

p-ISSN : 2722-0184

e-ISSN : 2722-0192

JTII

JURNAL TEKNOLOGI DAN INOVASI INDUSTRI





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

Simparmin 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

Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., MSc., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

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

Nazarudin, S.Si., M.Si., Ph.D., Universitas Jambi, Jambi, 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

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



DAFTAR ISI

Halaman Sampul		i
Dewan Redaksi		ii
Daftar Isi		iii
Kata Sambutan		iv
Pengaruh Aktivitas Lalu Lintas Terhadap Kebisingan Pada Wilayah Rumah Sakit di Kota Pekanbaru (Studi Kasus : RS Awal Bros Panam)		1
Analisis Peta Kerentanan Bencana Erupsi Gunung Patah Berbasis Geospasial Dengan Metode <i>Weighting Overlay</i> Di Kabupaten Kaur		7
Kajian Awal Pembuatan Biofoam Berbahan Baku Campuran Pati dan Batang Sorgum		13
Pengaruh Penambahan Biochar dari Lignite pada Tanah Bekas Penambangan Batubara terhadap Potensi Immobilisasi Logam Seng (Zn) Menggunakan <i>Batch Experiment</i>		20
Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair <i>Laundry</i>		28



KATA SAMBUTAN

Ungkapan segenap puji dan syukur kami haturkan kepada Allah SWT atas terbitnya Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri Vol. 2, No.2, Oktober 2021. Jurnal ini merupakan salah satu media publikasi artikel-artikel ilmiah dari para peneliti, perekayasa dan akademisi yang diterbitkan per enam bulan. 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.

Salam

Redaktur Jurnal JTII

Pengaruh Aktivitas Lalu Lintas Terhadap Kebisingan Pada Wilayah Rumah Sakit di Kota Pekanbaru (Studi Kasus : RS Awal Bros Panam)

Muchammad Zaenal Muttaqin*, Wanit JJ

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution No.113 Pekanbaru Riau

*E-mail: muchzaenalmuttaqin@eng.uir.ac.id

Abstrak

Kebisingan adalah akumulasi suara yang mengganggu manusia dalam kegiatan sehari-hari. Salah satu penyebab kebisingan ialah pergerakan lalu lintas yang berada di sekitar wilayah bangunan tersebut, salah satunya ialah wilayah rumah sakit. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh aktivitas lalu lintas kendaraan yang berada di wilayah Rumah Sakit Awal Bros Panam terhadap nilai kebisingan yang terjadi di wilayah rumah sakit tersebut. Pengaruh kebisingan dari lalu lintas menggunakan metode prediksi dari Bina Marga, sedangkan nilai kebisingan eksisting dihasilkan dari alat *Sound Level Meter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai prediksi Bina Marga menunjukkan hasil yang tidak berbeda dengan angka kebisingan eksisting. Lebih lanjut, hasil menunjukkan bahwa tingkat kebisingan tertinggi terjadi pada hari sibuk adalah 51,41 dBA dibandingkan saat akhir pekan yakni 50,94 dBA, sedangkan nilai kebisingan eksisting terdeteksi sebesar 52,9 dBA saat hari sibuk dan 52,88 dBA pada hari tidak sibuk. Selain itu, hasil prediksi kebisingan akibat lalu lintas masih menunjukkan nilai yang wajar dibandingkan dengan standar baku mutu KepMenLH No. 48 Tahun 1996 tentang standar baku mutu tingkat kebisingan, dimana masih jauh di bawah angka 55 dbA sebagai angka aman kebisingan pada wilayah rumah sakit.

Kata kunci: Kebisingan, Metode Bina Marga, Rumah Sakit, Kota Pekanbaru.

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan suatu kegiatan pemindahan manusia dari suatu tempat ke tempat lainnya. Sarana transportasi terus semakin maju seiring dengan kebutuhan masyarakat dalam menggunakan transportasi. Kemacetan yang terjadi di berbagai perkotaan menyebabkan banyak dampak yang dirasakan oleh masyarakat, salah satunya adalah kebisingan (Muttaqin, 2017; Raniasta, Ikaputra, & Widyastuti, 2016). Kebisingan ialah suara yang tidak dikehendaki dan cenderung sangat mengganggu untuk makhluk hidup termasuk manusia. Dalam beberapa kasus akibat kebisingan dapat menimbulkan gangguan pada manusia, seperti gangguan pada pendengaran ataupun dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas di jalan raya (Malkamah, 1996). Meskipun demikian tidak semua kebisingan yang disebabkan oleh sistem transportasi tersebut mengganggu aktivitas manusia atau tidak baik. Kebisingan yang disebabkan oleh suara loceng pada kereta api yang melintasi jalan raya tanpa ada palang pintunya akan menguntungkan bagi pengguna jalan raya, atau sebagai tanda pemberi isyarat bahwa kereta

api tersebut akan semakin dekat untuk melintasi jalan raya. Tetapi pada umumnya bahwa kebisingan yang diakibatkan oleh transportasi pada jalan raya sangat merugikan manusia. Secara umum, kebisingan dapat menimbulkan gangguan pada manusia seperti, gangguan pada pendengaran, gangguan psikologis, gangguan komunikasi ataupun dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas di jalan raya (Mulyono, 2012; Savitri & Syafei, 2018). Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas umum yang selalu dipergunakan manusia untuk penyembuhan berbagai penyakit, peningkatan dan penyembuhan manusia.

Rumah Sakit Awal Bros Panam termasuk rumah sakit besar yang terletak di jalan HR Soebrantas Panam, lokasi ini terletak di pinggir jalan raya kota Pekanbaru. Letak yang strategis dan mudah dijangkau oleh masyarakat menyebabkan rumah sakit tersebut akan melayani banyak pasien yang mengidap berbagai jenis penyakit, dan diantaranya ada beberapa sebagian pasien

yang memerlukan rawat inap di rumah sakit tersebut. Selain itu rumah sakit tersebut membutuhkan suasana yang tenang dan tidak mengganggu pasien untuk penyembuhan penyakit yang diderita oleh pasien. Kebisingan pada rumah sakit Awal Bros Panam didominasi oleh aktivitas arus lalu lintas yang melintas di depan rumah sakit dikarenakan lokasinya di pinggir jalan, dan aktivitas manusia yang ada di depan rumah sakit Awal Bros Panam. Oleh karena itu, penelitian ini diadakan untuk menentukan besar kebisingan yang terjadi di wilayah Rumah Sakit Awal Bros Panam dan dominasi arus lalu lintas sebagai factor dominan yang mempengaruhi nilai kebisingan di rumah sakit tersebut.

2. Landasan Teori

Lalu lintas adalah gerak atau pindah kendaraan, manusia, hewan dari suatu tempat satu ke tempat yang lainnya dengan menggunakan alat gerak (Pristianto 2018). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, pada pasal 1 ayat (2) dijelaskan bahwa lalu Lintas adalah gerak Kendaraan dan orang di Ruang Lalu Lintas Jalan, kemudian menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) arus lalu lintas yaitu jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada Jalan persatuan waktu dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}), atau LHRT (Lalu lintas harian rata-rata tahunan).

Kebisingan lalu lintas adalah kebisingan yang berasal dari suara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, terutama dari mesin kendaraan, knalpot, serta akibat interaksi antara roda dengan jalan raya. Kendaraan berat (truk, bus) dan mobil penumpang merupakan sumber kebisingan utama di jalan raya (Adris. A. Putra & Djalante, 2012; Djalante, 2010). Faktor yang mempengaruhi kebisingan dibagi menjadi dua bagian yaitu, faktor akustikal yang meliputi tingkat kekerasan pada bunyi seperti, frekuensi pada

bunyi dan waktu munculnya bunyi. Faktor non-akustikal yaitu pengalaman terhadap suatu kebisingan, suatu perkiraan terhadap munculnya kebisingan dan manfaat objek yang menghasilkan kebisingan lingkungan maupun keadaan sekitar kebisingan. Semua faktor tersebut harus diperhatikan disaat menghitung kebisingan pada suatu tempat sehingga data yang dihasilkan menjadi lebih tepat (Bachtar, Afrianita, and Zamzamy 2018). Adapun faktor yang mempengaruhi Tingkat Kebisingan Lalu Lintas antara lain,

- a. Volume lalu lintas, dimana semakin tinggi volume lalu lintas maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan. Volume lalu lintas (Q) sangat berpengaruh terhadap kebisingan lalu lintas mengingat bahwa tingkat kebisingan lalu lintas merupakan harga total dari beberapa tingkat kebisingan dari masing-masing jenis kendaraan atau akan membentuk fungsi linear terhadap tingkat kebisingan pada saat kecepatan kendaraan bermotor 55 km/jam.
- b. Kecepatan rata-rata, yakni jarak yang ditempuh dalam satuan waktu atau nilai perubahan jarak terhadap waktu (Mulyono 2012),
- c. Prosentase kendaraan berat , yakni perbandingan jumlah kendaraan berat dengan jumlah kendaraan seluruhnya dalam presentase pada satuan waktu tertentu (Malkhamah 1992).

Selain faktor-faktor tersebut masih terdapat faktor lain yang mempengaruhi tingkat kebisingan seperti faktor penghalang (tembok, pagar, dan lainnyayang sejenis), faktor permukaan jalan dan gradien jalan dimana dalam penelitian ini tidak dilakukan penelitian secara lebih mendalam (Balirante, Lefrandt, and Kumaat 2020).

Standar baku mutu tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperolehkan dibuang kelingkungan sekitar baik dari perusahaan atau kegiatan yang lainnya. Batas kebisingan di tetapkan agar

tidak terjadi gangguan kesehatan pada manusia dan kenyamanan lingkungan yang ada dikawasan terjadinya suara bising. Standar baku mutu tingkat kebisingan nilainya harus disesuaikan dengan kegunaan dan lingkungan kegiatan, standar baku mutu tingkat kebisingan pada perumahan dan rumah sakit tidak sama dengan standar baku mutu tingkat kebisingan diperkantoran (Djalante 2010). Standar baku tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam bentuk satuan desibel (dB), Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Republik Indonesia Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 tentang standar baku mutu tingkat kebisingan berikut ini adalah tingkat kebisingan yang dinyatakan dalam bentuk dB(A). Untuk setiap kawasan dan lingkungan kesehatan, berikut ini adalah tabel standar baku tingkat kebisingan yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan (KepMenLH 1996) adalah sebagai berikut,

Tabel 1. Standar Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan (dBA)
Kawasan pemerintah	55 dBA
Kawasan jasa dan perdagangan	70 dBA
Kawasan bisnis dan perkantoran	65 dBA
Lahan hijau terbuka	50 dBA
Kawasan industri	70 dBA
Kawasan umum dan pemerintah	60 dBA
Kawasan rekreasional	70 dBA
Terminal kereta api	60 dBA
Pelabuhan laut	70 dBA
Rumah sakit dan sekitarnya	55 dBA
Sekolah dan sekitarnya	55 dBA
Rumah ibadah	55 dBA

Sumber : Kepmennaker Nomor 48 Tahun 1996

Nilai ambang batas tingkat kebisingan pada keputusan yang ditetapkan oleh Menteri Tenaga Kerja No. 51 Tahun 1999, tentang nilai ambang batas (NAB) kebisingan yang ada pada tempat kerja. Nilai ambang batas ialah standar faktor tempat kerja yang diterima oleh tenaga kerja tanpa mengakibatkan resiko yang terjadi. Seperti

gangguan pada kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu yang ditetapkan tidak boleh lebih dari 8 jam perhari atau 40 jam seminggu.

Bina Marga, (2004) telah mengeluarkan panduan untuk menghitung prediksi kebisingan lalu lintas dengan menggunakan parameter geometrik jalan seperti panjang dan lebar area serta kecepatan kendaraan. Perhitungan tingkat kebisingan berdasarkan metode Bina Marga secara empirik dapat ditunjukkan sebagai berikut,

$$PNL = BNL + C1 + C2 + C3 \quad (1)$$

Dimana PNL ialah nilai prediksi kebisingan (dB), BNL ialah Nilai kebisingan dasar, C1 ialah koreksi akibat kecepatan kendaraan berat, C2 ialah koreksi akibat gradien, C3 ialah koreksi kondisi sumber bunyi dengan penerima.

Adapun dalam perhitungan nilai prediksi kebisingan secara detail dapat ditunjukkan sebagai berikut,

$$L_{10}(18h) = 29,1 + 10 \log Q \quad (2)$$

$$L_{10} = 42,2 + 10 \log Q \quad (3)$$

$$C1 = 33 \log (V + 40 + 500/V) + 10 \log (1 + 5 P/V) - 68,8 \quad (4)$$

$$C2 = 0,3 G \quad (5)$$

$$C3 = -10 \log (d'/13,5) \text{ dB(A)} \quad (6)$$

$$\text{untuk } h > \{(d + 3,5/3)\}$$

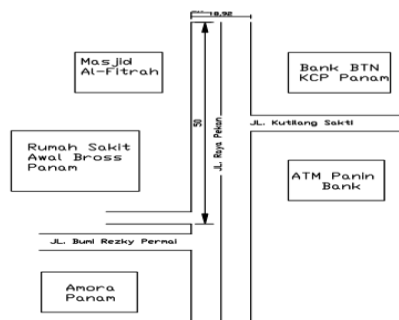
$$C3 = -10 \log (d'/13,5) + 5,2 \log \{3h/(d+3,5)\} \text{ dB(A)} \quad (7)$$

$$\text{untuk } h < \{(d+3,5)/3\}$$

3. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Awal Bros Panam, kota Pekanbaru. Penelitian ini menggunakan data arus lalu lintas dengan menggunakan kamera cctv dan mencatat jumlah kendaraan yang melintasi rumah sakit Awal Bros Panam. Selain itu, data kecepatan

diambil berdasarkan survei langsung di depan lokasi penelitian dengan ujung masing—masing bangunan rumah sakit menjadi titik lokasi survei kecepatan. Untuk mendapatkan data rata-rata kendaraan dapat diperoleh dengan cara mendata waktu tempuh kendaraan (detik), yang melintasi didepan rumah sakit Awal Bros Panam, yaitu sepeda motor dan kendaraan ringan, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil rata-rata kendaraan, untuk rata-rata kendaraan pada mobil dan motor, diambil 50 sampel motor dan 50 sampel mobil. Selain itu, data observasi lapangan seperti kondisi sekitar lokasi penelitian juga dilakukan untuk mengetahui hubungan antara sumber bunyi dan penerima kebisingan lalu lintas. Penelitian dilakukan pada hari Senin dan Selasa sebagai representasi hari sibuk dan hari sabtu dan minggu sebagai representasi hari tidak sibuk. Adapun lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut,



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Volume Rerata Kendaraan (kend/jam)

Jam	Hari sibuk			Hari tak sibuk		
	Sepeda Motor	Mobil Penumpang	Kendaraan Berat	Sepeda Motor	Mobil Penumpang	Kendaraan Berat
06:00-09:00	785	697	4	755	699	4
09:00-11:00	637	627	4	643	624	4
14:00-17:00	613	613	3	631	618	3
17:00-22:00	611	611	2	619	617	2
22:00-24:00	622	622	0	605	620	0
24:00-03:00	628	628	0	658	633	0
03:00-06:00	606	606	0	752	621	0
06:00-09:00	603	603	1	639	604	1

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan karakteristik berupa volume kendaraan. Jenis kendaraan yang akan dihitung adalah sepeda motor, kendaraan ringan dan bus kota. Data arus lalu lintas yang didapat selama penelitian dapat dilihat pada table 2. Selain itu, rerata data kecepatan kendaraan tercatat pada hari sibuk sebesar 40.92 km/jam dan hari tidak sibuk sebesar 41.83 km/jam.

Hasil perhitungan tingkat kebisingan kendaraan berdasarkan Metode Bina Marga dilakukan di hari sibuk ialah rerata sebesar 51,1 dBA. Dengan perhitungan yang sama, untuk hari tidak sibuk didapat hasil prediksi kebisingan rerata sebesar 50.94 dBA. Hasil kedua prediksi pada hari sibuk maupun tidak sibuk cenderung mirip yakni rentang 50-51 dBA. Hal ini dapat terjadi karena Jalan yang berada di depan Rumah Sakit Awal Bros Panam merupakan salah satu jalan utama yang ada di Kota Pekanbaru. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya, yakni Mulyono (2012) dan Sihombing (2011) yang menyatakan bahwasanya dalam perhitungan prediksi kebisingan, waktu pengamatan, baik hari sibuk maupun hari tidak sibuk memiliki hasil prediksi yang identik atau memiliki selisih mendekat nol.

Hasil prediksi kebisingan berupa nilai Predicted Noise Level (PNL) dilakukan suatu perbandingan dengan standar baku mutu untuk rentang kebisingan yang aman, seperti pada ketetapan KEP-48/MENLH/11/1996 terkait baku mutu kebisingan. Hasil prediksi menurut Bina Marga, baik pada saat hari sibuk, menunjukkan bahwa nilai kebisingan terbesar dan terendah terjadi yaitu 51,41 dBA dan 51,01 dBA serta hasil yang didapatkan pada hari tidak sibuk dengan nilai kebisingan terbesar dan terendah sebesar 50,94 dBA dan 50,04 dBA masih dalam rentang yang aman, dimana batas maksimal baku mutu kebisingan dalam wilayah rumah sakit ialah sebesar 55 dBA. Hal ini dikarenakan jarak rumah sakit ke sumber bunyi kebisingan tidak terlalu dekat dengan adanya lahan parkir yang terletak di depan rumah sakit dan dapat dijadikan sebagai peredam kebisingan sepanjang jarak antara lahan parkir dan bangunan rumah sakit. Adapun hasil prediksi kebisingan yang diakibatkan oleh lalu lintas di Rumah Sakit Awal Bros Panam dapat ditunjukkan pada table berikut,

Tabel 2. Perbandingan Predicted Noise Level dengan Standar Baku mutu Tingkat Kebisingan

Hari	PNL (dBA)	Baku Mutu (dBA)	Keterangan
Hari Sibuk	51,41 (max)	55	Memenuhi
Hari Sibuk	51,01 (min)	55	Memenuhi
Hari Tidak Sibuk	50,94 (max)	55	Memenuhi
Hari Tidak Sibuk	50,04 (min)	55	Memenuhi

Dimana L_{10} ialah besaran kebisingan dasar dengan satuan dB dan Q merupakan volume lalu lintas (kendaraan/jam); V ialah presentase rata –rata kecepatan kendaraan berat (km/jam); P ialah presentase kendaraan berat (%); G ialah gradient jalan (%); C_3 ialah koreksi akibat jarak sumber bunyi dan penerima; h ialah ketinggian titik penerima dari muka tanah; d adalah panjang garis pandangan ke sumber bunyi dengan penerima; D ialah jarak sumber bunyi ke penerima.

Selanjutnya, verifikasi yang diberikan untuk metode bina marga dengan hasil alat uji *sound level meter* dilapangan, hasil verifikasi ini diberikan karena prediksi metode bina marga hanya menghitung kebisingan terhadap kendaraan yang lewat, sedangkan alat uji *sound level meter* bisa mendeteksi kebisingan yang ada disekitar rumah sakit. Seperti keramaian dan manusia yang ada didepan rumah sakit awal bros panam Kota Pekanbaru. Adapun hasil kebisingan yang terpantau di lokasi penelitian tergambar pada table berikut,

Tabel 4. Perbandingan Predicted Noise Level dengan Standar Baku mutu Tingkat Kebisingan

Hari	PNL (dBA)	Baku Mutu (dBA)	Keterangan
Hari Sibuk	52,90 (max)	55	Memenuhi
Hari Sibuk	52,89 (min)	55	Memenuhi
Hari Tidak Sibuk	52,88 (max)	55	Memenuhi
Hari Tidak Sibuk	52,86 (min)	55	Memenuhi

Perbandingan nilai kebisingan menggunakan prediksi metode bina marga dan alat uji *sound level meter* (SLM) terdapat selisih hasil 2%. Hasil tersebut membuktikan bahwa perhitungan kebisingan menggunakan prediksi metode bina marga hanya berfokus terhadap jumlah arus lalu lintas yang melintas didepan rumah sakit awal bros panam Kota Pekanbaru. Sedangkan menggunakan alat uji kebisingan *sound level meter* (SLM) tidak terfokus kepada arus lalu lintas didepan rumah sakit awal bros panam, tetapi juga mendeteksi sumber kebisingan terhadap aktivitas manusia yang ada didepan rumah sakit awal bros tersebut, untuk itu perlu adanya verifikasi hasil uji kebisingan dengan menggunakan alat *sound level meter* (SLM). Namun, selisih hasil yang sebesar 2 persen menunjukkan bahwa dominasi kebisingan yang diakibatkan oleh arus lalu lintas terjadi di wilayah rumah sakit tersebut dibandingkan factor kebisingan yang lain. Hal ini masih

dikatakan wajar karena lokasi rumah sakit yang memang berada di pinggir jalan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Metode Bina Marga dapat dijadikan suatu referensi guna memprediksi kebisingan akibat adanya arus lalu lintas yang berada di dalam suatu wilayah kesehatan, seperti pada lokasi RS.Awal Bros Panam di Kota Pekanbaru. Hasil prediksi kebisingan menunjukkan bahwa tingkat kebisingan lalu lintas di Rumah Sakit tersebut masih berada dibawah standar baku mutu dan masih pada rentang yang aman untuk diterima oleh manusia. Perhitungan prediksi tingkat kebisingan yang terjadi pada hari sibuk tertinggi adalah 51,41 dBA, dan pada hari tidak sibuk tingkat kebisingan maksimal yang didapat adalah 50,94 dBA. Selain itu, perbedaan hasil antara hari sibuk dan tidak sibuk sangatlah sedikit, sehingga dapat dikatakan perbedaan waktu untuk hari sibuk dan tidak sibuk tidak begitu mempengaruhi dari tingkat kebisingan yang terjadi di wilayah tersebut.

Daftar Pustaka

- Adris. A. Putra, & Djalante, S. (2012). Estimasi tingkat kebisingan lalu-lintas dengan metode transport road and research laboratory (trrl) pada kawasan senapati land. *Tekno-Sipil*, 10(57), 1–8.
- Bina Marga. (2004). *Prediksi Kebisingan akibat Lalu Lintas*. Jakarta.
- Djalante, S. (2010). Analisis tingkat kebisingan di jalan raya yang menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas (apil) (Studi kasus: Simpang Ade Swalayan). *Jurnal SMARTek*, 8(4), 280–300. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/222051-analisis-tingkat-kebisingan-di-jalan-ray.pdf>
- Mulyono, G. S. (2012). Analisis kebisingan akibat arus lalulintas di rumah sakit pku muhammadiyah surakarta. 65–70.
- Muttaqin, M. Z. (2017). Karakteristik pemilihan moda sepeda motor kelompok mahasiswa universitas islam riau (Studi Kasus : Fakultas Teknik). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11 (Konteks) Untar*, 26–27.
- Raniasta, Y. S., Ikaputra, & Widyastuti, D. T. (2016). Pengembangan Kawasan Stasiun Tugu Yogyakarta Berbasis Transit Dengan Pendekatan Aksesibilitas. *Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda*, 14/No. 01/, 41–54.
- Savitri, M. A., & Syafei, A. D. (2018). Pemetaan Tingkat Kebisingan di Rumah Sakit Islam A. Yani Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 192–195. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28998>
- Sihombing, L. (2011). *Kebisingan pada Rumah Sakit dan Kenyamanan Pasien Rawat Inap di Rumah Sakit Umum Methodist Kota Medan Tahun 2010*. Universitas Sumatra Utara.

Analisis Peta Kerentanan Bencana Erupsi Gunung Patah Berbasis Geospasial Dengan Metode *Weighting Overlay* Di Kabupaten Kaur

Rahmat Catur Wibowo¹, Mirnawati², Sandri Erfani¹, Ilham Dani¹

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

² Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

*E-mail: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id.

Abstrak

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang berada dalam tatanan tektonik dunia dimana memiliki wilayah pertemuan dari tiga lempeng besar yang mengakibatkan terbentuknya gunung api di sepanjang zona tumbukannya. Gunung Patah merupakan salah satu gunung api yang berpotensi menimbulkan bencana, sehingga perlu dilakukannya kajian terkait mitigasi bencana geologi agar meminimalisir dampak yang akan ditimbulkan. Kajian yang dilakukan pada penelitian ini berupa pembuatan peta kerentanan bencana geologi menggunakan metode *weighting overlay* di area sekitar Gunung Patah Kabupaten Kaur, Bengkulu. Area penelitian memiliki zona kerentanan tinggi sekitar 25%, kerentanan sedang sekitar 35%, dan kerentanan rendah sekitar 40%. Area yang memiliki tingkat kerentanan tinggi adalah Kecamatan Padang Guci Hulu dan Padang Guci Hilir. Diperlukan sistem pengamatan dan peringatan dini di sekitar area dengan tingkat kerentanan tinggi, agar masyarakat dapat mengantisipasi jika sewaktu-waktu terjadi bencana erupsi gunung api.

Kata kunci: mitigasi bencana geologi, gunung api, geospasial, gunung patah, kaur

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang berada dalam tatanan tektonik dunia dimana memiliki wilayah pertemuan dari tiga lempeng besar (Kardinasari, 2014). Ketiga lempeng besar tersebut akan selalu saling bergerak, lempeng tersebut diantaranya yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Samudera Hindia-Australia, dan Lempeng Samudera Pasifik. Disamping itu, Indonesia juga banyak memiliki gunung berapi yang tersebar diseluruh wilayah kepulauan di Indonesia (Haeriah, Nugraha, & Sudarsono, 2018). Kedua hal ini berdampak pada keadaan topografi, morfologi dan struktur dari geologis Indonesia, serta dapat berpengaruh pada tingkat kerawanan bencana alam yaitu erupsi gunung berapi dan gempa bumi. Bencana alam yang terjadi dapat menimbulkan banyak potensi kerugian, potensi tersebut diantaranya dapat berupa kerusakan infrastruktur, lahan

produktif, tempat tinggal, harta benda, mata pencaharian dan juga dapat menyebabkan kerugian nyawa pada penduduk sekitar wilayah yang mengalami bencana tersebut.

Gunung Patah merupakan salah satu gunung api yang terletak pada Kecamatan Padang Guci Hulu, Kabupaten Kaur, Bengkulu. Gunung ini memiliki ketinggian hingga 2817 mdpl yang merupakan bagian dari Kawasan konservasi Hutan Lindung Raja Mandare, Bengkulu (Muhaimin, Hidayat, & Muslim, 2016). Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2012) mitigasi merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (BNPB, 2012). Usaha mitigasi ini dapat berupa usaha prabencana, saat bencana dan pasca bencana. Usaha prabencana menurut Undang-

Undang Nomor 24 Tahun 2007, usaha prabencana dapat berupa upaya kesiapsiagaan atau memberikan pemahaman pada penduduk untuk mengantisipasi bencana, melalui pemberian informasi, dan peningkatan kesiagaan jika terjadi bencana sehingga terdapat langkah-langkah untuk meminimalisir risiko bencana tersebut. Tingkatan risiko bencana dapat dinilai berdasarkan pada besar kecilnya tingkat ancaman dan juga kerentanan pada suatu wilayah.

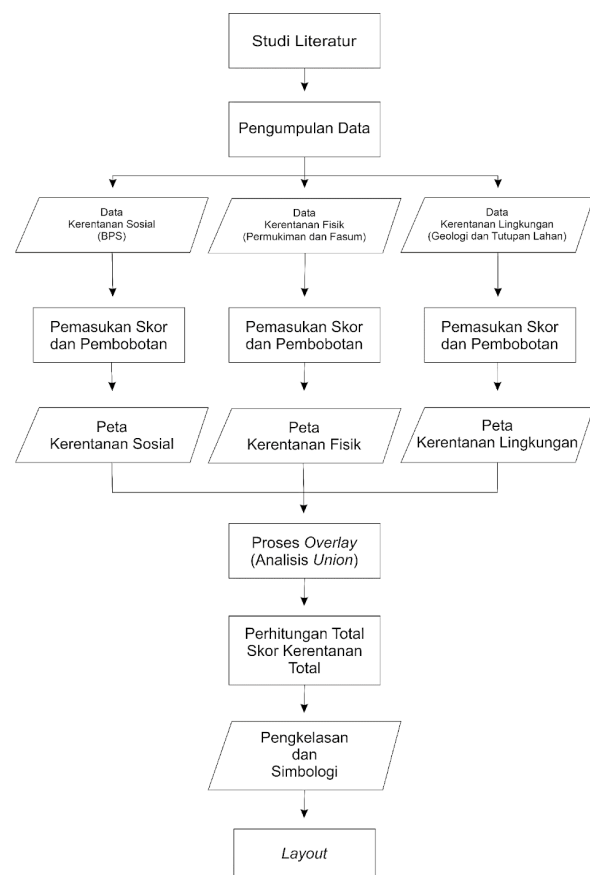
Kerentanan atau *vulnerability* merupakan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana (BNPB, 2012). Kerentanan dibentuk dan dihasilkan oleh manusia, sehingga membuat sifatnya menjadi dinamis ini menyebabkan kerentanan lebih banyak ditentukan oleh faktor manusianya. Meski jenis ancaman bahaya alam antar suatu daerah dapat memiliki tingkat yang sama jika tingkat kerentanannya berbeda maka akan mengakibatkan dampak yang berbeda juga (Aditya, 2010). Analisis kerentananan dibagi kedalam tiga kelas yaitu tinggi, sedang dan rendah. Dalam pengerjaan ujian tengah semester ini analisis yang dilakukan yaitu mengenai beberapa unsur pembahasan, yaitu kerentanan sosial, kerentanan fisik, dan kerentanan lingkungan. Dalam pengerjaan ini, unsur kerentanan ekonomi tidak dilibatkan dalam perhitungan sebab adanya keterbatasan data dalam Badan Pusat Statistik pada area studi yaitu kabupaten Kaur.

2. Metodologi

Pembuatan peta kerentanan ini menggunakan metode pengolahan dan analisis spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) serta menggunakan metode penginderaan jauh (Gambar 1). Metode SIG yang digunakan diantaranya yaitu metode skoring, pembobotan dan overlay pada peta kerentanan yang akan dibuat. Proses pengolahan dan pembuatan peta kerentanan ini menggunakan *software* berupa Microsoft Excel untuk mengolah nilai skoring

dan pembobotan serta menggunakan *software Quantim GIS 3.16.8* untuk pembuatan peta kerentanan dan juga peta 3 dimensi dari Gunung Patah.

Dalam studi kasus ini, area yang diamati dan dianalisis dibatasi hanya pada Kabupaten Kaur, Bengkulu. Data yang digunakan dalam proses pembuatan peta kerentanan ini diantaranya adalah Peta RBI Kabupaten Kaur, data DEM (*Digital Elevation Model*), peta geologi, peta tutupan lahan, dan data statistik Kabupaten Kaur Dalam Angka 2021 yang menginformasikan data statistik pada tahun 2020 yang bersumber pada website Badan Pusat Statistik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

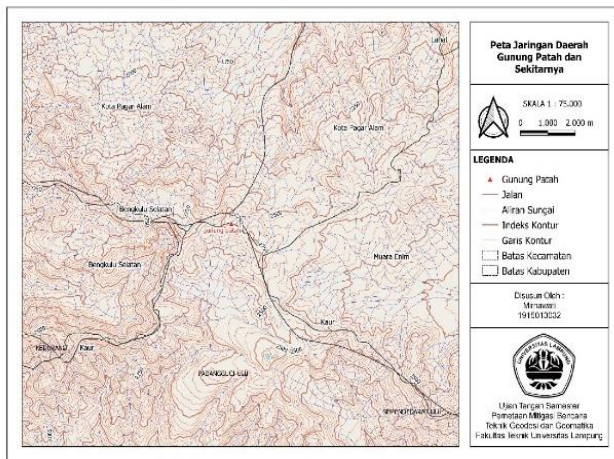
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Peta jaringan Kawasan Gunung Patah.

Peta jaringan Kawasan Gunung Patah ini diolah dengan menggunakan data DEMNAS, peta RBI dan peta batas administrasi pada wilayah yang berada pada sekitar kawasan Gunung Patah. Data DEMNAS yang diambil pada

website Indonesia Geospasial diolah dengan melakukan proses pemotongan data DEM agar sesuai dengan area studi yang akan dipetakan. Setelah dilakukan proses *clipping*, data dem diproses analisis spasial sehingga membentuk keluaran hasil berupa bayangan permukaan dan garis kontur. Dalam peta diatas garis kontur yang dibuat menggunakan interval kontur 50 meter dan dengan indeks kontur 250 meter.

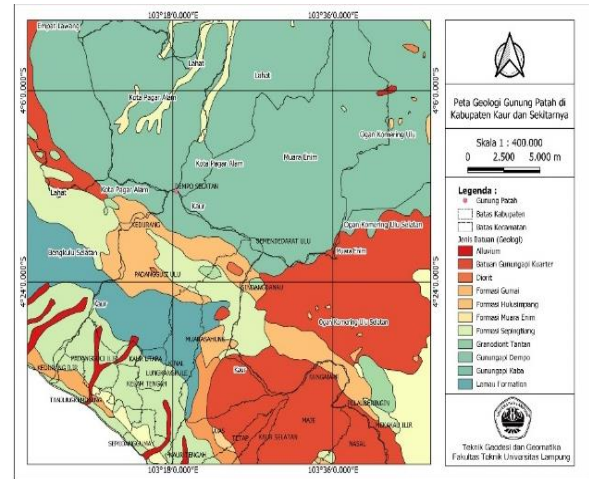
Setelah garis kontur didapat, proses selanjutnya yaitu memasukkan peta RBI pada beberapa kabupaten yang berdekatan dengan Gunung Patah. Data rupa bumi yang dimasukkan dalam peta jaringan tersebut diantaranya data jalan dan aliran sungai yang digunakan sebagai peta informasi jaringan jalan dan sungai pada area tersebut. Batas administrasi pada area studi tersebut juga perlu di-input yaitu yang utama adalah Kabupaten Kaur dan kabupaten sekitarnya termasuk beberapa kabupaten yang masuk dalam provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1).



Gambar 2. Peta jaringan Kawasan Gunung Patah.

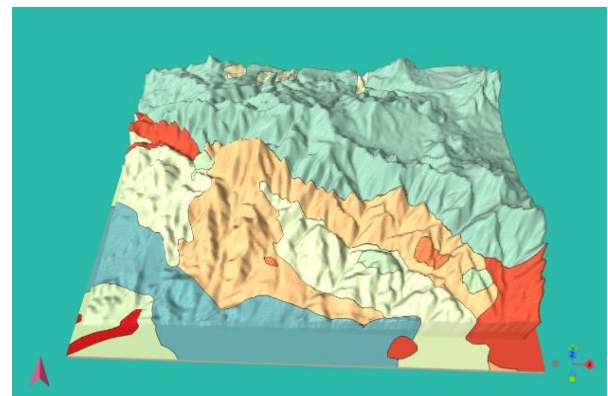
3.2. Peta geologi.

Peta geologi merupakan peta yang menjelaskan mengenai bentuk geologi batuan dari sebuah kawasan. Peta ini menggunakan data peta geologi Indonesia dan batas administrasi kabupaten Kaur dan kabupaten sekitarnya. Peta geologi yang telah dimasukkan ke dalam layer Quantum GIS kemudian dilakukan digitasi ulang dan dilakukan pembagian kelas berdasarkan kategorinya (Gambar 3).



Gambar 3. Peta geologi Kawasan Gunung Patah.

Peta geologi yang sudah dilakukan digitasi ulang tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi dengan menggunakan *plugin “Qgis2threejs”*. Plugin ini berfungsi untuk melakukan transformasi peta dari 2 dimensi menjadi 3 dimensi yang tetap tergeoreferensi dan memiliki data spasial. Pada proses transformasi ini, sebelumnya diatur terlebih dahulu base high atau ketinggian dasar dari data tersebut, sehingga nantinya peta geologi 3 dimensi ini dapat dianimasikan sesuai dan cocok dipandang seperti ketinggian dalam bentuk aslinya.



Gambar 4. Peta geologi Kawasan Gunung Patah dalam bentuk 3 Dimensi.

3.3. Peta kerentanan.

Berdasarkan Perka BNPB No. 2 tahun 2012, peta kerentanan dibagi kedalam kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan ekologi atau lingkungan. Tiap jenis kerentanan memiliki sensitivitas masing-masing yang bervariasi tiap

bencana dan intensitas bencananya. Pada studi kasus kerentanan erupsi Gunung Patah ini memiliki parameter konveksi indeks dan

persamaan seperti tabel di bawah ini (Tabel 1, 2 dan 3).

Tabel 1. Kerentanan sosial.

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Kepadatan Penduduk (KP)	60	<500 jiwa/km ²	500-1000 jiwa/km ²	>1000 jiwa/km ²	Kelas/Nilai Max Kelas
Rasio Jenis Kelamin (RJK)	10				
Rasio Kemiskinan (RK)	10				
Rasio Orang Cacat (ROC)	10	<20%	20-40%	>40%	
Rasio Kelompok Umur (RKU)	10				
Kerentanan Sosial =(0,6*KP)+(0,1*RJK)+(0,1*RK)+(0,1*ROC)+(0,1*RKU)					

Tabel 2. Kerentanan fisik.

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Rumah (R)	40	<500 jiwa/km ²	500-1000 jiwa/km ²	>1000 jiwa/km ²	Kelas/Nilai Max Kelas
Fasilitas Umum (FU)	30				
Fasilitas Kritis (FK)	30	<20%	20-40%	>40%	
Kerentanan Fisik =(0,4*R)+(0,3*FU)+(0,3*FK)					

Tabel 3. Kerentanan lingkungan.

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Hutan Lindung (HL)	30	<20 ha	20-50 ha	>50 ha	Kelas/Nilai Max Kelas
Hutan Alam (HA)	30	<25 ha	20-75 ha	>75 ha	
Hutan Mangrove (HM)	40	<10 ha	10-30 ha	>30 ha	
Kerentanan Lingkungan=(0,3*HL)+(0,3*HA)+(0,4*HM)					

Oleh sebab adanya keterbatasan data yang ada pada area penelitian mengenai rasio orang cacat dan rasio kelompok umur maka parameter ini dibatasi indikator kerentanan sosialnya pada kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin dan rasio kemiskinan sehingga masing-masing parameter yang tidak dipakai dikalikan dengan nol.

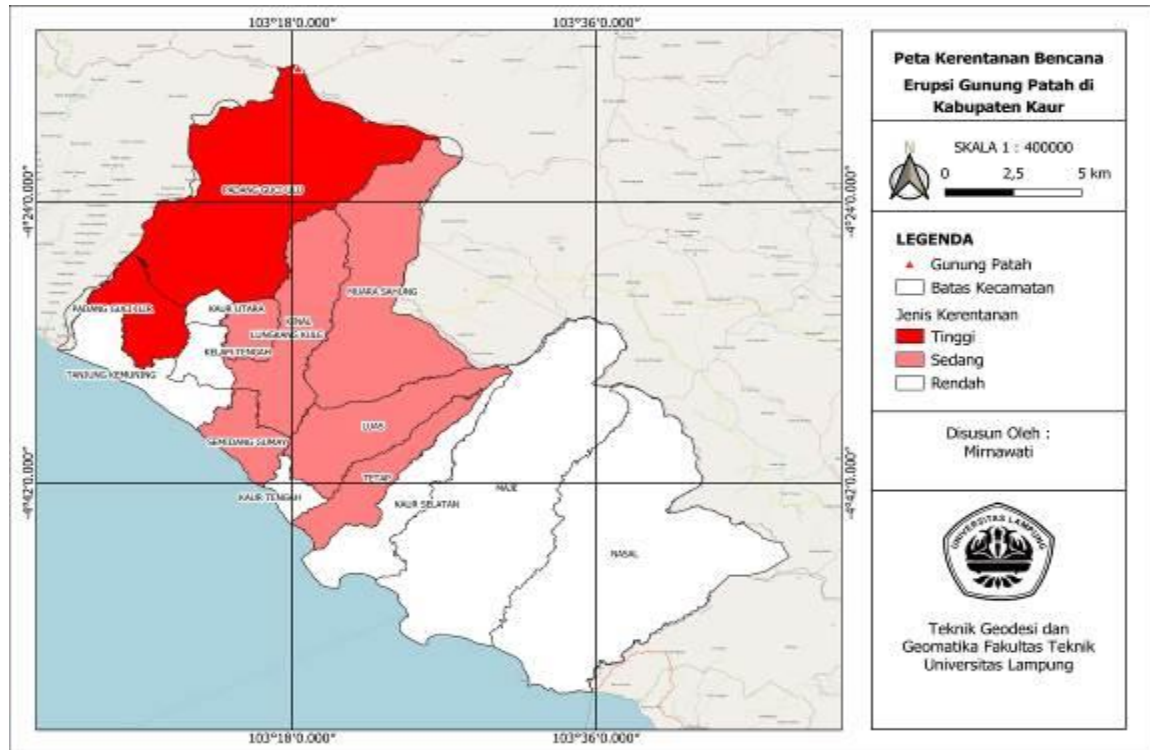
Pada kerentanan fisik dipengaruhi oleh kerentanan bangunan dan kerentanan prasarana. Indikator yang digunakan yaitu ketersediaan bangunan atau fasilitas umum dan kepadatan rumah. Dalam area studi ini

kabupaten Kaur memiliki kelas kerentanan fisik seperti pada peta berikut.

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut didapatkan peta kerentanan erupsi Gunung Patah yang berasal dari hasil overlay pada skoring dan pembobotan tiap indikator kerentanannya (Gambar 5). Dari hasil akhir peta menunjukkan Kecamatan Padang Guci Hulu dan Padang Guci Hilir memiliki tingkat kerentanan yang tinggi atau dalam *hazard* gunungapi menggunakan istilah Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, sedangkan dengan tingkat kerentanan yang Sedang (KRB II) dimiliki oleh kecamatan Kinal, Muara Sahung,

Lungskang Kule, Semidang Gumay, Luas dan Kecamatan Tetap. Kawasan lainnya yang tersisa seperti kecamatan Tanjung Kemuning, Kaur Utara, Kelam Tengah, Kaur Tengah, Kaur Selatan, Maje dan Nasal Merupakan kawasan yang memiliki tingkat kerentanan

Rendah atau (KRB I). Kelas Kerentanan ini dipengaruhi faktor dari tiap indikator yang telah diolah pada Microsoft Excel untuk mendapatkan hasil skoring dan pembobotannya.



Gambar 5. Peta kerentanan bencana erupsi Gunung Patah, Kabupaten Kaur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian kerentanan secara geospasial, Kabupaten Kaur terbagi menjadi tiga zona dengan tingkat kerentanan tinggi hingga rendah. Kecamatan Padang Guci Hulu dan Padang Guci Hilir memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, sedangkan area dengan tingkat kerentanan yang sedang adalah Kecamatan Kinal, Muara Sahung, Lungkang Kule, Semidang Gumay, Luas dan Tetap. Kawasan lainnya yang tersisa seperti kecamatan Tanjung Kemuning, Kaur Utara, Kelam Tengah, Kaur Tengah, Kaur Selatan, Maje dan Nasal Merupakan kawasan yang memiliki tingkat kerentanan Rendah.

Daftar pustaka

- Aditya, T. (2010). *Visualisasi Risiko Bencana Dalam Peta*. Yogyakarta: Provincial Project Management Unit (PPMU) DIY.
- BNPB. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Djalil, A. G., E, R. L., Sela, & Tilaar, S. (t.thn.). Evaluasi Peruntukan Lahan dan Pemetaan Zonasi Tingkat Risiko Bencana Letusan Gunung Api Gamalama Di Kota Ternate). 11-20.
- Haeriah, S., Nugraha, A. L., & Sudarsono, B. (2018, April). Analisis Kerentanan

- Pada Wilayah Permukiman Akibat Bencana Erupsi Gunung Merapi (Studi Kasus : Kabupaten Sleman). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2), 65-74.
- Kardinasari, N. N. (2014). Tingkat Kerentanan Bencana Letusan Gunung Api Galunggung di Kabupaten Tasikmalaya.
- Muhaimin, M., Hidayat, I. W., & Muslim. (2016, Desember). Eksplorasi tumbuhan dan studi komposisi vegetasi di zona bukit dari Gunung Patah, Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversal Indonesia*, 2(2), 132-137. doi:10.13057/psnmbi/m020202
- Sagala, S. A., & Yasaditama, H. I. (2012). Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gunung Api Papandayan (Studi Kasus : Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut). *Forum Geografi*, 26(1), 1-16.
- Sofan, P., & Yulianto, F. (2009). Analisis Resiko Gunung Api Merapi Berdasarkan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana*, 63-74.

Kajian Awal Pembuatan Biofoam Berbahan Baku Campuran Pati dan Batang Sorgum

Yuli Darni*, Annisa Aryanti, Herti Utami, Lia Lismeri, Muhammad Haviz

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

Email : yuli.darni@eng.unila.ac.id

Abstrak

Biofoam merupakan produk kemasan yang dapat menggantikan *styrofoam* untuk mengurangi penggunaan *styrofoam* yang terbuat dari bahan baku alami berupa pati dengan tambahan serat untuk memperkuat strukturnya. Di Indonesia berpotensi besar untuk membuat *biodegradable foam* karena banyak tanaman penghasil pati yang tumbuh seperti tanaman Sorgum (*Sorgum bicolor L.*) Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah produk biofoam dengan bahan baku pati dan batang sorgum dapat menjadi alternatif penggunaan *styrofoam*. Variasi komposisi pada penelitian ini yaitu komposisi batang sorgum 0% dan 5% dari berat kering dan komposisi PVOH 0% dan 30% dari berat kering. Pembuatan Biofoam ini dilakukan dengan metode *thermopressing*. Hasil terbaik dari penelitian ini ialah biofoam 4 dengan variasi komposisi pati : batang : pvoH yaitu 6,5:0,5: 3 dengan densitas sebesar 0,72 gr/cm³, daya serap air sebesar 25%, kuat tekan sebesar 0,384 Mpa, biodegradasi 55,5% selama 60 hari dan titik leleh (T_m) 93,25°C.

Kata kunci: Biofoam, Pati Sorgum, Batang Sorgum, PVOH

1. Pendahuluan

Ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap plastik masih relatif tinggi hingga saat ini. Karena plastik lebih murah, lebih mudah dibuat, tidak mudah pecah dan lebih ringan dibandingkan dengan material lain seperti logam dan kaca. Plastik yang sering digunakan masyarakat sampai saat ini merupakan plastik konvensional yang terbuat dari petroleum atau minyak bumi yang sulit diurai sehingga membuat plastik terus menerus mengotori bumi, dari daratan hingga lautan. Menurut Jambeck (2015), Indonesia berada di peringkat kedua dunia sebagai penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai sebesar 187,2 juta ton setelah China yang mencapai 262,9 juta ton. Cordova (2019) menyatakan bahwa dari 59% sampah plastik yang mengalir di sembilan muara sungai di sekitar Jakarta, sampah yang mendominasi adalah sampah *styrofoam*. *Styrofoam* adalah nama dagang dari *polystyrene* ini berdampak negatif untuk lingkungan. Menurut Dinas Lingkungan Hidup (2019),

Sampah *styrofoam* tidak bisa terurai di tanah sehingga hanya bisa menumpuk dan merusak lingkungan. *Styrofoam* sebenarnya tidak cocok digunakan untuk kemasan produk makanan dan minuman karena *styrofoam* juga memberi dampak negatif bagi kesehatan tubuh. *Styrofoam* mengandung zat yang karsinogenik dan saat terkena suhu panas, *polystyrene* dapat melepaskan *styrene* yang dapat mengganggu sistem syaraf dan otak, serta dapat berdampak pada genetik, paru-paru, hati dan kekebalan tubuh (Warlina, 2019).

Solusi dari masalah penumpukan sampah *styrofoam* ini salah satunya adalah membuat plastik yang mudah diurai atau disebut dengan *biodegradable foam* atau biofoam. Biofoam terbuat dari bahan-bahan yang dapat diurai oleh pengurai seperti bahan yang berasal dari tumbuhan yaitu pati. Pati merupakan biopolimer karbohidrat yang dapat terdegradasi secara mudah di alam dan bersifat dapat diperbarui. Di Indonesia berpotensi besar untuk

membuat *biodegradable foam* karena banyak tanaman penghasil pati yang tumbuh seperti tanaman Sorgum (*Sorgum bicolor L.*) merupakan tanaman serelia yang beberapa bagiannya dapat dimanfaatkan sebagai bahan membuat *biodegradable foam* seperti biji sorgum dan batangnya. Biji Sorgum memiliki kandungan pati yang cukup tinggi yaitu 80,42% (Suarni, 2004).

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pembuatan biofoam dari pati biji sorgum, serbuk batang sorgum dan PVOH sebagai polimer sintetik. Proses pembuatannya menggunakan teknologi *Thermopressing*. Biofoam dianalisis dengan uji kuat tekan, densitas, daya serap air, DSC (*Differential Scanning Calorimetry*), SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan Biodegradasi. Dengan bahan baku pati sorgum yang memiliki kandungan pati yang cukup tinggi dan batang sorgum yang memiliki serat tinggi serta PVOH sebagai polimer sintetik diharapkan menghasilkan *biodegradable foam* yang dapat menggantikan penggunaan *styrofoam*.

2. Metodologi

Bahan baku yang digunakan ialah pati sorgum, batang sorgum, polivinil alkohol (PVOH), aquades. Variasi komposisi pada penelitian ini yaitu komposisi batang sorgum 0% dan 5% dari berat kering dan komposisi PVOH 0% dan 30% dari berat kering. Pada penelitian ini menggunakan metode *thermopressing* dengan cetakan berbentuk lingkaran dengan diameter 7 cm.

2.1. Preparasi bahan baku pati dan batang sorgum

Pati sorgum dihasilkan dari biji sorgum, mula-mula biji sorgum direndam dalam air sampai empuk, lalu ditiriskan. Setelah ditiriskan, biji sorgum ditumbuk hingga halus. Setelah itu serbuk dikeringkan dengan dijemur sampai beratnya konstan. Serbuk sorgum rendam

dengan aquades dengan perbandingan 1:2 dan disimpan di dalam kulkas bersuhu 4°C selama 12 jam. Setelah direndam, rendaman sorgum disaring dan endapan dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C sampai kadar airnya dibawah 14%. Pati yang sudah dikeringkan ditumbuk sampai halus. Setelah itu pati biji sorgum disimpan di dalam *ziplock bag*.

Batang sorgum dibersihkan lapisan pembungkus batang dan dipotong dengan ukuran 30 cm. Kemudian batang sorgum dicuci dan disikat hingga bersih lalu dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya sampai batang menyusut. Setelah itu, batang sorgum dicacah agar dapat digiling dengan *disk mill*. Setelah batang sorgum menjadi serbuk diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk dikeringkan kembali menggunakan oven sampai beratnya konstan. Setelah itu, serbuk disimpan di dalam *ziplock bag*.

2.2. Prosedur pembuatan biofoam

Sebelum membuat biofoam terlebih dahulu ditentukan kondisi proses *thermopressing*. Kondisi yang ditentukan meliputi suhu proses, lama waktu proses dan volume adonan. Menurut penelitian Iriani (2013), suhu yang diujikan sekitar 140°C – 180°C, lama waktu proses *thermopressing* selama 2-5 menit dan jumlah adonan 50-80 gram. Karakterisasi biofoam dilakukan dengan mengamati secara visual (melihat warna dan penampakan) biofoam yang dihasilkan.

Menurut Iriani (2013), prosedur pembuatan biofoam yaitu bahan baku pati sorgum, batang sorgum dan PVOH ditimbang sesuai perbandingan yang ditentukan. Bahan kering dicampurkan menggunakan *mixer* selama 5 menit. Buat adonan dengan menambahkan aquades (1:1) ke dalam campuran bahan kering dan di *mixer* selama 5 menit. Kemudian adonan bahan dicetak dengan menggunakan alat *thermopressing* selama kurang lebih 2-5 menit

dengan suhu 140°C – 180°C. Biofoam yang sudah dicetak didinginkan selama 30 menit. Selanjutnya biofoam dilepaskan dari cetakan dan dimasukkan ke dalam *zip bag lock* agar terlindungi sebelum di uji.

2.3. Uji Densitas

Densitas adalah pengukuran massa benda per unit volume. Prosedur penentuan densitas biofoam yaitu dengan ASTM D 792-08 untuk geometri material. Sampel di potong dengan ukuran tertentu dan ditimbang untuk mengukur massanya. Setelah itu dapat dihitung densitas biofoam dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan:

ρ = densitas (gr/cm³)

m = massa sampel (gr)

V = volume (cm³)

2.4. Uji Daya Serap Air

Daya serap air diuji berdasarkan prosedur ABNT NBR NM ISO 535 (1999). Sampel biofoam dipotong kira-kira 25 x 50 mm², sampel ditimbang lalu dicelupkan ke dalam air selama 1 menit. Setelah itu sisa air pada permukaan dikeringkan dengan tisu dan ditimbang kembali dan dihitung pertambahan berat sampel dengan persamaan sebagai berikut:

$$DSA (\%) = \left(\frac{\text{berat sampel setelah dicelup} - \text{berat sampel awal}}{\text{berat sampel awal}} \right) \times 100\%$$

2.5. Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah sebuah mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk mendapatkan gambar bentuk permukaan sampel. Analisis SEM dapat mengetahui struktur morfologi suatu sampel. Prinsip kerja dari SEM adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi.

2.6. Uji Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Uji Differential Scanning Calorimetry (DSC) untuk mengetahui titik leleh dan titik transisi gelas (Tg) dari biofoam. DSC adalah teknik analisis termal yang mengukur energi yang diserap oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Ketika transisi termal terjadi pada sampel, DSC memberikan pengukuran kalorimetri dari energi transisi dari temperatur tertentu.

2.7. Uji Kuat tekan

Pengukuran kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Biofoam berdiameter 7 cm ditekan pada kecepatan 1 mm/s. pengukuran kuat tekan adalah besarnya gaya tekan yang diterima sampel per satuan luas dan dinyatakan dalam MPa.

2.8. Biodegradasi

Biodegradable foam harus dapat terdegradasi dalam waktu maksimal 6 bulan sampai 9 bulan. Sampel biofoam diuji biodegradasi dengan ditanam dalam tanah dan dihitung berapa lama sampai terurai dengan sempurna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Komposisi Batang Sorgum

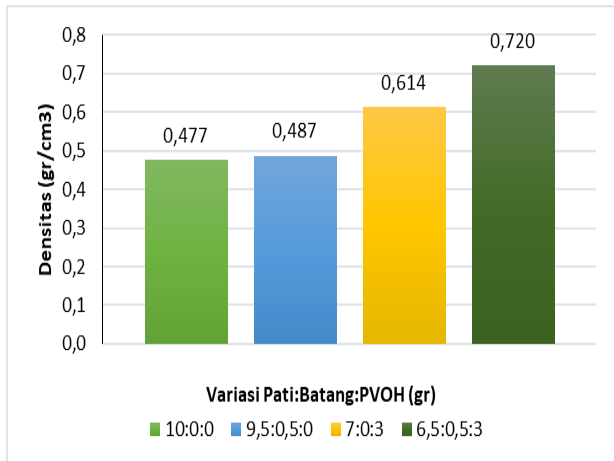
Tabel 1. Komposisi Batang Sorgum

Pati (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Serat (%)	Kadar Air (%)
24,4	2,18	0,23	6,51	28,79	14,68

Pada penelitian ini batang sorgum sebagai serat pengisi biofoam lignoselulosa pada batang sorgum yaitu Hemiselulosa 23,475%, Selulosa 42,033%, dan Lignin 12,619% sebelum delignifikasi (Darni, 2019). Akan tetapi, pada. Komposisi **Tabel 1** menunjukkan bahwa batang sorgum masih memiliki banyak pati yang akan menambahkan bahan baku utama yaitu pati dari biji sorgum.

3.2. Uji Densitas

Uji densitas dilakukan untuk mengukur kerapatan penyusun material yang saling berikatan antara satu atom dengan atom lainnya dengan pengukuran massa setiap satuan volume material.



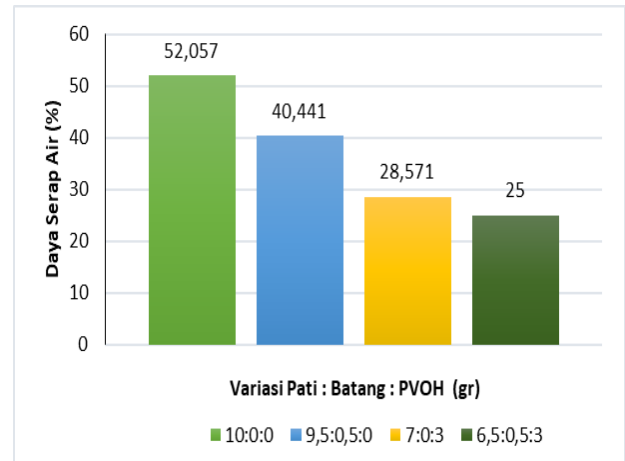
Gambar 1. Pengaruh variasi Pati: Batang: PVOH dengan Densitas

Pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa pada variasi pati : batang : PVOH yaitu 6,5:0,5:3 memiliki nilai densitas yang besar dibanding yang lainnya karena adanya penambahan batang sorgum dan PVOH. Biofoam akan lebih rapat karena rongga-rongga pada biofoam terisi dengan PVOH dan batang sorgum sebagai *filler*. Pada penelitian ini densitas yang dihasilkan masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan *styrofoam* yaitu 0,014 g/cm³ (EPS Industry). Akan tetapi pada Biofoam komersil milik *Synbra Technology* menghasilkan biofoam dengan densitas 0,66 gr/cm³. Pada penelitian Iriani (2013) biofoam yang dihasilkan memiliki densitas berkisar 0,26-0,45 g/cm³ dan pada penelitian Schmidt dan Laurindo (2010) menghasilkan biofoam dengan densitas berkisar 0,63-1,3 g/cm³.

3.3. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air yaitu uji yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya serap biofoam tersebut terhadap air. Pada biofoam diharapkan air yang terserap pada bahan sangat rendah. Pada penelitian ini,

biofoam yang tidak ditambahkan batang sorgum dan PVOH memiliki daya serap air yang besar karena pada biofoam pati saja memiliki rongga-rongga yang besar dan banyak sehingga air dapat mudah terserap.

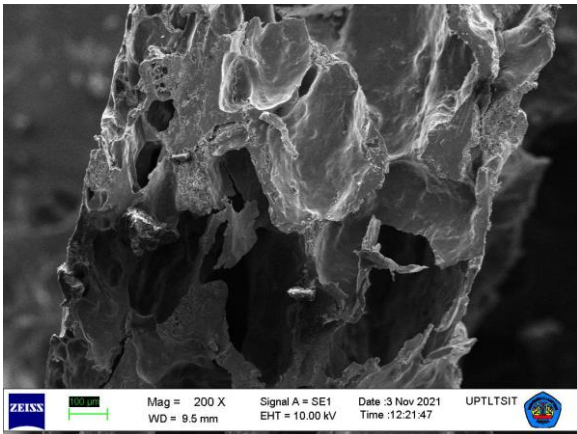


Gambar 2. Pengaruh variasi Pati: Batang: PVOH dengan Daya Serap Air

Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa Biofoam dengan variasi pati:batang:pvoH 6,5:0,5:3 memiliki daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi biofoam lainnya. Penambahan PVOH dapat menurunkan daya serap air karena PVOH mengisi rongga-rongga pada biofoam sehingga air sulit terserap di rongga-rongga biofoam.

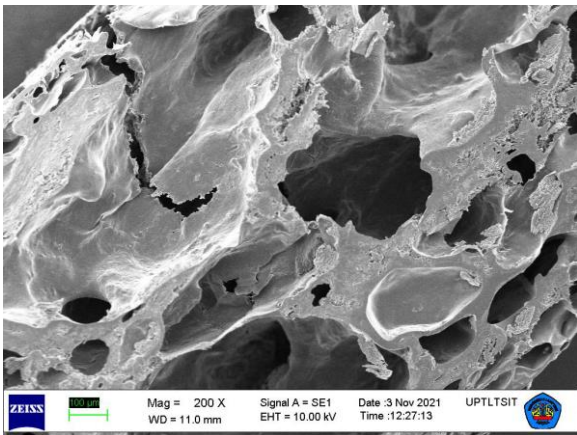
3.4. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Untuk mengetahui morfologi pada biofoam dilakukannya uji Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Dengan uji ini dapat mengetahui struktur dari biofoam berbahan campuran pati sorgum, batang sorgum dan PVOH.



Gambar 3. SEM pada Biofoam 1 dengan komposisi pati:batang:PVOH yaitu 10:0:0

Pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa dengan komposisi 100% pati sorgum memiliki banyak rongga-rongga foam yang besar dan tipis. Struktur biofoam akan mempengaruhi kuat tekannya. Semakin banyak dan besar ukuran rongga akan menyebabkan penurunan kekuatan biofoam terhadap tekanan (Iriani, 2013).



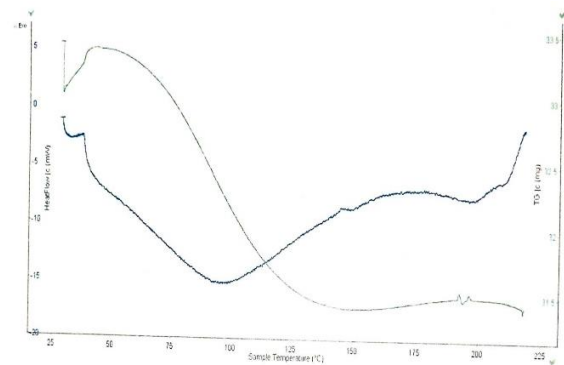
Gambar 4. SEM pada Biofoam 2 dengan komposisi pati:batang:PVOH yaitu 6,5:0,5:3

Pada **Gambar 4** menunjukan bahwa biofoam dengan variasi pati:batang:pvoH 6,5:0,5:3 memiliki bentuk *sandwich*. bentuk *sandwich* yang dimaksud ialah pada bagian luar atau permukaan terdiri dari sel yang kecil dan rapat sedangkan bagian tengah terdiri sel yang besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Iriani (2013) dan Cinelli et al (2006). Pada gambar 4 juga terlihat adanya rongga yang terisikan oleh PVOH. Pada saat proses *Thermopressing*,

PVOH akan meleleh dan lelehannya mengisi rongga yang terbentuk pada biofoam. Dengan penambahan PVOH akan meningkatkan densitas dan juga kuat tekan pada biofoam.

3.5. Uji Differential Scanning Calorimetry (DSC)

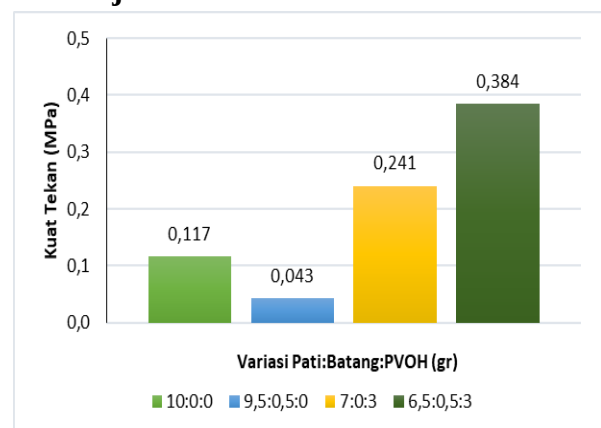
Uji DSC dilakukan untuk mengetahui sifat termal dari biofoam. Dari uji ini dapat diketahui titik leleh dari biofoam berbahan pati dan batang sorgum. Dalam hal ini biofoam diharapkan dapat tahan terhadap panas untuk aplikasi pada kemasan makanan.



Gambar 5. Uji DSC pada biofoam variasi 6,5:0,5: 3

Pada **Gambar 5** menunjukkan termogram pada *heatflow* pada biofoam 6,5:0,5: 3. Titik leleh (T_m) pada biofoam sebesar 93,25 °C dengan *heatflow* sebesar -15,28 mW. Pada penelitian ini biofoam yang dihasilkan memiliki titik leleh (T_m) yang cukup rendah sehingga masih belum bisa dijadikan kemasan yang anti panas.

3.6. Uji Kuat tekan

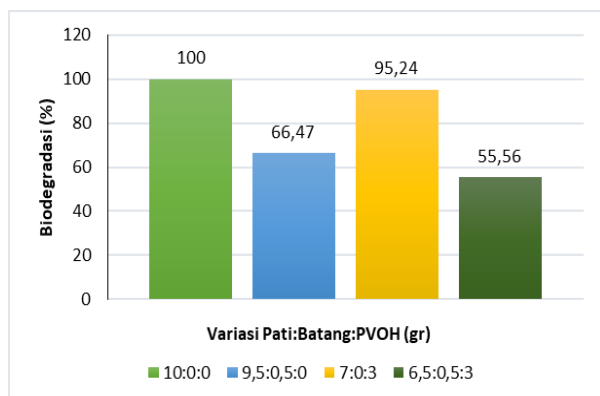


Gambar 6. Pengaruh variasi pati: batang: PVOH terhadap kuat tekan

Pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa penambahan batang sorgum dapat menurunkan kuat tekan pada biofoam. Batang sorgum masih belum mampu untuk memperkuat struktur biofoam. Oleh karena itu dilakukannya penambahan PVOH sebagai polimer sintetik untuk memperkuat struktur biofoam. Biofoam yang ditambahkan PVOH memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan biofoam yang tidak ditambahkan PVOH. Hal ini dikarenakan saat proses *thermopressing* PVOH akan meleleh dan lelehannya akan masuk ke rongga-rongga foam yang terbentuk. Pati dan PVOH memiliki gugus hidroksil yang akan saling membentuk ikatan hidrogen yang kuat (Iriani, 2013). Sehingga biofoam dengan penambahan PVOH akan lebih kuat terhadap tekanan.

3.7. Biodegradasi

Uji biodegradasi untuk mengetahui seberapa lama kemampuan terurainya biofoam. Uji ini dilakukan berdasarkan EN13432 dengan metode *soil burial test* yaitu dengan cara menguburkan biofoam di dalam tanah selama waktu tertentu. Pada penelitian ini dilakukan selama 60 hari.



Gambar 7. Pengaruh variasi pati:batang:PVOH terhadap biodegradasi

Pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa biofoam 1 terurai sempurna selama 60 hari. Hal ini dikarenakan pati sorgum bersifat hidrofilik sehingga dapat mengikat molekul air dan mudah terurai. Persentase paling kecil pada

biofoam 4 karena adanya batang sorgum dan PVOH. PVOH merupakan polimer sintetik sehingga cukup lama terurainya. Berdasarkan *Standard European Union* (EN 13432), *Biodegradable foam* harus dapat terdegradasi dalam waktu maksimal 6 bulan sampai 9 bulan.

Tabel 2. Perbandingan antara biofoam berbahan baku pati dan batang sorgum dengan styrofoam dan biofoam komersil

Parameter	Styrofoam (EPS industry, ASTM C578 Type 1)	Biofoam komersial (Synbra technology)	Biofoam Sorgum
Densitas	0,014gr/cm ³	0,66gr/cm ³	0,72 gr/cm ³
Daya serap air	<4%	<2%	25%
Kuat tekan	0,068 MPa	0,2 MPa	0,384 MPa

Pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa biofoam hasil dari penelitian ini memiliki aspek yang cukup dari standar yang ada. dan biofoam 4 dengan perbandingan komposisi pati, batang dan PVOH yaitu 6,5:0,5:3 dapat menjadi kemasan alternatif dalam penggunaan *styrofoam* berlebih.

4. KESIMPULAN

Biofoam dari campuran pati dan batang sorgum dapat menjadi alternatif kemasan pengganti styrofoam. Dari hasil penelitian ini variasi komposisi pati : batang : pvoH yang optimum ialah 6,5:0,5: 3 dengan densitas sebesar 0,72 gr/cm³, daya serap air sebesar 25%, kuat tekan sebesar 0,384 Mpa, biodegradasi 55,5% selama 60 hari dan titik leleh (T_m) 93,25°C. Penambahan batang sorgum menurunkan kuat tekan pada biofoam. Jika ditambahkan PVOH akan menambahkan kuat tekan pada biofoam. Pengaruh Penambahan PVOH yaitu dapat meningkatkan densitas dan kuat tekan serta mengurangi daya serap air pada biofoam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Staff Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung. Staff Laboratorium UPT LTSIT Universitas Lampung. Staff Laboratorium Terpadu Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Staff Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan Staff Balai Pengujian Mutu dan Sertifikasi Pakan.

DAFTAR PUSTAKA

ABNT NBR NM ISO 535. 1999. Errata 1: 2002

[ASTM] American Society for Testing and Materials . Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Material. Philadelphia, USA, ASTM (Annual Book of ASTM Standards)

Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J. W. & Iman, S. H. 2006. Foamed articles based on potato starch, corn fibers and poly(vinyl alcohol). Polymer Degradation and Stability, Science Direct, ELSEVIER

Cordova, M. R. & Nurhati, I. S. 2019. Major Sources and monthly variations in the release of land-derived marine debris from the Greater Jakarta area, Indonesia. *SCIENTIFIC REPORTS*. 9:18730

Darni, Yuli & Darmansyah. 2016. *Komposisi Bioplastik yang dapat Terbiodegradasi dengan Pengisi Serat Batang Sorgum dan Proses Pembuatannya*. Bandar Lampung : LPPM Universitas Lampung. IDP000066973

Darni, Yuli, Lismeri, Lia., Hanif, Muhammad, Sarkowi. & Evaniya, Dita S. 2019. Peningkatan Kuat Tarik Bioplastik dengan Filler Microfibrillated Cellulose. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. Vol. 18, No. 2, 37-41. ISSN 1693-9433

Dinas Lingkungan Hidup. 2019. STYROFOAM ATAU STEREFOAM. Artikel dari Website Resmi Pemerintah Kabupaten Buleleng .<https://www.bulelengkab.go.id/detail/artikel/styrofoamatausterefoam64#:~:text=Di%20samping%20berbahaya%20bagi%20tubuh,justu%20tidak%20pernah%20dapat%20terurai>. [diakses pada 16 Juli 2020]

EPS Industry Alliance. Properties, Performance and Design Fundamentals of Expanded Polystyrene Packaging. www.epsindustry.org

Iriani, E. S. 2013. *Pengembangan Produk Biodegradable Foam Berbahan Baku Campuran Tapioka dan Ampok*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Jambeck. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *SCIENCE*, 768.

Schmidt VC, Laurindo JB. 2010. Characterization of foam obtained from cassava starch, cellulose fibres and dolomitic limestone by a thermopressing process. *Braz Arch BiolTechnol*.53(1):185-192.

Suarni. 2004. Evaluasi Sifat Fisik dan Kandungan Kimia Biji Sorgum Setelah Penyosohan, *Jurnal Stigma* xii(1), 88 – 91.

Warlina, L. 2019. Pengelolaan Sampah Plastik Untuk Mitigasi Bencana Lingkungan.

Pengaruh Penambahan Biochar dari Lignite pada Tanah Bekas Penambangan Batubara terhadap Potensi Immobilisasi Logam Seng (Zn) Menggunakan *Batch Experiment*

Muhammad Haviz^{1,*}, Areva Fatiha Nur², Damris Muhammad², Maria Fransisca Vabylita¹, Lusmeilia Afriani³, Ashruri³

¹ Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

² Jurusan Teknik Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Muaro Jambi, Indonesia

³ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

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

Abstrak

Logam berat merupakan salah satu pencemar yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan yang terdiri atas Zn, Cd, Pb, Cu dan As. Mobilisasi dari logam berat pada lahan tercemar, seperti pada lahan bekas tambang batubara dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan kesehatan manusia. Penambahan *biochar* pada tanah merupakan salah satu cara yang digunakan untuk immobilisasi logam berat. *Lignite* merupakan salah satu bahan baku *biochar*. Selama ini, lignite sangat jarang digunakan pada proses pembakaran karena karakteristiknya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel tanah dari salah satu lokasi bekas penambangan batubara di Kecamatan Muaro Bulian, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis *biochar* yang optimal dalam immobilisasi logam berat Zn. Sampel tanah memiliki pH yang cukup rendah, yaitu sekitar 4,9. Inkubasi logam berat Zn dengan menggunakan *biochar* dapat meningkatkan pH tanah hingga 7,2. Inkubasi tanah dengan *biochar* dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *biochar* 0, 5, 10 dan 15% selama 0, 2, 4 dan 8 pekan. Immobilisasi paling tinggi terjadi pada konsentarsi *biochar* 5% dan pekan ke-4 dengan kapasitas penyerapan Zn sebesar 0,0043 mg/gr. Immobilisasi logam Zn terjadi karena peran dari pori *biochar* pada proses adsorpsi fisika.

Kata kunci: Batubara, *lignite*, *biochar*, immobilisasi

1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu sumber energi primer yang penting dan merupakan komoditas perdagangan di Indonesia karena bernilai ekonomis yang telah mendatangkan hasil cukup besar, baik sebagai pemenuhan kebutuhan dalam negeri maupun sebagai sumber devisa negara (Muis, 2015).

Berdasarkan tingkatan kualitasnya dari yang terendah hingga yang tertinggi, batubara digolongkan menjadi 4 jenis, yaitu lignite, subbituminous, bituminous dan antrasit. Batubara berjenis lignite atau batubara muda

memiliki kualitas paling rendah diantara ketiga jenis lainnya. (Haviz, 2020).

Provinsi Jambi merupakan penghasil batubara yang tersebar di beberapa Kabupaten seperti Kabupaten Muaro Jambi, Batanghari, Bungo, dan Sorolangun. Pertumbuhan pertambangan batubara di Provinsi Jambi semakin meningkat karena banyak lahan tambang yang terus ditemukan

Adanya peningkatan penambangan batubara, selain dapat meningkatkan kesejahteraan manusia juga dapat memberikan efek negatif

kepada lingkungan yaitu menghasilkan limbah, yaitu limbah organik dan anorganik yang akan menjadi masalah serius bila tidak tangani dengan baik. Dalam hal ini, limbah dari kegiatan pertambangan seperti drainase asam tambang, timbunan tailing, tambang batu dan tumpukan limbah merupakan sumber pencemaran lingkungan berupa logam berat. Belum adanya penanganan limbah secara serius menyebabkan banyaknya lahan yang tercemar akibat limbah, khususnya limbah logam berat. Menurut García Sánchez dan Álvarez Ayuso (2008) Logam berat yang terdapat dalam lahan bekas tambang batubara yaitu Zn, Cd, Pb, Cu dan As, dengan kadar masing – masing, yaitu Zn 3366 ppm, Pb 12245 ppm, Cu 444 ppm dan Cd 25 ppm (Ciccu dkk, 2001), sedangkan baku mutu kadar Zn 10–30 ppm, Cd 0,1–7ppm, Pb2–20 dan Cu 2–100 ppm (Pickering, 1980).

Dalam upaya mengatasi pencemaran lingkungan oleh logam berat dapat memanfaatkan *biochar* dari batubara (*lignite*) (Park, 2011).

Menurut Ippolito dkk (2012), logam berat memiliki sifat tidak biodegradable, dan dapat bertahan untuk waktu yang lama pada tanah yang tercemar, untuk menghilangkannya membutuhkan waktu yang relatif lama dan relatif sangat mahal.. *Biochar* telah teruji memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Penerapan penggunaan *biochar* berpotensi dapat memberikan solusi baru untuk perbaikan tanah yang tercemar oleh logam berat (Nigussie *et al.*, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dosis *biochar* dari *lignite* yang tepat dalam upaya meningkatkan kualitas tanah

bekas penambangan batubara yang terdegradasi logam berat , khususnya ZN.

2. Metode penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Jambi pada bulan Mei – Juli 2018. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu *pretreatment biochar* dari batubara muda (*lignite*), *pretreatment* tanah, proses inkubasi dan analisa kuantitatif logam. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental skala laboratorium.

Pretreatment biochar

Biochar pada penelitian ini dibuat dari batubara muda (*lignite*). Proses pembuatan *biochar* terdiri atas pengeringan dan pirolisis bahan baku menggunakan drum pirolisis dengan suhu 400-500 °C selama 4 jam dalam keadaan tertutup. Selanjutnya batubara didinginkan dan dihaluskan kemudian batubara diayak. Tetapi tahapan pembuatan *biochar* tidak dilakukan dalam penelitian ini, dikarenakan sudah dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

Proses penyiapan sampel tanah

Sampel tanah pada penelitian ini menggunakan tanah yang berasal dari lahan bekas tambang batubara yang berada di desa Sugai Buluh Kecamatan Muaro Bulian Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi sampel di ambil menggunakan alat euger dengan kedalaman 0-30 cm. Kemudian tanah dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium.

Sampel dibersihkan dari pengotor seperti akar, batu, daun, insektisida dll dan kering anginkan di udara ruangan selama 7 hari kemudian diberi label. Tanah yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan plastik. Tanah yang sudah dihaluskan ditimbang sebanyak 10 gram untuk menganalisa logam yang ada dalam tanah.

Kadar air (AOAC, 1971 dan SNI 1995)

Sebanyak 0.5 gram sampel tanah ditimbang dalam cawan yang telah diketahui beratnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal (g)} - \text{Berat Akhir (g)}}{\text{Berat Awal (g)}} \times 100\%$$

Penentuan kapasitas tanah menahan air

Tanah ditimbang sebanyak 50 gram, kemudian ditambahkan air secara perlahan lahan sampai tanah basah hingga tidak mampu menahan air.

Pengukuran pH Awal Tanah

Tanah ditimbang sebanyak 5 gram ditambahkan air sebanyak 50 mL (rasio tanah air 1:10) kemudian dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit setelah pengadukan pH tanah diukur dengan menggunakan pH meter.

Percobaan Dengan Menggunakan Metode Batch Eksperimen

Inkubasi tanah dengan *biochar* dilakukan selama 8 minggu. Percobaan ini dilakukan didalam botol kaca ukuran 1 liter sebanyak 4 botol. Tanah dari lahan bekas tambang batubara ditimbang sesuai variabel ditambahkan kedalam masing masing botol. Setiap botol ditambahkan *biochar* dengan variasi *biochar* : tanah sebesar 0:100, 5:100 dan 10:100. Setelah itu ditambahkan air sebesar 70% dari kapasitas tanah . Pada setiap sampel dibuat 3 kali pengulangan.

Analisa logam berat dalam tanah diukur dengan mengambil sebanyak 10 gram tanah pada setiap tabung pada minggu ke 0, 2, 4 dan 8. Tanah yang diambil diekstraksi dengan menggunakan asam (HCl) konsentrasi 0,0001 M. Larutan yang didapatkan dari ekstraksi dianalisis dengan menggunakan Atomic Absorbsion Spektrophotometri (AAS).

Pengukuran pH Akhir Tanah

Tanah yang telah diinkubasi ditimbang sebanyak 5 gram ditambahkan air sebanyak 50 mL kemudian dilakukan pengadukan selama 30 menit setelah pengadukan pH tanah diukur dengan menggunakan pH meter.

Analisa Logam Menggunakan Atomic Absorbsion Spektrophotometri (AAS)

Analisis ini memberikan informasi kualitatif mengenai jumlah konsentrasi logam pada sampel. AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom-atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unsurnya, absorbansi Zn dapat terukur maksimal pada panjang gelombang 213,9 nm.

Analisis data

Analisis dilakukan terhadap data-data yang diperoleh pada masing-masing metode penelitian.

Pengenceran Larutan HCl

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Keterangan :

V_1 = volume larutan sebelum pengenceran

V_2 = volume larutan sebelum pengenceran

M_1 = konsentrasi larutan sebelum pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan sebelum pengenceran

Sorpsi Logam Zn

Analisis data hasil pengujian daya sorpsi *biochar* dilakukan untuk mengetahui konsentrasi Zn yang tersisa dengan menggunakan instrument AAS.

Persen sorpsi dan kapasitas sorpsi. Data setelah pengukuran adsorbansi digunakan untuk menghitung efisiensi adsorpsi dengan rumus :

$$\% \text{ sorpsi} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \text{ (Reynolds, 1982)}$$

Keterangan :

Co = Konsentrasi awal (mg/L)

Ce = Konsentrasi akhir (mg/L)

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap kapasitas sorpsi (Q_e) logam Zn oleh *biochar* dengan rumus :

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \quad (\text{Reynolds, 1982})$$

Keterangan :

Co = Konsentrasi awal (mg/L)

Ce = Konsentrasi akhir (mg/L)

m = Massa adsorben (gram)

V = Volume larutan uji (L)

Imobilisasi Logam

Dilakukan perhitungan imobilisasi logam untuk mengetahui berapa banyak logam yang tertahan.

$$\text{Imobilisasi logam (\%)} = \frac{(\text{kadar Zn awal} - \text{kadar Zn akhir}) \times 100}{\text{kadar Zn awal}}$$

Matriks Penelitian

Tabel 3 Matriks Penelitian Besar Penurunan Kadar Logam Pb pada Lahan Bekas Penambangan Batubara

Waktu Inkubasi (Minggu)	Variasi <i>Biochar</i> : Tanah (gr)		
	0 : 250	5 : 237,5	37,5 : 212,5
0			
2			
4			
8			

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini diawali dengan *pretreatment* *biochar* dan tanah. *Biochar* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *biochar* dari batubara muda. *Pretreatment biochar* diawali

dengan pengeringan *biochar* dalam oven selama 30 menit dengan suhu 100°C dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air pada *biochar*.

Pretreatment tanah diawali dengan pembersihan tanah yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor dari tanah seperti daun dan ranting. Tanah yang telah bersih dikeringkan selama 1 minggu dengan tujuan untuk menurunkan kadar air yang terdapat dalam tanah. Tanah yang telah dikeringkan kemudian ditumbuk untuk mengubah ukuran menjadi lebih kecil dan diayak dengan ukuran 10 mesh dengan tujuan untuk penyeragaman ukuran tanah.

Karakteristik Tanah

Tanah yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini diperoleh dari tanah bekas penambangan batubara di PT. Bubuhan Mitra Sejahtera yang terletak di Desa Sungai Buluh Kecamatan Muaro Bulian Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. Dari hasil uji, tanah tersebut bersifat asam dengan pH sebesar 4,9. pH tanah memegang peranan yang penting terhadap keberadaan logam berat dalam tanah. Zn merupakan salah satu logam yang menjadi semakin *bioavailable* pada kondisi tanah yang semakin bersifat asam

Uji awal yang dilakukan terhadap sampel tanah adalah dengan menganalisa kandungan logam dengan menggunakan ICP. Dari hasil analisis didapatkan konsentrasi logam Zn dalam sampel tanah sebesar 23,644 ppm. Konsentrasi ini masih berada di bawah ambang batas kandungan Zn pada tanah. Batas kritis unsur logam Zn (seng) berat dalam tanah sebesar 50 ppm (Alloway,1995).

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik seperti lempung dengan warna agak kecoklatan sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pengeringan Sampel Tanah

Tanah yang telah dikeringkan setelah 1 minggu ditumbuk dan diayak dengan ukuran 10mesh. Tanah lempung memiliki densitas berkisar antara 2.58- 2.65 g/cm³.

Karakteristik Biochar

Biochar yang digunakan berasal dari batu bara muda (*lignite*) yang bersifat basa dengan pH sebesar 7,9. *Lignite* yang merupakan bahan dasar untuk pembuatan *biochar* memiliki kemampuan untuk menstabilkan beberapa logam berat, termasuk Zn (Nikolet, et. al, 2013). Pada penelitian Ahmad (2014), pH *biochar* yang terbuat dari kayu oak didapatkan sebesar 10.7. Nilai pH yang dimiliki oleh *biochar* bergantung kepada material yang digunakan sebagai bahan dasarnya.

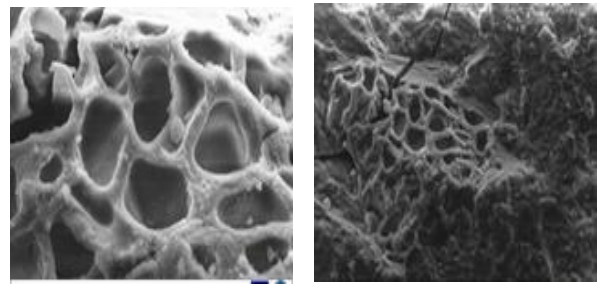
Menurut Lahori (2017), karakteristik dari *biochar* dengan pH yang bersifat basa ini membuat material organik ini mampu menurunkan ketersediaan (*bioavailability*) dari logam berat dalam tanah.



Gambar 3. Material Biochar

Dalam menentukan karakteristik permukaan dari *biochar* yang digunakan pada penelitian ini juga dilakukan Karakterisasi dengan menggunakan SEM. Hasil karakterisasi dengan

menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)

(b)

Gambar 3. Uji SEM Permukaan Biochar dengan Perbesaran 150x (a) dan 500x (b)

Dari uji karakteristik permukaan *biochar* terlihat adanya pori dalam jumlah yang relatif banyak. Menurut Yang dkk (2016) pori yang terdapat pada *biochar* umumnya berupa mikropori dan mesopori. Tersedianya pori pada *biochar* ini memungkinkan terjadinya sorpsi logam Zn. Menurut Glaser (1968), penyerapan logam yang terjadi pada mikropori dan mesopori *biochar* memainkan peran yang dominan pada proses terjadinya remediasi tanah.

Secara umum, logam berat yang terdapat bebas di dalam tanah dapat diserap oleh tanaman dan akan dapat dengan mudah bergerak dengan adanya aliran air. Immobilisasi logam Zn dalam hal ini akan menghambat logam tersebut untuk dapat diserap oleh tanaman atau mengalir ke tempat lain yang menyebabkan terjadinya dampak buruk.

Inkubasi Tanah dengan Biochar

Pada tahapan ini, sampel tanah diinkubasi dengan material *biochar* dari batubara muda (*lignite*). Pengaruh penambahan *biochar* terhadap logam Zn, sampel tanah diekstraksi pada pH 4 dengan larutan HCl 0.0001 M. Kondisi ini diberikan untuk menyesuaikan dengan keadaan pH yang ada di lapangan. Pada penelitian sebelumnya (Shank et al, 2004) *leaching* logam pada sampel tanah dilakukan dengan menyiapkan air hujan sintesis yang

dibuat dengan menambahkan 10 mM H_2SO_4 hingga pH mencapai sekitar 4.

Pada penelitian ini diukur PH tanah sebelum diinkubasi sebesar 4.9 setelah diinkubasi dengan *biochar* pH tanah meningkat sesuai dengan variasi *biochar* yang diberikan. Untuk pH tanah dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15% adalah 6.6, 7.1, 7.0 dan 7.2 dari hasil pengukuran pH menunjukkan dengan penambahan *biochar* pada tanah dapat menstabilkan pH tanah pada lahan bekas penambangan batubara. Menurut Nigussie dkk (2012) *biochar* yang diaplikasikan ke dalam tanah berpotensi meningkatkan sifat kimia tanah seperti peningkatan PH tanah. Dalam penelitian Harris (2011) menyebutkan bahwa pemberian *biochar* ke dalam tanah dalam dengan dosis 5%, 10% dan 15% dapat meningkatkan pH tanah secara signifikan, walaupun kenaikan tidak bersifat linier berdasarkan naiknya level pemberian *biochar* pada tanah.

Tanah yang telah di inkubasi dengan *biochar* di dalam botol inkubasi diambil 10 gram setiap 0, 2, 4 dan 8 minggu untuk diekstraksi tujuan pengambilan sampel setiap variasi waktu tersebut untuk melihat pengaruh *biochar* setiap minggu. Proses inkubasi dapat dilihat pada Gambar 5.

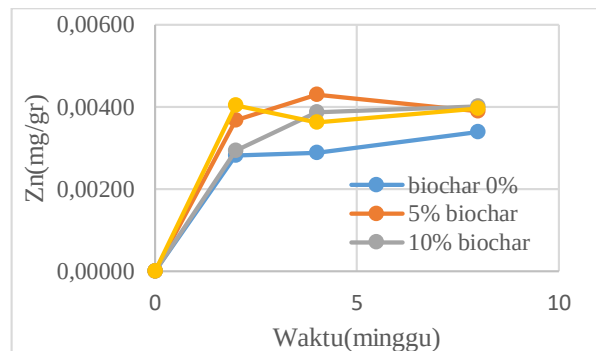


Gambar 5. Inkubasi Tanah dengan Biochar
Inkubasi tanah dengan *biochar* dilakukan untuk mempelajari pengaruh waktu dan

persentase *biochar* terhadap tingkat immobilisasi logam Zn.

Pengaruh Waktu terhadap Penyerapan Logam oleh *Biochar* pada Tanah

Proses immobilisasi logam pada *biochar* dapat dipengaruhi oleh waktu inkubasi. Gambar 6 menunjukkan penyerapan logam berdasarkan pengaruh waktu. Waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 2, 4 dan 8 minggu.



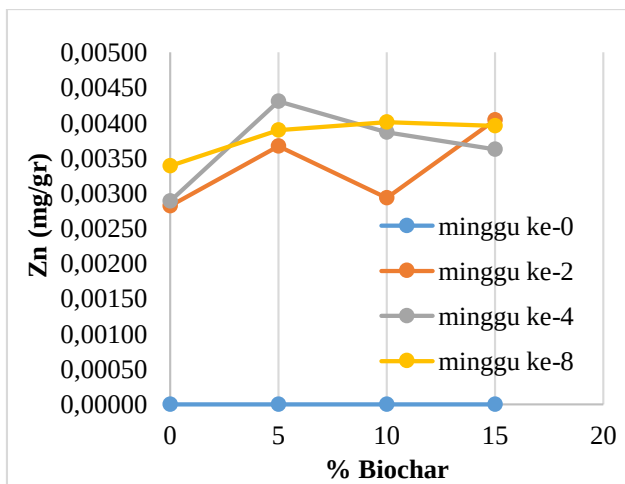
Gambar 6. Pengaruh Waktu terhadap Tingkat Immobilisasi Logam oleh Biochar

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada minggu ke-0, belum ada logam Zn yang terimmobilisasi pada *biochar* sehingga tidak terdapat penurunan konsentrasi logam Zn setelah penambahan beberapa konsentrasi *biochar* dibandingkan dengan sampel tanah tanpa penambahan *biochar*. Secara umum, terjadi kenaikan yang signifikan pada Zn terimmobilisasi pada minggu ke-2. Namun dengan semakin bertambahnya waktu inkubasi, tingkat immobilisasi tidak meningkat secara proporsional.

Pada lingkungan, pergerakan logam Zn dalam media tanah diakibatkan oleh adanya air hujan yang turun, sehingga dengan adanya penambahan *biochar* ini Zn yang berada bebas di tanah tidak terimmobilisasi ke dalam tanaman atau aliran air selanjutnya. Oleh karena itu dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh logam berat ini bisa diminimalkan.

Pengaruh Konsentrasi Biochar terhadap Penyerapan Logam

Rasio *biochar* terhadap tanah memegang peranan yang penting untuk upaya mengoptimalkan immobilisasi logam pada *biochar*. Gambar 7 menunjukkan penyerapan logam berdasarkan presentase *biochar*. Konsentrasi *biochar* yang digunakan dalam pengamatan immobilisasi logam Zn oleh *biochar* adalah 0, 5, 10 dan 15 %.



Gambar 7. Pengaruh Persentase Biochar terhadap Massa Zn Terimmobilisasi

Dari hasil uji pada tanah dengan rasio *biochar* 0% hingga 15 %, terlihat bahwa semakin besar rasio *biochar* terhadap tanah, peningkatan immobilisasi logam tidak terjadi secara proporsional. Massa logam Zn terimmobilisasi paling besar terjadi pada persentase penambahan 5 % minggu ke -4. Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan Jiang et al. (2013), persentase *biochar* efektif didapatkan sekitar minggu ke 3 dan minggu ke-5. Dari Gambar 7 juga dapat diamati bahwa peningkatan persentase *biochar* menjadi 10% mengakibatkan terjadinya penurunan tingkat immobilisasi pada minggu ke-2 dan ke-4, namun ditemukan meningkat pada minggu ke-8 dalam jumlah yang tidak signifikan.

Pada penelitian ini ditemukan bahwa *biochar* dapat berperan efektif pada immobilisasi logam Zn (Yang et al., 2016). Tingkat keefektifannya

dipengaruhi oleh persentase *biochar* yang ditambahkan dan waktu inkubasi. Menurut Bilgic dan Caliskan (2001), mekanisme yang mungkin terjadi selama proses immobilisasi ini dapat berupa pembentukan persenyawaan Zn dengan hidroksida, karbonat ataupun posfat, interaksi elektrostatis dan penyerapan pada permukaan. Adanya mekanisme ini, ditandai dengan terjadi nya peningkatan pH pada sampel tanah yang awalnya memiliki nilai pH sebesar 4,0 meningkat menjadi 6,1. Adanya peningkatan pH ini mempengaruhi jumlah Zn bebas pada tanah. Pada pH yang lebih tinggi jumlah Zn bebas akan semakin berkurang, sehingga mengurangi immobilisasi dari logam Zn, Immobilisasi yang rendah dari logam ini akan mengurangi bioavailabilitas logam Zn sehingga menurunkan dampak pencemaran logam terhadap lingkungan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *biochar* yang terbuat dari batubara muda secara efektif mampu menurunkan konsentrasi Zn dalam tanah. Massa Zn terimmobilisasi secara optimal didapatkan sebesar 0,004 mg tiap 1 gram tanah. Selain itu, waktu inkubasi juga mempengaruhi tingkat immobilisasi logam Zn, namun peningkatan waktu inkubasi hingga 8 minggu tidak menunjukkan kenaikan tingkat immobilisasi secara proporsional. Waktu inkubasi optimal didapatkan pada minggu ke-4. Presentase penambahan *biochar* ditemukan optimal pada nilai sebesar 5% dimana terjadi peningkatan yang signifikan pada *biochar* 5% setiap minggu.

Daftar Pustaka

- Alloway, B. J. (1995). Soil processes and the behaviour of metals. Heavy metals in soils, 13, 3488.
- Bilgic, S., & Caliskan, N. (2001). An investigation of some Schiff bases as corrosion inhibitors for austenitic

- chromium–nickel steel in H₂SO₄. *Journal of applied electrochemistry*, 31(1), 79-83.
- Ciccu, R., Ghiani, M., Peretti, R., Serici, A., & Zucca, A. (2001, May). Heavy metal immobilization using fly ash in soils contaminated by mine activity. In *International Ash Utilization Symposium*, May.
- García Sánchez, A., & Álvarez Ayuso, E. (2008). Soil remediation in mining polluted areas.
- Glaser, B. G., Strauss, A. L., & Strutzel, E. (1968). The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research. *Nursing research*, 17(4), 364.
- Haviz, M. (2020). Pengaruh waktu dan ukuran partikel pada pengeringan batubara dengan menggunakan gelombang mikro. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri (JTII)*, 1(2).
- Ippolito, J. A., Laird, D. A., & Busscher, W. J. (2012). Environmental benefits of biochar. *Journal of environmental quality*, 41(4), 967-972.
- Jiang, J., & Xu, R. K. (2013). Application of crop straw derived biochars to Cu (II) contaminated Ultisol: evaluating role of alkali and organic functional groups in Cu (II) immobilization. *Bioresource Technology*, 133, 537-545.
- Lahori, A. H., Zhanyu, G. U. O., Zhang, Z., Ronghua, L. I., Mahar, A., Awasthi, M. K., ... & Jiang, S. (2017). Use of biochar as an amendment for remediation of heavy metal-contaminated soils: prospects and challenges. *Pedosphere*, 27(6), 991-1014.
- Muis, L., Anwar, H., & Haviz, M. (2018). Pengaruh Temperatur pada Proses Pencairan Batubara Antrasit Menggunakan Pelarut Short Residue. *Jurnal Civronlit Unbari*, 3(2), 73-81.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., & Ambaw, G. (2012). Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 12(3), 369-376.
- Park, J. H., Choppala, G. K., Bolan, N. S., Chung, J. W., & Chuasavathi, T. (2011). Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and soil*, 348(1), 439-451.
- Pickering, W. F. (1980). *Zinc Interaction With Soil and Sediment Components*. John Wiley & Sons, 605 Third Ave., New York, Ny 10016., 71-112.
- Reynolds, S., Oxley, D. P., & Pritchard, R. G. (1982). An adhesive study by electron tunnelling: Ethyl α -cyanoacrylate adsorbed on an oxidized aluminium surface. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 38(1), 103-111.
- Shank, G. C., Skrabal, S. A., Whitehead, R. F., & Kieber, R. J. (2004). Fluxes of strong Cu-complexing ligands from sediments of an organic-rich estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(2), 349-358.
- Yang, Z. H. A. O., Jingchun, W., & Fang, S. (2016). Evaluation of the Effect of Microbial Combination Flooding. *Advances in Petroleum Exploration and Development*, 11(2), 52-56.

Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Laundry

Lilis Hermida*, Joni Agustian, Bela Kurniasari

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia.

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

Abstrak

Limbah cair *laundry* seringkali dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu sehingga semakin lama dapat mencemari lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair *laundry* dengan menggunakan biokoagulan ekstrak biji kelor. Biokoagulan ekstrak biji kelor diperoleh dengan cara mengekstraksi biji kelor menggunakan larutan NaCl 1 M. Pengolahan limbah cair *laundry* dilakukan secara batch dengan cara mencampurkan berbagai dosis (20-160 ml/L) ekstrak biji kelor ke dalam 100 ml limbah cair *laundry*. Analisa pH, turbidity, COD dan fosfat pada limbah cair *laundry* dilakukan sebelum dan sesudah pengolahan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi dosis biokoagulan semakin rendah pH limbah cair *laundry*. Turbidity menurun dari 561 NTU hingga 56 NTU apabila dosis ditingkatkan dari 20 hingga 80 ml/L, tetapi apabila dosis ditingkatkan lagi angka turbidity menjadi naik. Semakin tinggi dosis koagulan semakin rendah angka COD. Kandungan fosfat menurun dari 1,724 mg/L ke 0,836 mg/L apabila dosis biokoagulan dinaikan dari 20 hingga 40 ml/L, tetapi kandungan fosfat meningkat apabila dosis biokoagulan ditingkatkan lebih lanjut.

Kata kunci: biokoagulan, limbah cair *laundry*, COD, fosfat, turbidity

1. Pendahuluan

Usaha *laundry* di perkotaan semakin menjamur baik skala kecil maupun skala besar sehingga mampu meningkatkan ekonomi masyarakat. Namun limbah cair *laundry* yang dihasilkan seringkali dialirkan secara langsung ke saluran air atau badan sungai tanpa diolah terlebih dahulu (Ardiyanto dkk., 2016). Hal ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah cair *laundry* mengandung fosfat, minyak, logam berat, dan zat-zat berbahaya dengan angka COD berkisar dari 186 mg/L hingga 2.418 mg/L (Ardiyanto dkk., 2016). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 nilai baku mutu limbah cair untuk angka COD adalah 180 mg/L. Dengan demikian angka COD dalam limbah cair *laundry* melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Tingginya angka COD

menandakan tingginya bahan organik dan anorganik dalam limbah cair *laundry* yang mengakibatkan rendahnya oksigen terlarut pada badan sungai sehingga ikan-ikan dan biota sungai lainnya mati karena kekurangan oksigen (Mulyaningsih, 2013).

Biji kelor jumlahnya sangat berlimpah di Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai biokoagulan. Kandungan dalam biji kelor bubuk yaitu air 8,943%, abu 3,441%, protein 47,031%, serat 6,8%, minyak 25,5%, dan karbohidrat 8,285% (Adesina et al., 2019). Al-Gheethi et al., (2017) membandingkan penggunaan koagulan FeSO_4 dan biokoagulan biji kelor dalam bentuk bubuk untuk pengolahan limbah cair *laundry*. Hasil penelitiannya didapatkan bahwa biokoagulan biji kelor mempunyai kemampuan menurunkan kekeruhan hingga mencapai

83,63%, dan menurunkan angka COD lebih baik dibandingkan dengan FeSO_4 .

Pada penelitian ini pengolahan limbah cair *laundry* menggunakan biokoagulan ekstrak biji kelor. Biokoagulan ekstrak biji kelor diperoleh dengan cara mengekstraksi biji kelor menggunakan larutan NaCl 1 M. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap pH, kekeruhan, angka COD dan kandungan fosfat, pada limbah cair *laundry*.

2. Metodologi

2.1. Preparasi biokoagulan Biji kelor

Preparasi biokoagulan biji kelor mengikuti percobaan Sya'banah et al., (2020) yaitu biji kelor yang sudah tua diambil bijinya, kemudian dipilih biji berwarna putih dan dihaluskan dengan mortar. Biji kelor yang telah menjadi bubuk kemudian disaring dengan ayakan 20 mesh kemudian disimpan dalam wadah yang tertutup rapat.

2.2. Analisis Kadar Air Biokoagulan Biji kelor

Untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada biji kelor, maka dilakukan analisis kadar air dengan menggunakan alat *moisture Analyzer*. Biji kelor serbuk sebanyak 2 gr dimasukkan kedalam alat tersebut, kemudian sampel akan dibiarkan hingga lampu yang menyala padam dan didapatkan persentase kadar air pada pembacaan alat.

2.3. Ekstraksi Biji kelor dengan Pelarut NaCl

Sebanyak 1 g serbuk biji kelor yang telah dioven selama 1 jam diekstraksi dengan 100 mL NaCl 1 M dengan cara diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit, kemudian dilakukan penyaringan. Hasil penyaringan, yaitu filtrat (ekstrak biji kelor), digunakan sebagai biokoagulan pada pengolahan limbah cair *laundry*.

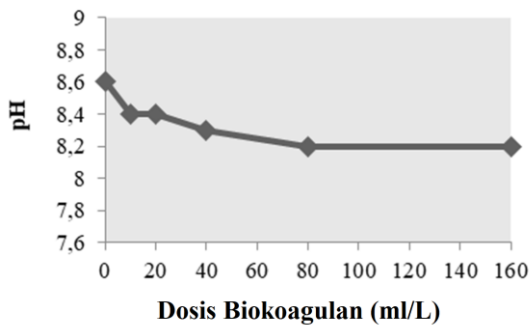
2.4 Pengolahan limbah cair *laundry* menggunakan biokoagulan ekstrak biji kelor

Parameter limbah cair *laundry* seperti pH, *Turbidity*, COD dan Fosfat dianalisa sebelum dilakukan pengolahan. Pengolahan limbah cair *laundry* dilakukan secara batch sebagai berikut: 100 ml limbah cair *laundry* ditambahkan ekstrak biji kelor dengan dosis yang bervariasi yaitu 10 ml/L, 20 ml/L, 40 ml/L, 80 ml/L dan 160 ml/L. Setelah itu pengadukan dilakukan dengan menggunakan *water bath shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit. kemudian dilanjutkan tahap pengadukan lambat dengan kecepatan 45 rpm selama 30 menit. Setelah itu dibiarkan mengendap selama 30 menit. Setelah itu dilakukan analisa pH, COD, *Turbidity* dan fosfat.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pengaruh dosis biokoagulan ekstrak biji kelor terhadap pH

Pengaruh dosis biokoagulan ekstrak biji kelor terhadap pH limbah cair *laundry* dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa pH limbah mengalami penurunan cepat dari 8,6 menjadi 8,4 dengan penambahan dosis biokoagulan 10 dan 20 mL/L. Kemudian penurunan pH mulai melambat pada penambahan dosis biokoagulan dari 40 hingga 160 mL/L dan pH 8,2 merupakan pH terendah. Menurut Aras et al., (2021) menjelaskan bahwa penurunan pH ini disebabkan oleh ion hidroksida pada air limbah bereaksi dengan gugus karboksil asam amino protein pada biji kelor yang kemudian melepaskan ion H^+ dalam suasana asam lemah.



Gambar 2. Pengaruh penambahan biokoagulan terhadap pH limbah cair *laundry*

Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa menggunakan biji kelor sebagai koagulan tidak mempengaruhi pH air yang diolah secara signifikan (Shan et al, 2017; Nhut et al., 2021) dan hal tersebut terbukti pada penelitian ini. Telah diketahui bahwa pH isoelektrik dari biji kelor ini berada antara 10-11, sehingga pada keadaan di bawah PI, maka permukaan biokoagulan akan bermuatan positif karena atom nitrogen dari protein dimer akan menerima proton dari air limbah (Nonfodji et al., 2020). Nilai pH yang diberikan oleh limbah akan mempengaruhi muatan dan struktur koagulan polimer karena gugus fungsinya menerima proton atau terdisosiasi (Nhut et al., 2021). Hasil perlakuan menunjukkan bahwa nilai pH limbah aman untuk dibuang ke lingkungan sesuai PP No.22 tahun 2021, karena baku mutu pH untuk limbah cair *laundry* adalah (6 – 9)

3.2 Pengaruh Dosis Biokoagulan Ekstrak Biji Kelor Terhadap *Turbidity*

Liimbah cair *laundry* sebelum diolah adalah sebesar 561 NTU (>100 NTU) tergolong limbah cair dengan tingkat kekeruhan yang tinggi (Dayarathne et al., 2021). Tingginya kekeruhan menandakan banyaknya bakteri dan virus yang terkandung dalam limbah cair tersebut yang dapat menimbulkan masalah kesehatan. Terlihat bahwa dengan menggunakan biokoagulan ekstrak biji menghasilkan persentase penyisihan *turbidity*

hingga 76,65% pada dosis 10 ml/L, 73,97% pada dosis 20 ml/L, 78,07% pada dosis 40 ml/L, dan menghasilkan penurunan tertinggi pada dosis 80 ml/L dengan persentase penyisihan yaitu 90,01% namun penyisihan turun menjadi 87,87% pada dosis biokoagulan 160 ml/L.

Tabel 1. Pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap *Turbidity*

Dosis (ml/L)	<i>Turbidity</i> (NTU)	% Penurunan
0	561	-
10	131	76,65
20	146	73,97
40	123	78,07
80	56	90,01
160	68	87,87

Biji kelor yang diekstrak dapat menurunkan nilai kekeruhan air dikarenakan adanya aktif agen yakni protein kationik (Andarde et al., 2020). Hasil analisis asam amino dan *sequencing*-nya menunjukkan total 60 residu dan peptida yang telah dilaporkan ke database protein dan diberi nama MO2.1 (SwissProt ID: P24303) (Nhut, et al, 2021; Saleh et al, 2020). Dijelaskan juga bahwa bahan aktif ini mengandung muatan positif yang mengandung 7 arginin, 1 histidin dan 14 residu glutamin yang bertanggung jawab untuk proses koagulasi (Saleh et al, 2020). Adapun mekanisme penghilangan kekeruhan ini adalah dengan cara mengadsorpsi dan netralisasi muatan partikel koloid (Nhut et al., 2021). Ion *zwitterion* positif yang dihasilkan biji kelor akan menghasilkan ikatan hidrogen dengan partikel tersuspensi di dalam air dan menstabilkan muatan koloid sehingga terjadi destabilisasi muatan yang akhirnya membentuk flok dan mengendap (Kusumawati et al., 2020). Dengan meningkatnya dosis koagulan ini maka penghilangan kekeruhan akan semakin baik dikarenakan semakin

banyak ion positif yang terbentuk untuk menetralkan koloid (Desta et al, 2021).

Tabel 1 juga menunjukkan pada dosis optimum biokoagulan ekstrak biji kelor yaitu 80 mL/L *turbidity* limbah cair laundry mencapai 56 NTU. Apabila dosis biokoagulan dinaikan hingga 160 mL/L, nilai kekeruhan meningkat menjadi 68 NTU. Hal ini disebabkan kelebihan dosis yang ditambahkan pada air yang diolah tidak dapat mengikat koloid dikarenakan koloid tersebut sudah berikatan dengan dosis yang optimum (Saleh et al, 2020). Ketika jumlah kation (ekstrak biji kelor) yang ditambahkan ke dalam air yang diolah berlebih dari jumlah anion (zat pengotor) pada air, maka kation tersebut dapat menyebabkan air menjadi keruh karena tidak adanya partikel bermuatan negatif untuk berinteraksi (Desta et al., 2021).

Penggunaan konsentrasi NaCl 1 M untuk mengekstraksi protein yang terkandung pada biji kelor didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Bouchareb et al., (2021) yang menyatakan bahwa konsentrasi 1 M merupakan kondisi optimum NaCl sebagai pelarut. Dengan meningkatkan kelarutan protein biji kelor, maka dosis koagulan yang diperlukan untuk mencapai titik optimum lebih sedikit. Tunggolou et al., (2017) melaporkan bahwa menggunakan biji kelor sebagai biokoagulan koagulan dapat menghasilkan penyisihan *turbidity* yang sangat baik pada air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi. Namun dengan menggunakan ekstrak biji kelor ini juga dapat bekerja dengan baik pada air dengan tingkat kekeruhan yang rendah (Nhut et al., 2021). Sehingga kelor dapat dijadikan alternatif untuk menggantikan koagulan kimia seperti tawas untuk penghilangan kekeruhan pada badan air.

3.3 Pengaruh Dosis Biokoagulan Ekstrak Biji Kelor Terhadap COD

Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi pada air limbah mengindikasikan bahwa pada air tersebut mempunyai beban pencemaran lingkungan yang tinggi apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu (Rosmawanie et al., 2018). COD ini perlu dilakukan pengukuran pada air limbah untuk mengetahui kandungan oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik pada air (Marobhe et al, 2021). Pada air limbah *laundr*, angka COD yang tinggi dikarenakan adanya senyawa pada detergen yang menyebabkan peningkatan tingkat reaksi kimia antar bahan organik (Al-Gheeti et al., 2015).

Seperti yang terlihat pada Tabel 2, secara umum semakin tinggi dosis biokoagulan semakin rendah angka COD. Angka COD terendah yaitu 1300 dengan persentase penyisihan sebesar 53,98% dicapai pada dosis biokoagulan tertinggi 160 mL/L. Namun angka COD tersebut belum memenuhi baku mutu limbah. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut agar diperoleh angka COD yang memenuhi baku mutu

Tabel 2. Pengaruh doosis biokoagulan terhadap angka COD

Dosis (mL/L)	COD (mg/L)	% Penyisihan
0	2825	-
10	1625	42,47
20	1550	45,13
40	1525	46,01
80	1425	49,55
160	1300	53,98

Mekanisme yang terjadi pada penggunaan biokoagulan ekstrak biji kelor untuk menghilangkan polutan yang terkandung di dalam air adalah dengan adsorpsi dan netralisasi muatan (Nonfodji et al., 2020). Menurut Nhut et al., (2021) kemampuan ekstrak biji kelor untuk menghilangkan bahan organik adalah karena berat

molekul rantai panjang biokoagulan yang mengakibatkan adsorpsi bahan organik. Bongiovani et al, (2014) menjelaskan bahwa mekanisme penghilangan bahan organik pada air yang diolah dengan menggunakan natural koagulan terjadi melalui destabilisasi koloid dan adsorpsi.

3.2 Pengaruh Dosis biokoagulan Ekstrak Biji Kelor Terhadap Fosfat

Hasil penyisihan fosfat pada limbah laundry dengan menggunakan koagulan ekstrak biji kelor terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Penambahan dosis koagulan ekstrak terhadap Fosfat limbah cair laundry

Dosis (mL/L)	Fosfat (mg/L)	% Penyisihan
0	1,724	-
10	0,463	73,12
20	0,494	71,32
40	0,497	71,13
80	0,836	51,49
160	1,324	23,19

Terlihat bahwa dosis optimum untuk mencapai persentase penyisihan tertinggi adalah 10 mL/L. Konsentrasi fosfat menurun dari konsentrasi fosfat mula-mula 1,724 mg/L menjadi 0,463 mg/L. Pada penelitian ini terlihat bahwa pada dosis koagulan 10 mL/L hingga 80 mL/L masih menghasilkan persentase penyisihan fosfat yang sangat baik yaitu sekitar 71% dan 51%. Interaksi yang terjadi dengan menggunakan biokoagulan ekstrak biji kelor ini adalah polielektrolit kationik (NH_3^+) dari protein dan fosfat (H_2PO_4^-) akan saling menetralkan sehingga akan membentuk flok dan kemudian mengendap. Aboagye et al., (2021) menjelaskan bahwa biji kelor mempunyai kemampuan yang baik untuk menghilangkan kandungan anion pada air. Adanya situs aktif pada biji kelor juga dijelaskan menjadi tempat penyerapan fosfat.

4. Kesimpulan

Penelitian pengolahan limbah cair laundry dilakukan dengan cara menambahkan ekstrak biji kelor dengan berbagai variasi dosis (20-160 mL/L) ke dalam 100 ml limbah cair laundry. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi dosis

biokoagulan semakin rendah pH limbah cair laundry. Pada dosis 160 mL/L diperoleh pH terendah yaitu 8,2. Angka turbidity terendah yaitu 56 NTU diperoleh pada dosis koagulan 80 mL/L. Semakin tinggi dosis biokoagulan semakin rendah angka COD. Angka COD terendah yang dapat dicapai adalah 1300. Kandungan fosfat terendah yaitu 0,836 mg/L dapat dicapai pada dosis biokoagulan 40 mL/L

Daftar pustaka

- Aboagye, G., Navele, M., & Essuman, E. (2021) Protocols for assessing antibacterial and water coagulation potential of Moringa oleifera seed powder, *MethodsX*, 8, 101283
- Adesina, O.A., Abdulkareem, F., Yusuff, A.S., Lala, M., Okewale, A. (2019) Response surface methodology approach to optimization of process parameter for coagulation process of surface water using Moringa oleifera seed, *South African Journal of Chemical Engineering*, 28, 46–51
- Al-Gheethi, A. A., Mohamed, R. M. S. R., Rahman, M. A. A., Johari, M. R., & Kassim, A. H. M. (2015) Treatment of Wastewater from Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1).
- Al-Gheethi, A.A., Mohamed, R.M.S.R., Wurochekke, A.A., Nurulainee, N.R., Rahayu J.M., Hashim M.K.A. (2017) Efficiency of Moringa oleifera Seeds for Treatment of Laundry Wastewater. *MATEC Web of Conferences* 103, 06001, ISCEE
- Andrade, P.V., Palanca, C. F., de Oliveira, M. A. C., Ito, C. Y. K., & dos Reis, A. G. (2021) Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation. *Journal of Water Process Engineering*, 40, 1-11.
- Aras, N.R.M., Asriani. (2021) The Effectiveness of Moringa oleifera L. Seeds as A Biocoagulant in Reducing Liquid Waste of The Soft Drink Industry, *Journal Saismat*, 10, 42-52.

- Ardiyanto, P., Yuantari, M.G.C.(2016) Analisis limbah laundry informal dengan tingkat pencemaran lingkungan di kelurahan Muktiharjo Kidul kecamatan Pedurungan Semarang, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 1-12
- Bongiovani, M.C., Camacho, F.P., Nishi, L., Coldebella, P.F., Valverde, K.C., Vieira, A.M., Bergamasco, R. (2014) Improvement of the coagulation/flocculation process using a combination of Moringa oleifera Lam with anionic polymer in water treatment. *Environmental Technology*. Vol. 35, No. 17, 2227–2236
- Bouchareb, R., Derbal, K., Benalia, A. (2021) Optimization of active coagulant agent extraction method from Moringa Oleifera seeds for municipal wastewater treatment, *Water Science and Technology*, 84(2), 393–403.
- Dayarathne, H.N.P., Angove, M.J., Aryal, R., Abuel-Naga., H., Mainal., M. (2021) Removal of natural organic matter from source water: Review on coagulants, dual coagulation, alternative coagulants, and mechanisms, *Journal of Water Process Engineering*, 40, 101820
- Desta, W. M., Bote, M. E. (2021) Wastewater treatment using a natural coagulant (Moringa oleifera seeds): optimization through response surface methodology, *Heliyon*, 7, 1-11.
- Kusumawati, E., Keryanti, Widyanti, E.M., Waluya, F., Risnawati.(2020) Production of Powdered Bio-coagulant from Moringa oleifera Seeds Using Vacuum Drying Method. *Advances in Engineering Research*, 198, 365-370
- Marobhe, N.J., Fredrick, S., & Shadrack, M. S. (2021) Potential of Moringa oleifera seeds and fuel wood ash as adsorbent of dye and organic matter in wastewater from batik producing enterprises. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 13(2), 97–107.
- Mulyaningsih, D. (2013) Pengaruh Efektiv Mikroorganisme MS-4 (EM-4) terhadap penurunan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Nhut, H.T., Hung, N. T. Q., Lap, B. Q., Han, L. T. N., Tri, T. Q., Bang, N. H. K., Hiep, N. T., & Ky, N. M. (2021) Use of Moringa oleifera seeds powder as bio-coagulants for the surface water treatment, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(8), 2173–2180.
- Nonfodji, O.M., Fatombi, J.F., Ahoyo, T.A., Osseni, S.A., Aminou, T. (2020) Performance of Moringa oleifera seeds protein and Moringa oleifera seeds protein-polyaluminum chloride composite coagulant in removing organic matter and antibiotic resistant bacteria from hospital wastewater, *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101-103.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Rosmawanie, M., Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Pahazri, F., Amir-Hashim, M. K., Nur-Shaylinda, M. Z. (2018). Sequestering of pollutants from public market wastewater using Moringa oleifera and Cicer arietinum flocculants, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2417–2428.
- Saleh,S.S., El-Shayeb, N.S.A., Ibrahim, A. H.(2020) Change of Surface Charge of Moringa olifera Seeds Powder and their Effects on Protein Binding Lead (II). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 10, 250-262.
- Shan, T. C., Matar, M. al, Makky, E. A., Ali, E. N. (2017) The use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal, *Applied Water Science*, 7(3), 1369–1376.
- Sya'banah, N., Yulianti, E., Istighfarini,V.N., Lutfia, F.N.L.(2020) Characterization and Effectiveness of Moringa Oleifera Seeds Extract as a Phosphate Coagulant, *Jurnal Neutrino:Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(2),57-54

Tunggolou, J., Payus, C. (2017) Application of Moringa oleifera plant as water purifier for drinking water purposes, *Journal of Environmental Science and Technology*, 10, 268–275.