021 sebesar 32 juta ton.

Dengan mengurangi kadar air pada batubara, maka akan mengurangi energi yang dikonsumsi untuk *size reduction*, *heat loss*, biaya transportasi dan emisi gas buang. Semakin sedikit kadar air, maka akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan tingkat keamanan. Cara mengurangi kadar air adalah dengan *pre-drying*, untuk mendapatkan tujuan-tujuan tersebut (Pakowski dkk, 2011).

Pengeringan batubara (*coal drying*) bertujuan untuk menghilangkan *total moisture* sehingga dengan berkurangnya moisture content ini mampu meningkatkan nilai kalor dari batubara. Batubara yang telah dikeringkan dapat meningkatkan efisiensi proses operasi, menurunkan biaya perawatan utilitas peralatan,

serta mengurangi resiko terjadinya bahaya kebakaran spontan (Baaqy, 2013)

Menurut Komariah (2012), kandungan air pada batubara dapat dihilangkan dengan gelombang mikro. Kisaran waktu 1,5-5 menit, dengan jarak perhitungan setiap 30 detik sekali menjadi acuan dalam penggunaan variable waktu. Selain itu daya juga menjadi variabel yang divariasikan pada penelitian tersebut.

Selama proses irradiasi oleh gelombang mikro (dengan temperatur yang berbeda), akan mengakibatkan *thermal fractures* pada permukaan dan struktur batubara. Akibatnya, area tempat akses keluarnya *liquors* yang terkandung pada batubara akan semakin besar

Datta dkk (2011) mengemukakan beberapa alasan yang menyebabkan pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih efektif daripada menggunakan furnace (pemanasan konvensional), antara lain :

1. Proses pemanasannya berlangsung cepat, karena tingkat pemanasannya jauh lebih tinggi
2. Lebih seragam
3. Adanya selektivitas, karena daerah yang lembab akan diberi pemanasan yang lebih daripada yang kering.
4. Dapat dihentikan secara instan
5. Penguapan internal pada batubara dapat meningkatkan jumlah moisture yang hilang selama proses pemanasan

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Batubara yang digunakan merupakan batubara peringkat rendah dari formasi Muara Enim.

Alat-alat yang digunakan antara lain :

1. Microwave dengan daya 400 Watt
2. Timbangan digital dengan 4 angka desimal
3. Ayakan mesh 16 tertahan 20 mesh (16-20), 20 tertahan 40 mesh (20-40) dan 40 tertahan 60 mesh (40-60).
4. Cawan Porselain terlapis *aluminium foil*.
5. Oven dengan suhu 110°C

Adapun untuk variabel-variabel pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian

Variabel Tetap	
Massa Batubara	: 5 gram
Daya Microwave	: 400 watt
Variabel Berubah	
Waktu	: 1,2,3,4, dan 5
Ukuran Partikel	menit : 16-20 mesh, 20-40 mesh dan 40-60 mesh

Variabel Respon
Kadar air (<i>Moisture Content</i>)

2.1. Analisa proksimat awal

Parent coal adalah batubara yang dijadikan sampel dalam mengetahui kandungan *moisture* nya melalui Analisa Proksimat yang mengacu kepada Standar Operasional Prosedur (SOP) Analisis Kimia Proksimat Batubara oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).

2.2. Preparasi sampel

Parent Coal direduksi ukuran partikelnya sehingga menjadi berbeda-beda, yaitu 16 tertahan 20 mesh (16-20), 20 tertahan 40 mesh (20-40) dan 40 tertahan 60 mesh (40-60). Kemudian sampel diseragamkan dalam berat, yaitu 5 gram.



Gambar 1. *Parent Coal*

2.3. Pengeringan oleh gelombang mikro

Pada tahapan pengeringan oleh gelombang mikro oleh oven *microwave* 400 watt, sampel dengan ukuran partikel yang berbeda diiradiasi selama 5 menit, dengan penimbangan massa sampel per menitnya.

3. Hasil dan pembahasan

Hasil dan pembahasan ditulis dengan font Times New Roman 12 regular. Dari hasil Analisa proksimat awal pada *Parent Coal*, diketahui *Moisture Content* yang terdapat pada *Parent Coal* a15,83%.

3.1. Pengeringan Pada Ukuran Partikel 16-20 mesh

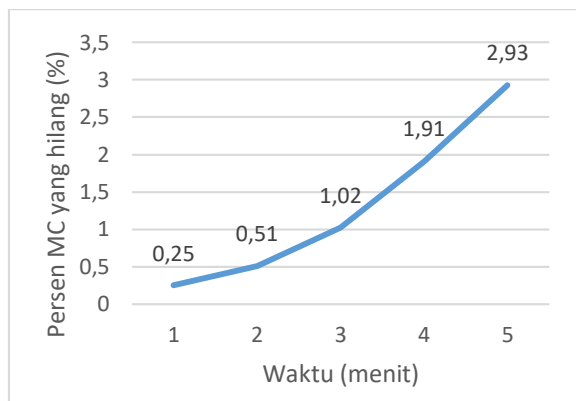
Hasil dari pengeringan menggunakan gelombang mikro pada sampel dengan ukuran partikel 16-20 mesh dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengeringan oleh oven *microwave* 400 W pada sampel 16-20 mesh

Waktu (Menit)	Air yang Hilang (gr)	% Air yang Hilang (%)
1	0,002	0,25
2	0,004	0,51
3	0,008	1,02

4	0,015	1,91
5	0,023	2,93

Untuk melihat perubahan *moisture content* pada sampel 16-20 mesh selama proses pengeringan menggunakan oven *microwave* 400 watt, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Persentase *Moisture Content* (MC) yang hilang pada sampel 16-20 mesh

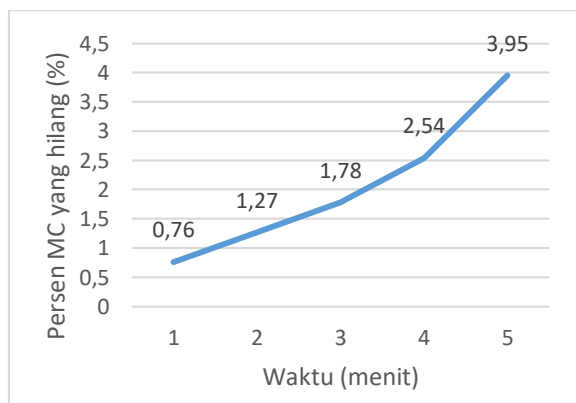
3.2. Pengeringan Pada Ukuran Partikel 20-40 mesh

Hasil dari pengeringan menggunakan gelombang mikro pada sampel dengan ukuran partikel 20-40 mesh dapat dilihat di tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengeringan oleh oven *microwave* 400 W pada sampel 20-40 mesh

Waktu (Menit)	Air yang Hilang (gr)	% Air yang Hilang (%)
1	0,006	0,76
2	0,010	1,27
3	0,014	1,78
4	0,020	2,54
5	0,031	3,95

Untuk melihat perubahan *moisture content* pada sampel 20-40 mesh selama proses pengeringan menggunakan oven *microwave* 400 watt, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Persentase *Moisture Content* (MC) yang hilang pada sampel 20-40 mesh

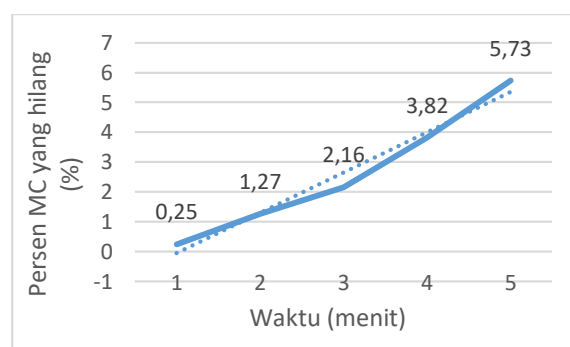
3.3. Pengeringan Pada Ukuran Partikel 40-60mesh

Hasil dari pengeringan menggunakan gelombang mikro pada sampel dengan ukuran partikel 40-60 mesh dapat dilihat di tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengeringan oleh oven *microwave* 400 W pada sampel 40-60 mesh

Waktu (Menit)	Air yang Hilang (gr)	% Air yang Hilang (%)
1	0,002	0,25
2	0,010	1,27
3	0,017	2,16
4	0,030	3,82
5	0,045	5,73

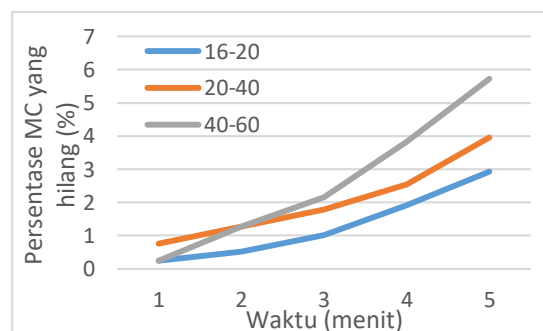
Untuk melihat perubahan *moisture content* pada sampel 40-60 mesh selama proses pengeringan menggunakan oven *microwave* 400 watt, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Persentase *Moisture Content* (MC) yang hilang pada sampel 20-40 mesh

3.3. Pengeringan Pada Ukuran Partikel 40-60mesh

Perbandingan persentase *Moisture Content* (MC) dari berbagai ukuran partikel, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Persentase *Moisture Content* (MC) yang hilang pada sampel di berbagai ukuran partikel

Terlihat pada gambar 4, di menit ke-5, sampel pada ukuran partikel 40-60 mesh mengalami kehilangan *moisture content* paling tinggi, disusul 20-40 dan terakhir 40-60.

Pada proses pengeringan dengan gelombang mikro, ukuran partikel sangat mempengaruhi pada proses *drying* atau terlepasnya *moisture content* pada sampel.

Pada pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro terjadi mekanisme polarisasi dipolar karena adanya interaksi dipol-dipol antara molekul-molekul polar ketika bertemu dengan gelombang mikro

Proses pengeringan pada penelitian ini bertujuan untuk menguapkan air dari dalam matriks batubara. Setelah diradiasi gelombang mikro, maka air telah berubah menjadi uap air yang mengalami proses perpindahan massa uap air dari matriks batubara ke udara (Komariah, 2012).

Baaqy dkk (2013) mengemukakan akan kemungkinan terjadinya reabsorpsi batubara sampel karena adanya afinitas oksigen pada permukaan batubara, dimana afinitas tersebut pada udara cukup tinggi untuk memicu terjadinya oksidasi. Kemungkinan reabsorpsi terjadi pada proses pengukuran massa sampel tiap menitnya

Nilai afinitas lebih tinggi pada batubara peringkat rendah. Hal ini terjadi karena proses *size reduction* pada saat penggilingan menyebabkan permukaan batubara bersifat lebih *hydrophobic*.

Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin mudah *moisture content* lepas dari matriks batubara. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan luas permukaan sampel yang semakin besar dan juga massa sampel yang kecil. Menurut Braga (2019), ketika partikel diperkecil, maka luas permukaan dan jumlah ruang kosong antar partikel akan meningkat.

Semakin lama proses pengeringan oleh gelombang mikro, maka akan semakin banyak pula *moisture content* yang dapat lepas dari matriks batubara.

4. Kesimpulan

Dengan massa sampel 5 gram, didapatkan semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin memudahkan *moisture content* untuk terlepas dari batubara. Semakin lamanya waktu pengeringan, maka akan semakin banyak *moisture content* untuk terlepas dari batubara.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih diucapkan untuk Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan hibah dana penelitian DIPA FT kepada peneliti.

Daftar pustaka

- Baaqy, L. A., Arias, G., Rachimoellah, M., Nenu, R. K. T. (2013) *Pengeringan Low Rank Coal dengan Menggunakan Metode Pemanasan Tanpa Kehadiran Oksigen*. Jurnal Teknik POMITS, vol. 2, No. 2 (2301-9271)
- Braga, E. M. H., Silva, G. L. R., Amara, R. C. V., Assis, P. S., Lemos, L R. (2019) *Influence of moisture and particle size on coal blend bulk density*. Minas Gerais. REM -

International Engineering Journal (2019) Vol. 72 No. 2.

- Datta, A., Rakesh, V. (2011) *Microwave puffing : Mathematical Modeling and Optimization*. Procedia Food Science I (2011) 762-769.
- Krawczykowska, A., Kowalska, J.M. (2012). *Problems of Water Content in Lignites- Methods of Its Reduction*. AGH Journal of Mining and Geoengineering, vol. 36, No. 4 . Poland.
- Komariah, W. E. (2012) Peningkatan Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah Melalui Penghilangan Moisture Dengan Pemanasan Gelombang Mikro. M.T. Thesis. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pakowski, Z., Adamski R., Kokocińska M., Kwapisz S. (2011) *Generalized desorption equilibrium equation of lignite in a wide temperature and moisture content range*. Fuel, 90. pp. 3330-3335.
- Thomas, L.P (2013) *Coal Geology Second Edition*, John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, 444p

Pemodelan dispersi udara ambien oleh polutan karbon monoksida sektor transportasi di kota Bandar Lampung

Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial*, Ahmad Zakaria, Dwi Herianto, Febriyan Dwi Wisena

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

*E-mail: siti.ofrial@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini akan memodelkan kualitas udara yang berada pada Lokasi Stasiun ISPU Kota Bandar Lampung yang padat penduduk. Mengidentifikasi dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan dan emisi yang dikeluarkan. Pengukuran konsentrasi kadar dari CO dilakukan dengan menggunakan CO meter. Data yang didapatkan nantinya akan dikomparasi dengan data stasiun yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung, kemudian dihitung model dispersinya dengan menggunakan Gaussian Model yang akan digambarkan dengan software Octave. Didapat jarak minimum terbesar berdasarkan kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 68,65 meter, sehingga menjadi acuan jarak aman pembangunan pemukiman agar kualitas hidup masyarakat dapat berlangsung dengan baik, yaitu kesehatan masyarakat dapat terjaga dan terhindar dari paparan pencemaran udara, khususnya CO.

Kata kunci: Dispersi, Pencemaran udara, CO, Transportasi, Emisi

1. Pendahuluan

Sektor transportasi merupakan penyumbang polusi yang berdampak cukup besar terhadap lingkungan, terutama akibat penggunaan bahan bakar fosil yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran udara khususnya di daerah perkotaan. Pencemaran udara akibat gas buang lalu lintas dipengaruhi oleh volume lalu lintas, proporsi kendaraan berat, kecepatan, dan jarak antara sumbu jalan dengan titik yang di tinjau.

Pemerintah telah mengeluarkan aturan mengenai pengurangan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pemerintah Indonesia berkomitmen menurunkan emisi GRK sebesar 26% dengan usaha sendiri atau 41% dengan bantuan internasional pada 2020. Emisi RAD-GRK Provinsi Lampung berasal dari 3 (tiga) bidang yaitu Berbasis Lahan, Berbasis Energi dan Pengelolaan Limbah, dimana pada tahun 2010 emisi Gas Rumah Kaca (GRK) mencapai sekitar 18 juta ton CO₂-eq, menurut Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK).

Secara visual pencemaran udara terlihat dari asap kendaraan bermotor. Fokus kepada salah satu emisi yang di hasilkan oleh

kendaraan bermotor yaitu CO. CO adalah salah satu parameter pencemar udara yang memiliki persentase pencemaran tertinggi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Provinsi Lampung. Perlu dilakukan penelitian mengenai penyebaran udara ambien, terkait dengan kesehatan masyarakat, jarak aman yang dapat digunakan sebagai referensi pembangunan permukiman masyarakat dengan kualitas udara ambien yang baik.

Penelitian ini berdasarkan besarnya persentase kontribusi CO pada ambien yang dihasilkan dari kegiatan transportasi pada lokasi sekitar Stasiun Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Kota Bandar Lampung yaitu pada Jalan Pulau Sebesi Sukarame Bandar Lampung. Sukarame adalah kecamatan yang ramai serta padat penduduk, mengidentifikasi perlunya memahami dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan, dan emisi yang dikeluarkan. Dapat memberikan pertimbangan pengambil kebijakan dan pengguna jalan sehubungan dengan meningkatnya kepemilikan kendaraan dan dampak yang ditimbulkan terkait emisi gas buang kendaraan serta sangat pentingnya penelitian ini dilakukan sebagai masukan dalam upaya pemilihan jarak minimum aman permukiman serta mewujudkan Rencana Aksi Daerah (RAD)

Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca polutan CO Provinsi Lampung.

2. Metodologi

2.1. Metode Analisis Data

Untuk melihat hubungan antara jumlah total kendaraan dengan konsentrasi polutan CO. Analisis data yang dilakukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif

Data jumlah kendaraan, konsentrasi CO di udara ambien, hasil perhitungan beban emisi dimuat dalam bentuk tabel dan grafik, serta ringkasan statistik menggunakan microsoft excel.

2. Analisis Statistik

a. Uji Distribusi Normal Kolmogorov Smirnov

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data dalam variabel yang dianalisis berdistribusi normal.

b. Uji Korelasi Antar Dua Variabel

c. Uji Regresi Sederhana

d. Menghitung dispersi

Dispersi (penyebaran) ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer, kemudian dilakukan persamaan dengan menggunakan *Gaussian Model (line source)*, kemudian di petakan dengan menggunakan *software Octave*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Penelitian

Lokasi penelitian di lakukan di Simpang Empat Sukarame. Survey dilakukan pada waktu siang hari. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapat hasil survey kendaraan pada jalan di Kota Bandar Lampung, pemilihan Lokasi dikarenakan dekat dengan stasiun Penyerap Pencemaran Udara Provinsi Lampung.

Kemudian data hasil survey tersebut digunakan untuk mencari nilai beban emisi dengan menggabungkan data hasil survey dengan faktor emisi (FE) gas buang kendaraan. Dari faktor emisi tersebut maka dapat dihitung beban emisi dengan menggunakan rumus umum seperti berikut (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010)

$$Q_n = Q_0 (1 + i)^n \quad (1)$$

Keterangan:

Q_n = Volume kendaraan n jam (kendaraan/jam)

Q_0 = Volume kendaraan saat ini (kendaraan/jam)

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas saat ini (%/jam)

n = Jumlah jam rencana (jam)

Ditinjau dari hasil survey yang telah dilakukan maka perhitungan beban emisi memiliki beberapa hasil seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Perhitungan beban emisi

bahan bakar	Jumlah kend 24 jm (kend /jm)	Faktor emisi (FE) (g/km /kend)	Panjang jalan (Km)	Beban emisi 24 jam (g/jm)
Utara				
Bensin	13.133	40	0,1	52.531
Solar	554	11	0,1	610
Selatan				
Bensin	125.296	40	0,1	501.182
Solar	10.165	11	0,1	11.181
Barat				
Bensin	50.710	40	0,1	202.841
Solar	6.207	11	0,1	6.828
Timur				
Bensin	18.841	40	0,1	75.362
Solar	641	11	0,1	705

3.2. Model Faktor Emisi

Emisi diperkirakan dengan menggunakan persamaan (Mathew, 2012). Melihat kendaraan yang ditinjau maka faktor emisi yang dihitung yaitu faktor emisi dari kendaraan pribadi berbahan bakar bensin dan kendaraan berat berbahan bakar solar Sehingga didapat: $ER_n = 40 \times 0,63 = 25,2$ untuk kendaraan berbahan bakar bensin sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar dihitung sebagai berikut, $ER_n = 11 \times 0,7 = 7,7$. Sehingga didapat nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7.

3.3. Kualifikasi Elemen Pemodelan

Berdasarkan dari data hasil survey yang telah dilakukan jumlah kendaraan yang menghasilkan CO, maka dihitung sebagai tingkat emisi CO untuk keseluruhan kendaraan. Tingkat emisi CO dihitung per satu kendaraan ditinjau dari volume lalu lintas. Konsentrasi total emisi CO dari kendaraan dinyatakan dalam persamaan (1) yang dikembangkan oleh Tuner (1995) sebagai berikut:

$$C_x = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} e^{-1/2 \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2} e^{-1/2 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2} \quad (2)$$

Lalu untuk mencari besar tingkat emisi CO total sebuah kendaraan, maka harus mempertimbangkan kapasitas jalan atau volume lalu lintas maksimum, yang dinyatakan dalam persamaan (2) dan (3)

$$Q = (RC) \cdot q_c \quad (3)$$

$$RC = \left[\frac{(W \cdot L_p) / V_t}{C_m} \right] \quad (4)$$

Keterangan:

Q = Jumlah emisi CO dari laju kendaraan
(Quantity)

RC = Kapasitas jalan (Road Capacity)

q_c = Tingkat emisi rata-rata CO untuk satu kendaraan

W = Lebar jalan berdasarkan tipe jalan (m)

L_p = Panjang jalan yang dilalui kendaraan

C_m = Rata - rata luas penampang satu kendaraan (m²)

V_t = kecepatan rata - rata kendaraan berdasarkan tipe jalan (m/s)

Kemudian nilai yang telah diketahui dimasukkan kedalam persamaan (2) dan (3) tersebut sehingga didapat jumlah emisi CO dari jumlah laju kendaraan dan juga nilai kapasitas jalan, yang dibedakan dari kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar. Berdasarkan dari data penelitian yang telah dilakukan maka nilai RC dibedakan menjadi kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar.

Dilihat dari hasil yang telah didapat melalui perhitungan persamaan (3) dan (4) dapat disimpulkan bahwa kendaraan berbahan bakar bensin memiliki jumlah emisi CO lebih besar yaitu 0,0509 ppm sedangkan jumlah emisi CO kendaraan berbahan bakar solar hanya memiliki nilai sebesar 0,0358 ppm.

Jarak komputasi munculnya CO ditunjukkan dengan kendaraan transportasi (Δh), yang kemudian dikembangkan melalui persamaan (5) dan persamaan (6) sebagai berikut (Wayson, 2000)

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_o t^2}{U} \right]^{1/3} \quad (5)$$

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right] \quad (6)$$

Keterangan:

Δh = Peningkatan jarak (m)

F_o = Buoyancy factor (m⁴/s³)

T = waktu (s)

U = Kecepatan angin horisontal udara ambient (m/s)

g = Konstanta gravitasi = 9,81 m/s²

V_s = Kecepatan gas buang kendaraan (m/s)

r_s = Radius gas buang kendaraan (m)

T_a = Temperatur ambien (°C) dan

T_s = Temperatur gas buang kendaraan (K)

Maka bila nilai yang telah diketahui dimasukkan ke dalam persamaan (6) menjadi:

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right]$$

$$F_o = 9.81 \cdot 0,4 \cdot 0,5^2 \left[1 - \left(\frac{27,85}{121,85} \right) \right] \\ = 0,7568 \text{ m}^4/\text{s}^3$$

Setelah hasil dari Buoyancy factor (F_o) diketahui maka, data tersebut di masukkan ke dalam persamaan (5) untuk mendapatkan jarak komputasi munculnya CO yang ditunjukkan oleh kendaraan transportasi sebagai berikut:

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_o t^2}{U} \right]^{1/3}$$

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{0,7568 \cdot 900^2}{14} \right]^{1/3} \\ = 56,39 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat dilihat jika jarak komputasi munculnya CO oleh kendaraan sebesar 56,39 m.

3.4. Dispersi Horisontal dan Vertikal (σ_y dan σ_z)

Untuk mengetahui dispersi horisontal dan dispersi vertikal maka dapat ditentukan dengan melihat grafik *Horizontal Dispersion Coefficient*. Sehingga didapat persamaan (6), (7) dan (8) sebagai berikut:

$$\sigma_y (\sigma_z)^3 = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \quad (7)$$

$$F (D_{\min}) = \sigma_y (\sigma_z)^3 \quad (8)$$

$$F (D_{\min}) = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \quad (9)$$

Contoh, misal terjadi sesuatu pada kondisi A, grafik (1) digunakan untuk mengembangkan F (D_{min}). Pengembangan persamaan sebagai berikut untuk grafik 1. (Crowl dan Louvar, 2002)

$$\sigma_y = 0,24 D (1 + 0,0001 D)^{-1/2} \quad (10)$$

$$\sigma_z = 0,32 D (1 + 0,0004 D)^{1/2} \quad (11)$$

Nilai - nilai numerik dari 0,0004 D_{min} dan 0,0001 D_{min} yang diberikan pada persamaan

(9) dan (10) sangat kecil, mereka dapat dihilangkan dan persamaan:

$$\sigma_y = 0,32 (D_{min}) \tag{12}$$

$$\sigma_z = 0,24 (D_{min}) \tag{13}$$

berdasarkan persamaan (8), maka didapat:

$$F(D_{min}) = 0,32 (D_{min}) \cdot [0,24 (D_{min})]^3 \tag{14}$$

$$F(D_{min}) = 4,42 \times 10^{-3} (D_{min})^4 \tag{15}$$

$$\left[\frac{19,3 \cdot \Delta h^2 \cdot Q}{U} \right] = 4,42 \times 10^{-3} (D_{min})^4 \tag{16}$$

$$D_{min} = 8,13 \cdot \Delta h^{1/2} \left(\frac{Q}{U} \right)^{1/4} \tag{17}$$

Sehingga didapat model umum yang ditulis sebagai berikut:

$$D_{min} = k \frac{\Delta h^{1/2} \cdot Q^{1/4}}{U^{1/4}} \tag{18}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah didapat, bisa dilihat bahwa nilai Dmin untuk kendaraan berbahan bakar bensin memiliki nilai lebih besar yaitu 68,65 m, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar hanya sebesar 62,86 m. Untuk hasil dari perhitungan konstan kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 8,13.

3.5. Grafik Hasil Data Kadar CO

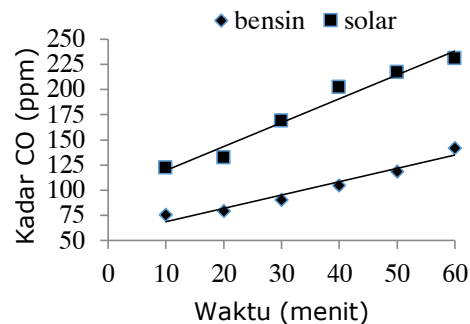
Dari hasil survei kadar emisi rata-rata CO untuk satu kendaran dengan mengambil sampel pagi dan siang hari masing-masing selama satu jam maka di dapat data sebagai berikut:

Tabel 2. Survei kadar CO kendaraan

Waktu	Bensin	Solar
11.30 - 11.40	88	89
11.40 - 11.50	64	96
11.50 - 12.00	82	145
12.00 - 12.10	66	152
12.10 - 12.20	91	150
12.20 - 12.30	99	112
12.30 - 12.40	99	156
12.40 - 12.50	87	226
12.50 - 13.00	122	169
13.00 - 13.10	185	284

13.10 - 13.20	146	259
13.20 - 13.30	93	310

Berdasarkan data survey kadar CO di atas, maka dihasilkan grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar yang ditinjau setiap 10 menit selama satu jam.



Gambar 1. Perbandingan kadar CO bensin dan solar

Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbonmonoksida pada kendaraan berbahan bakar bensin lebih besar dari solar. Berdasarkan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang karbon monoksida yang bersumber dari kendaraan bermotor dan proses industri bernilai 9 ppm, maka untuk rata-rata kadar CO yang hampir mencapai 120 ppm dinilai berbahaya dimana tingkat kualitas udara yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

3.6. Dispersi CO dengan Software Octave

Dalam penelitian ini didapatkan koordinat dan luaran CO pada 4 titik di sekitar wilayah stasiun pencemaran udara Provinsi Lampung, dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

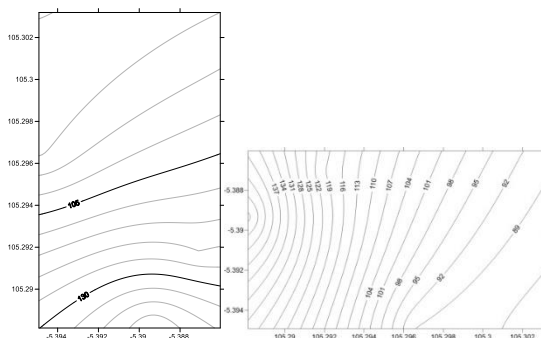
Tabel 3. Koordinat x,y,z dan luaran CO per titik

lat	lon	easting(x)	northing(y)	z (ppm)	jarak m	titik	keterangan
-5.3870844	105.2918116	532.329.78	9.404.540.48	120	68.85	titik 1	P. LEGUNDI
-5.3860294	105.3031932	533.590.79	9.404.656.56	90	51.64	titik 2	BPLH KOTA
-5.38934770	105.2881480	531.923.04	9.404.290.28	150	86.06	titik 3	BAYPASS URIP
-5.3949162	105.2965452	532.853.42	9.403.674.84	89	51.06	titik 4	SUKABUMI

Pada masing - masing gambar di atas kemudian di lakukan transfer koordinat dan mengubahnya menjadi Universal Transverse Mercator (UTM). Sistem ini didasarkan pada model yang ellipsoidal bumi. Pemetaan wilayah besar utara - selatan dengan batas jumlah rendah distorsi, dengan menggunakan zona sempit dari 60 bujur sampai 800 km lebarnya dan mengurangi skala faktor sepanjang meridian sentral dengan hanya 0,0004 - 0,9996 (pengurangan 1:2500), jumlah distorsi diselenggarakan di bawah 1 bagian di 1000 dalam setiap zona. Distorsi

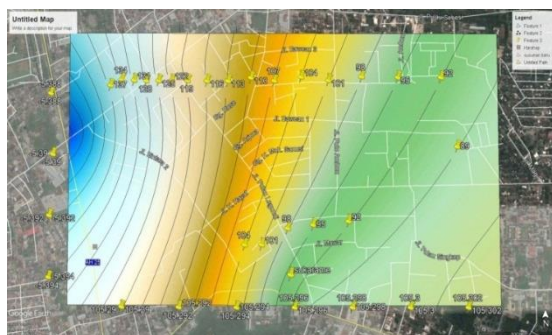
skala meningkat menjadi 100.010 pada batas luar zona sepanjang khatulistiwa.

Pada setiap zona faktor skala meridian sentral mengurangi diameter silinder melintang untuk menghasilkan proyeksi garis potong dengan dua garis standar, atau garis-garis skala sebenarnya terletak disekitar 180 km di kedua sisi, dan kira-kira sejajar, pusat meridian ($ARccOs\ 0,9996 = 1,62^{\circ}$ pada khatulistiwa). Faktor skala kurang dari 1 dalam baris-baris dan lebih besar dari 1 luar dari garis-garis, tetapi keseluruhan distorsi skala di dalam zona seluruh diminimalkan. Berikut adalah hasil octave dapat dilihat dibawah ini



Gambar 2. Hasil Analisis Octave

Kemudian, kontur tersebut di beri pewarnaan dan dilakukan plotting ke dalam peta Google Earth, ini ditujukan agar lebih mudah dalam melihat penyebaran dari masing-masing titik yang telah ditentukan dan dilakukan analisis. Terlihat pada Google Earth dengan penyebaran seperti dibawah ini:



Gambar 3. Konturing pada Peta Google Earth

Dalam pembuatan Plotting menggunakan software tidak memiliki garis kontur dan pewarnaan yang baik, hal ini dikarenakan minimnya data yang didapat.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis telah didapatkan nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 g/kg dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7 g/kg. Kemudian didapat jarak minimum terbesar berdasarkan kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 62,86 meter, sehingga menjadi acuan jarak aman pembangunan pemukiman agar kualitas hidup masyarakat dapat berlangsung dengan baik, yaitu kesehatan masyarakat dapat terjaga dan terhindar dari paparan pencemaran udara, khususnya CO.

Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbon monoksida pada kendaraan berbahan bakar bensin lebih besar dari solar. Besar kecilnya kadar karbon monoksida (CO) tergantung dari proses pembakaran apakah berlangsung dengan sempurna atau tidak, konsentrasi karbon monoksida terbentuk akibat kekurangan oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung tidak sempurna karena banyak atom karbon (C) yang tidak mendapatkan cukup oksigen.

Perlu dilakukan lebih lanjut terkait penelitian ini dengan skala yang lebih besar, semakin banyak data atau semakin rapat data yang didapat maka semakin akurat pemodelan dispersi yang dihasilkan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Universitas Lampung, kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- De Visscher, A. 2014. *Air Dispersion Modeling Foundations and Applications*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 1997. *Indeks Standar Pencemar Udara*, No.45, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*, No 05,

- Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2010. *Faktor Emisi Indonesia Berdasarkan Jenis Kendaraan*, No.12, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2012. *Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3*, No.10, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan. 2006. *Kategori Indeks Tingkat Pelayanan Jalan*, No. 14, Dinas Perhubungan, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan. 2006. *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*, No.14, Dinas Perhubungan, Jakarta.
- Mathew, Dr. Tom V. 2012. IIT Bombay, India.
- Morlok. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Ofrial. 2016. *Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Polutan Karbon Monoksida (CO) Sektor Transportasi (Studi Kasus simpang Jl. Dr. Ir. Soekarno – MERR dan Jl. Semolowaru, Surabaya)*, Surabaya.
- Ofrial. 2019. *Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung)*, Lampung.
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*, No. 49, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pradiphet, Padet. 2009. *Air Pollution Prevention Applications for the Transport Sector by Integrating Urban Area Transport and Vehicle Emission Models with the Case Study of Bangkok, Thailand*, Chulalongkorn University, Thailand.
- Soedomo, 2001, M. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tarigan, Abner. 2009. *Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wardhana, Wisnu Arya, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi Andi, Yogyakarta.

Perhitungan *Gas Content* berdasarkan formula Kim pada seam batubara formasi Muara Enim

Reinaldi Juniarto^{1*}, Ade Indra Gurada Capah¹, Nazwa Khoiratun Hisan¹

¹ Teknik Geologi, UPN Veteran Yogyakarta.

*E-mail: Reinaldijuniarto14@gmail.com

Abstrak

Abstrak Indonesia merupakan negara yang memiliki sumberdaya batubara yang besar, salah satunya berada di formasi Muara Enim, Sumatra selatan. Pemanfaatan batubara biasanya digunakan untuk menghasilkan listrik melalui kalor hasil dari pembakaran batubara peringkat tinggi. Batubara tingkat rendah dapat menghasilkan gas metana yang disebut dengan *Coal Bed Methane* (CBM). CBM merupakan *Gas Methane* yang terdapat dan terbentuk pada Batubara selama terjadi aktivitas mikrobial (biogenic) atau panas (thermogenic) dalam proses pembentukan Batubara. Guna mendapatkan kandungan gas yang besar, maka seam batubara haruslah memiliki kedalaman yang besar juga. Semakin dalam maka semakin besar kandungan CBM. Salah satu hal yang berperan besar dalam cbm adalah nilai *gas content* (GC) dan *gas in place* (GIP). Guna mendapatkan nilai *gas content* di perlukan perhitungan metode kim dengan menggunakan data proksimat batubara. Kemudian dilakukan perhitungan rumus Mavor & Nelson untuk mendapatkan *Gas in place* dilokasi penelitian. Berdasarkan perhitungan formula kim dan rumus Mavor & Nelson *gas content* sebesar 47-122,2 scf/ton dan *gas in place* sebesar 1628752 hingga 5987457 m³. berdasarkan penilaian *gas content* lokasi penelitian berpotensi sebagai pengembangan *Coal Bed Methane*.

Kata kunci: *Coal Bed Methane*, *Gas content*, *Gas in place*, Batubara, Muara Enim

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumberdaya batubara yang besar, salah satunya berada di formasi Muara Enim, Sumatra selatan. Batubara yang berada di Sumatera selatan terdapat pada formasi Muara Enim.

Pemanfaatan batubara biasanya digunakan untuk menghasilkan listrik melalui kalor hasil dari pembakaran batubara peringkat tinggi. Untuk PLTU diperlukan spesifikasi batubara dengan rata-rata adalah HHV 5242 kcl/kg (Dessy dkk 2016). Hal tersebut mengakibatkan makin menipisnya batubara peringkat tinggi dan menyisakan batubara peringkat rendah (Galuh dkk, 2015). Batubara tingkat rendah dapat menghasilkan gas metana yang disebut dengan *Coal Bed Methane* (CBM). CBM merupakan gas Methane yang terdapat dan terbentuk pada Batubara selama terjadi aktivitas mikrobial (biogenic) atau panas (thermogenic) dalam proses pembentukan Batubara (Denny dkk, 2017).

Pemanfaatan gas metana batubara tersebut dapat meningkatkan nilai ekonomis dari batubara peringkat rendah, dan sebagai solusi efektif dalam pemenuhan kebutuhan energi.

Potensi CBM dapat dilihat dari nilai *Gas content* dan *gas in place* seam pembawa batubara, semakin besar nilainya maka makin berpotensi seam tersebut.

Guna mendapatkan besar kandungan CBM, maka diperlukan perhitungan nilai *gas content* dan *gas in place* pada setiap seam batubara dengan menggunakan data proksimat. Perhitungan *gas content* dilakukan dengan menggunakan Metode Kim (Sobarin dkk, 2013), sedangkan *gas in place* dengan rumus Mavor & Nelson. Kandungan CBM setiap seam batubara dipastikan berbeda karena adanya parameter yang mempengaruhi seperti faktor kedalaman. Semakin besar kedalaman maka semakin besar nilai *gas content*-nya (Arbi dkk, 2018). Berdasarkan perhitungan nilai *gas content* lokasi penelitian memiliki potensi pengembangan CBM yang bagus.

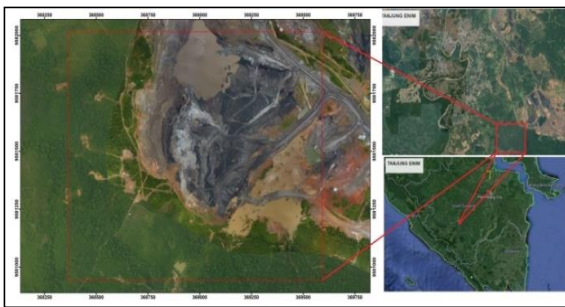
1.2. Daerah Penelitian

Daerah penelitian secara administratif berada di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan tepatnya berada di area PIT Banko Barat yang merupakan konsesi dari PT. Bukit Asam Tbk. Secara geografis penelitian terletak pada koordinat (UTM-WGS84 zona 48S) X1; Y1 = 368365; 9582016, X2; Y2 = 369593; 9582016, X3; Y3 = 369593; 9580943, X4; Y4 = 368365; 9580943.

2. Geologi Daerah Penelitian

2.1. Geomorfologi

Lokasi penelitian berada di cekungan Sumatra selatan. Menurut Blake (1989) cekungan sumatra selatan merupakan cekungan busur belakang berumur Tersier yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara Paparan Sunda (sebagai bagian dari lempeng kontinen Asia) dan lempeng Samudera India. Berdasarkan hal tersebut daerah penelitian secara geomorfologi terletak pada fisiografi Zona Dataran Rendah dan Bukit pada Sumatra Selatan, serta termasuk dalam Cekungan Sumatra Selatan yang merupakan cekungan busur belakang (Back Arc Basin) berumur Tersier.



Gambar 1. lokasi penelitian.

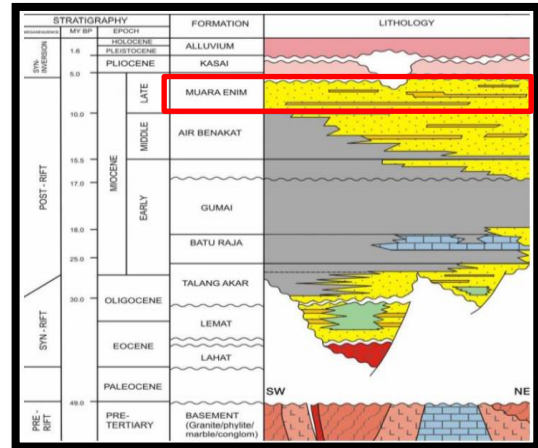


Gambar 2. Fisiografi Sumatra (Sumber: Van Bemmelen, 1949).

2.2. Stratigrafi

Secara stratigrafi, batuan tertua yang ditemukan berumur Pra-Tersier, yang terdiri atas batuan malihan dan batuan beku berumur Mesozoikum, diinterpretasikan sebagai batuan dasar (basement) dari cekungan Tersier yang ada. Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan secara umum dapat dikenal satu megacycle (daur besar) yang terdiri dari suatu transgresi dan diikuti regresi. Formasi yang terbentuk selama fase transgresi dikelompokkan menjadi Kelompok Telisa (Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai). Kelompok

Palembang diendapkan selama fase regresi (Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi Kasai), sedangkan Formasi Lemat dan older Lemat diendapkan sebelum fase transgresi utama.

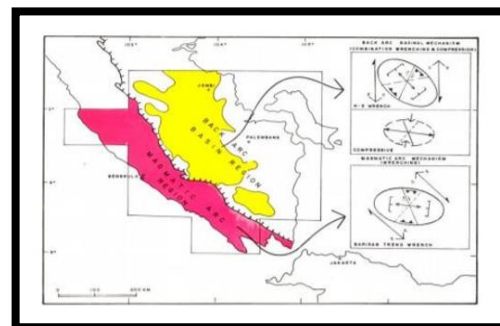


Gambar 3. Stratigrafi regional Sumatra Selatan (Sumber: Ginger and Fielding, 2005).

2.3. Struktur Geologi

Menurut beberapa ahli pola struktur geologi cekungan sumatra selatan umumnya terdapat dua faktor utama, yaitu :

- a) Batuan dasar pra-Tersier yang membentuk half graben, horst dan blok sesar (De Coster, 1974; Pulunggono A., dkk, 1992) (**Gambar 4**).
- b) Pola struktur berarah Baratlaut-Tenggara dan struktur depresi di Timurlaut yang keduanya terbentuk sebagai akibat dari orogen Plio-Plistosen (De Coster, 1974; Sardjito.,dkk, 1991).



Gambar 4. Ilustrasi struktur geologi di cekungan Sumatra Selatan (Pulunggono A., Haryo, A., & Kosuma, C.G, 1992).

3. Metodologi

3.1. Analisis Gas Content

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan data analisis proksimat (lampiran 1) sebagai dasar perhitungan untuk memprediksi kandungan gas, berdasarkan rumus Kim (1977)

Perhitungan menggunakan *software Microsoft Excel 2010* dengan memasukan parameter perhitungan yang dibutuhkan sesuai dengan formula kim. Persamaan Kim ini mengacu pada kondisi lapangan yang umumnya berada di Amerika, seperti Cekungan San Juan, Down River dan sebagainya. Jadi persamaan tersebut masih bersifat empiris, untuk itu penulis menggunakan persamaan Sobarin dkk (2013) yang memodifikasi rumus Kim dengan validasi yang cocok pada kondisi lapangan Sumatra Selatan, yaitu :

$$V = \frac{(100 - \% \text{ moisture} - \% \text{ ash}) (0.30)}{100} \cdot \left[\frac{ko (0.096 \cdot h)^{0.05} - 0.14 (4.97h + 22)}{100} \right] \cdot 1.7$$

dengan :

V : volume gas metana dalam batubara (cm³/g)

ko : 0,79 . (Fixed Carbon / Volatile Matter) + 5.62

(cm³/g/atm)

no : (0.39 - 0.013) . ko

h : kedalaman seam

Setelah memperoleh nilai gas content, selanjutnya memasukan pada klasifikasi potensi coal bed methane oleh Sosrowidjojo, (2010).

3.2. Analisis Gas In Place.

Setelah mendapatkan nilai kandungan gas dari setiap seam di daerah penelitian, maka dapat dihitung nilai *Gas in place*. Perhitungan menggunakan *software Microsoft Excel 2010* dengan memasukan parameter perhitungan yang dibutuhkan sesuai dengan rumus Mavor dan Nelson (1977), yaitu :

$$G = A \cdot p \cdot H \cdot Gc$$

G : *Gas in place* (m³)

A : Luas Area (m²)

p : densitas batubara (gr/cc)

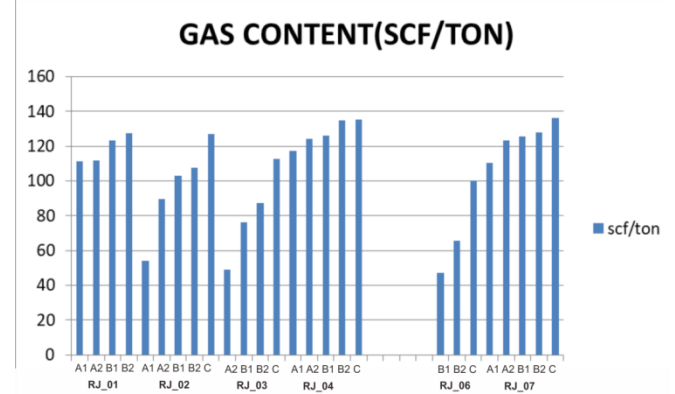
H : ketebalan seam batubara (m)

Gas content : *Gas content*(m³/ton)

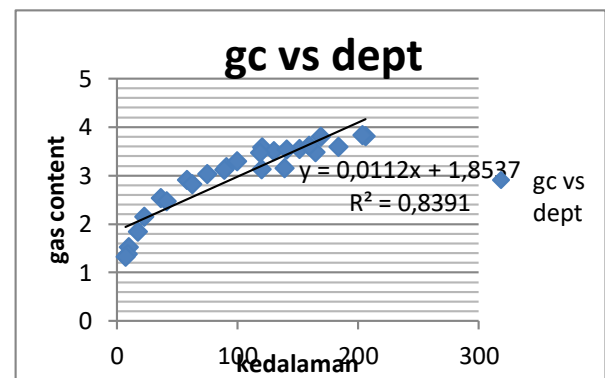
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Nilai Gas Content

Berdasarkan perhitungan rumus Kim (1973) yang telah dimodifikasi Sobarin et al (2013) agar sesuai dengan lokasi pengamatan didapatkan.



Gambar 5 Hasil Perhitungan Gas in place

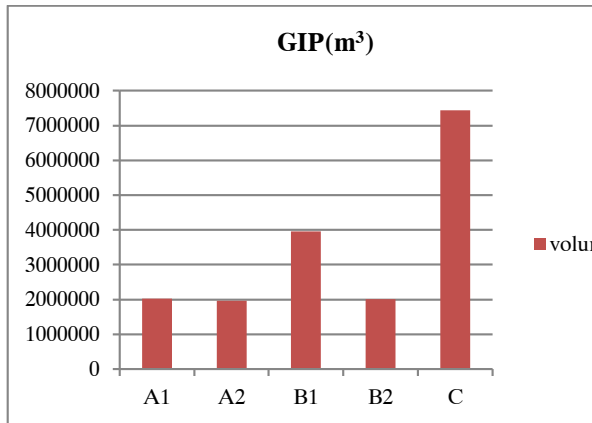


Gambar 6 Hubungan gas content dan kedalaman

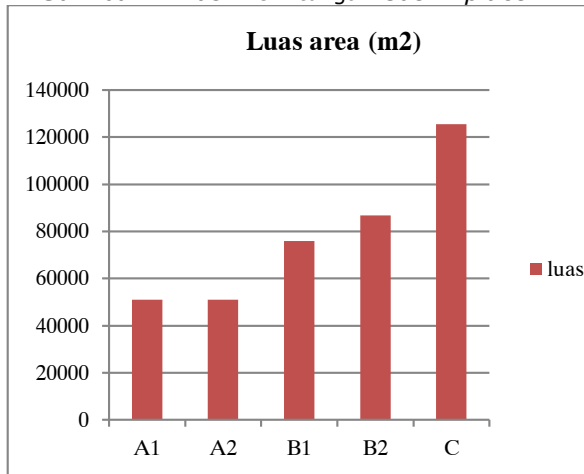
Nilai gas content pada lokasi telitian sebesar 47 hingga 122,2 scf/ton (lampiran 2). Hasil dari perhitungan menunjukkan adanya trend kenaikan nilai gas content selama peningkatan kedalaman seam. Nilai rerata gas content terbesar didapatkan pada seam C. Hal tersebut terjadi karena seam C memiliki nilai kedalaman terbesar. Kedalaman selaras dengan faktor penambahan tekanan dan suhu yang menyebabkan semakin besar kapasitas serapan gasnya.

4.2. Perhitungan Nilai Gas In Place

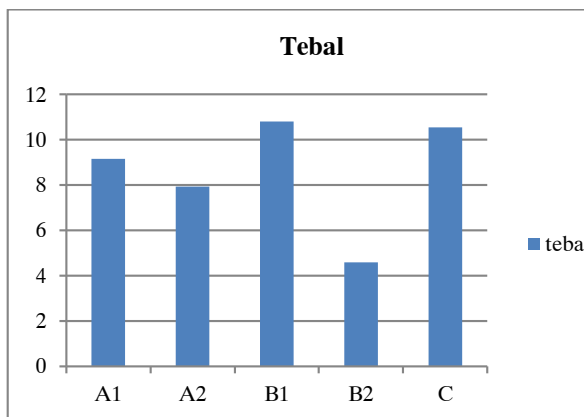
Setelah mendapatkan nilai kandungan gas dari setiap seam di daerah penelitian, maka dapat dihitung nilai *Gas in place*, yang pada penelitian ini mengacu pada rumus Mavor dan Nelson (1977), yaitu :



Gambar 7 Hasil Perhitungan Gas in place



Gambar 8 Luas Area Seam



Gambar 9 Tebal Seam Batubara

POTENTIAL OF CBM (SOSROWIDJOJO, 2010)

Gas Content (ft³/ton)	Potential of CBM
>100	good
100 – 10	moderate
< 10	fair

Gambar 10 Potensi dari CBM

Berdasarkan Sosrowidjojo, (2010) potensi kandungan Gas content telitian termasuk moderate-good dengan kandungan sebesar 47-122,2 scf/ton (gambar 10).

Dengan diperolehnya nilai gas content maka akan diperoleh nilai Gas in place (gambar 7). Nilai dari gas in place ditentukan oleh tebal lapisan batubara dan juga luas area telitian. Berdasarkan daerah telitian, seam C memiliki luasan aera terluas, hal ini dikarenakan seam C menyelimuti hamper seluruh wilayah telitian, sedangkan seam Aa yang posisinya berada di dekat permukaan memiliki luasan yang sedikit. Untuk ketebalan seam, ketebalan bervariasi mulai dari 4 hingga 11 meter. Ketebalan tersebut tergolong besar dengan nilai terbesar pada seam B1. Besar kecilnya ketebalan ini berkaitan dengan proses pengendapan deposit yang berlangsung pada formasi Muara Enim. Formasi Muara Enim terjadi ketika regresi dan lokasi pengendapan cekungan sumatera selatan yang merupakan backarc basin sehingga mendapatkan suplai sedimen yang besar dari tinggian yang berada di barat daya lokasi penelitian. Luasan wilayah seam C dan Gas content menentukan besar gas in place-nya meskipun dari segi ketebalan batubara masih lebih rendah dari seam B1 (lampiran 3).

5. Kesimpulan

Dari analisa perhitungan gas in place menggunakan rumus kim modifikasi didapatkan nilai sebesar 47 hingga 122,2 scf/ton, dimana semakin besar nilai kedalaman maka semakin besar nilai gas content. Berdasarkan nilai gas content tersebut maka lokasi penelitian berpotensi sebagai pengembangan CBM. Sedangkan untuk nilai gas in place terbesar pada seam C sebesar 5987457 m³, nilai tersebut berkaitan dengan luasan area dan tebal dari seam C.

Daftar pustaka

Arbi, Hafsanjani. 2018. Optimalization data cleat, proximate and well log for preliminary study of coal bed methane, PIT "Arnika", West Banko, Tanjung Enim. Thesis of Faculty of Geological Engineering, Unpad.

Bishop, M. G. (2001). South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar – Cenozoic Total Petroleum System. Colorado: USGS

De Coster. (1974). The Geology of the Central and South Sumatera Basin. Proceeding Indonesia Petroleum

- Association – 3rd Annual Convention.
p.77-105.
- Djohor, S Denny. Pramudito, Harry. (2017).
Karakteristik Batubara Formasi
Warukin Dalam Pembentukan Cbm Di
Wilayah Kabupaten Tanah Bumbu,
Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal
Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit,
Vol. 2, No. 1, Januari 2017:14-26
- Mavor, Matt & Nelson, Charles R. 1997.
Coalbed reservoir gas-in-place
analysis. Chicago : Gas Research
Institute.
- Naufal, Dima. Kamal, Dianta. Sukandi,
Agus. Adhi, Pribadi. Analisis
Pengaruh Kualitas Batu Bara
Terhadap Performa Pembangkit
Listrik Tenaga Uap. Seminar Nasional
Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta. Pp 520-529, 2085-2762
- Nugrainy, Galuh S. Sudarno. Cahyadi. Upaya
Penurunan Emisi So₂ Dari Bahan
Bakar Batubara Kualitas Rendah
(Tipe: Subbituminous) Dengan
Campuran Batu Kapur (Limestone)
Pada Proses Pembakaran. Program
Studi Teknik Lingkungan Fakultas
Teknik Universitas Diponegoro.
- Sobarin, O.,1 Yunitha, R.I.P ., Sukiyah, E.,
dan Sunardi, E . 2013. Prediksi
Kandungan Gas Metana Batubara
Berdasarkan Formula “Kim” Dengan
Studi Kasus Di Indonesia Bagian
Barat. Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu
Hayati dan Fisik Vol 15, No.2, pp
139-144, Juli 2013
- Pulunggono, A., Sulaksono, A.H., Kosuma,
C.G. (1992). Pre-Tertiary and
Tertiary Fault Systems As A
Framework Of The South Sumatera
Basin A Study Of Sar- Maps.
Proceedings Indonesian Petroleum
Association, Twenty First Annual
Convention.
- Reza, M. 2018. Gas In Place Prediction Of
Coal Bed Methane Exploration With
Proximate Data, Pit “Hmg”, West
Banko, South Sumatra. Faculty of
Geological Engineering, Universitas
Padjadjaran. Bandung. Bulletin of
Scientific Contribution, Vol 16, No 2,
Agustus 2018 : 135-140