

EFEKTIVITAS BIOKOAGULAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH DALAM MENURUNKAN KADAR Fe DAN Mn DARI AIR TAMBANG BATU BARA

Marlinda^{1,*}, Yuli Patmawati², Windha Listiani³, Dhea Permatasari Putri^{4**}, M. Aji Pangestu

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

⁵ Jurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Samarinda

ABSTRACT

Star fruit leaves contain secondary metabolite compounds including tannin compounds, besides star fruit leaves also contain sulfur, formic acid, tannins, flavonoids and others. Tannin compounds are able to form complexly with metals. This study aims to determine the effect of adding coagulants of star fruit leaf extract and slow stirring time to reduce the concentration of Fe and Mn metals in coal mine water. The crude extract was obtained by maceration extraction using 100 grams of star fruit leaf powder, 50% methanol solvent as much as 1 L, maceration time for 72 hours. The coal mine water treatment process used the jar test method which was carried out by varying the volume of tannin coagulants as much as (1;1.5;2;2.5 mL) and the stirring time for (15,25,35 and 45 minutes). Qualitative analysis, star fruit leaf extract was positively containing tannins because it formed a blue-black complex compound after the addition of FeCl₃ and the analysis of metal Fe and Mn was carried out with AAS instruments. The results showed that the best condition of the decline in Fe metal was 1.2781 ppm with a percentage of 86.3% at the addition of star fruit leaf extract of 1.5 mL with a slow stirring time of 25 minutes, while for Mn metal it was 1.2903 ppm with a percentage of 76.8% in addition star fruit leaf extract to 2.5 mL with a slow stirring time of 45 minutes.

Keywords: coagulant, Fe, Mn, star fruit leaf extract, tannins

ABSTRAK

Daun belimbing wuluh mengandung senyawa metabolit sekunder selain itu daun belimbing wuluh juga mengandung sulfur, asam format, tanin, flavonoid dan lainnya. Senyawa tanin mampu membentuk secara kompleks dengan logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan koagulan ekstrak daun belimbing wuluh dan waktu pengadukan lambat guna menurunkan konsentrasi logam Fe dan Mn pada air tambang batubara. Ekstrak kasar diperoleh dengan ekstraksi maserasi menggunakan 100 gram serbuk daun belimbing wuluh, pelarut metanol 50% sebanyak 1 L, waktu maserasi selama 72 jam. Proses pengolahan air tambang batubara menggunakan metode *jar test* yang dilakukan dengan memvariasikan volume ekstrak daun belimbing wuluh sebanyak (1;1,5;2;2,5 mL) dan waktu pengadukan selama (15,25,35 dan 45 menit). Analisa kualitatif, ekstrak daun belimbing wuluh positif mengandung tanin karena membentuk senyawa kompleks berwarna biru kehitaman setelah penambahan FeCl₃ untuk analisa logam Fe dan Mn dengan instrument AAS. Hasil penelitian menunjukkan penurunan terbaik logam Fe adalah 1,2781 ppm dengan persentase penurunan 86,3% pada penambahan ekstrak daun belimbing wuluh 1,5 mL dengan waktu pengadukan lambat 25 menit, sedangkan untuk logam Mn 1,2903 ppm dengan persentase penurunan 76,8% pada penambahan ekstrak daun belimbing wuluh 2,5 mL dengan waktu pengadukan lambat 45 menit.

Kata Kunci: ekstrak daun belimbing wuluh, Fe, koagulan, Mn, tannin

1. PENDAHULUAN

Tanin merupakan senyawa yang terdapat secara luas dalam dunia tumbuh-tumbuhan, antara lain pada bagian kulit kayu, daun, batang dan buah-buahan. Tanin merupakan senyawa polifenol atau fenolik kompleks dengan berat molekul antara 500-3000 Da dan larut di dalam air. Aplikasi tanin di industri di antaranya adalah pada pembuatan tinta, antioksidan, aditif makanan, obat-obatan dan inhibitor korosi. Tanin membentuk warna kehitaman dengan beberapa ion logam misalnya ion besi, kalsium, tembaga dan magnesium. Senyawa tanin terdiri dari katekin, luekoantioasin dan asam galat, asam kafeat dan klorogenat serta ester dari asam-asam tersebut yaitu 3-galloilepikatekin, fenilkafeat dan sebagainya. Tanin dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *hydrolyzable tanin* (tanin yang dapat dihidrolisis) dan *condensed tanins* (tanin yang terkondensasi) [1]. Adapun beberapa jenis tumbuhan yang memiliki kandungan tanin yaitu, daun teh, daun jambu biji, tumbuhan bakau, tumbuhan pinang dan daun belimbing wuluh.

* Marlinda, email marlinda@polnes.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

Pada penelitian Kristianto, A.dkk (2014) telah menggunakan ekstrak kasar tanin dari daun belimbing wuluh untuk mengetahui pengaruh pH dan konsentrasi optimum koagulan FeCl₃ dan FeSO₄ dalam proses pengolahan air. Penambahan ekstrak kasar tanin berpengaruh pada parameter kualitas air, pada kondisi optimum koagulan FeCl₃ dengan kombinasi tanin dapat menurunkan kekeruhan sebesar 72,43%, menurunkan pH sebesar 47,24%, menurunkan padatan terlarut sebesar 86,13% dan menurunkan konduktivitas sebesar 5,44%. Sementara untuk koagulan FeSO₄ dengan kombinasi tanin pada kondisi optimum dapat menurunkan kekeruhan sebesar 6,98%, menurunkan pH sebesar 25,20%, sedangkan untuk padatan terlarut tidak dapat didefinisikan dan dapat menurunkan konduktivitas sebesar -5,81%. Sedangkan Bugis dkk (2019)[2] juga telah menggunakan ekstrak tanin sebagai koagulan alami dari kulit jeruk bali untuk menyerap logam berat yaitu logam Cr dan logam Cd yang terdapat pada limbah cair. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian koagulan pada limbah cair tersebut konsentrasi penurunan yang paling optimal pada kadar logam Cr dengan konsentrasi 0,5% sedangkan pada logam Cd dengan konsentrasi 1,5% dengan pemberian serbuk kulit jeruk bali.

Daun belimbing wuluh mengandung senyawa metabolit sekunder diantaranya senyawa tanin, selain itu daun belimbing wuluh juga mengandung sulfur, asam format. Senyawa-senyawa kimia tersebut diantaranya adalah tanin, flavonoid, glukosida, asam format, asam sitrat dan beberapa mineral (terutama Kalsium dan Kalium) [3]. Senyawa tanin dalam daun belimbing wuluh adalah sebesar 10,92%. Belimbing wuluh merupakan salah satu tanaman asli Indonesia memiliki keunggulan sebagai koagulan organik. Keunggulan koagulan ekstrak daun belimbing wuluh dalam proses koagulasi-flokulasi disebabkan oleh adanya zat aktif dan kandungan konsentrasi asam yang tinggi. Muatan positif yang terdapat pada daun belimbing wuluh yaitu tanin akan berikatan dengan muatan negatif pada air tambang batubara seperti asam humus yang terdiri dari asam humat, asam fulvat dan humin sehingga partikel-partikel pengotor dalam air bergabung membentuk flok dan mengendap secara gravitasi tannin dapat menjembatani pembentukan koloid yang dikoagulasi [3]. Senyawa tanin dapat mampu membentuk kompleks dengan logam. Tanin dapat menyerap logam-logam berat seperti Cr, Cd, Fe, Pb, Mn dan lainnya.

Daerah Kalimantan merupakan daerah penghasil batubara terbesar di Indonesia. Salah satunya yaitu daerah Kalimantan Timur yang memiliki sumber daya batubara sebanyak 88,31 ton. Menurut Putra & Handayani (2017)[4] nilai pH pada air penambangan batubara merupakan parameter yang penting untuk menentukan suatu limbah cair dapat dikatakan air asam tambang atau tidak, di dalam air tambang batubara tersebut mengandung logam-logam berat dalam air tambang batubara yaitu Fe, Mn, Cu, Pb, Al dan As.

Metode untuk mengatasi logam berat pada limbah cair yang telah banyak dilakukan yaitu salah satunya dengan proses kimia yaitu koagulasi. Untuk mengatasi keterbatasan koagulan sintetis, maka mulai berkembang koagulan alami yang bersifat *renewable* dan ramah lingkungan. Koagulasi merupakan suatu proses dengan penambahan koagulan ke dalam air dengan pengadukan cepat. Prinsip dari proses koagulasi yaitu adanya partikel padatan yang bermuatan negatif didalam air baku, yang cenderung saling tolak-menolak sehingga tetap stabil dalam bentuk tersuspensi di dalam air. Flokulasi merupakan proses kelanjutan dari proses koagulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi mulai menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok yang lebih besar yang dapat diendapkan dan proses ini dibantu dengan pengadukan lambat.

Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan menggunakan ekstrak daun belimbing wuluh dengan pemanfaatan tanin yang terkandung untuk menurunkan logam berat Fe dan Mn dari air tambang batubara. Untuk menguji kemampuan ekstrak sebagai koagulan, maka ekstrak akan digunakan sebagai koagulan alami untuk mengikat logam berat Fe dan Mn dalam air tambang batubara. Pada penelitian ini digunakan proses utama yaitu koagulasi dengan variasi volume koagulan ekstrak daun belimbing wuluh dan waktu pengadukan lambat.

2. METODE PENELITIAN

Proses utama yang dilakukan adalah koagulasi-flokulasi pada air tambang batubara dari salah satu perusahaan tambang batubara yang ada di Samarinda dengan menggunakan volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh dengan memanfaatkan kandungan senyawa tanin pada daun belimbing wuluh yang terdapat pada hasil ekstraksi maserasi daun belimbing wuluh yang diambil di Kecamatan Sambutan, Kelurahan Pulau Atas, Kalimantan Timur.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu tahapan pertama adalah preparasi belimbing wuluh dengan cara daun belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi L.*) dicuci dengan air bersih kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 30-37°C selama 5 jam. Daun belimbing wuluh dipotong kecil-kecil dan kemudian diblender sampai diperoleh serbuk. Tahapan yang kedua adalah proses ekstraksi dengan cara serbuk

daun belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi L.*) ditimbang sebanyak 100 gram di ekstraksi dengan menggunakan pelarut metanol 50% 1 L selama 72 jam dengan metode maserasi. Kemudian disaring dan diambil filtratnya, hasil filtrat kemudian di fraksinasi dengan n-heksana 1 L menggunakan corong pisah 1 L. Selanjutnya fraksi ekstrak kasar yang di dapat di evaporasi menggunakan *rotary vaccum evaporator* pada suhu 50 °C. Hasil tanin dalam hasil ekstraksi daun belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi L.*) dianalisa secara kualitatif menggunakan pereaksi Gibbs (FeCl_3). Tahapan ketiga proses koagulasi dan flokulasi limbah cair batu bara dengan cara mengambil limbah batu bara sebanyak 500 ml dimasukkan kedalam gelas kimia dan ditambahkan biokoagulan ekstrak belimbing wuluh sebanyak 1, 1,5, 2, dan 2,5 ml dan dilakukan koagulasi dengan pengadukan cepat 200 rpm dari setiap sampel selama 2 menit dan dilanjutkan dengan proses flokulasi dengan pengadukan lambat 50 rpm dengan variasi waktu 15, 25, 35 dan 45 menit. Hasil limbah di pisahkan dari endapan dengan cara pemisahan secara perlahan-lahan atau memipet secara perlahan-lahan pada bagian atas sampai bagian yang mendekati endapan.

Analisa kualitatif terhadap tanin yang terdapat pada ekstrak daun belimbing wuluh dengan cara sampel ekstraksi daun belimbing wuluh hasil evaporasi dimasukkan sebanyak 2 mL ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan beberapa tetes pereaksi Gibbs (FeCl_3) ke dalam tabung reaksi. Tabung reaksi dihomogenkan, uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru kehitaman. Ditambahkan beberapa tetes H_2SO_4 encer ke dalam tabung reaksi, kemudian terbentuk endapan, hal ini menunjukkan adanya tannin. Analisa Kadar Fe dan Mn menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

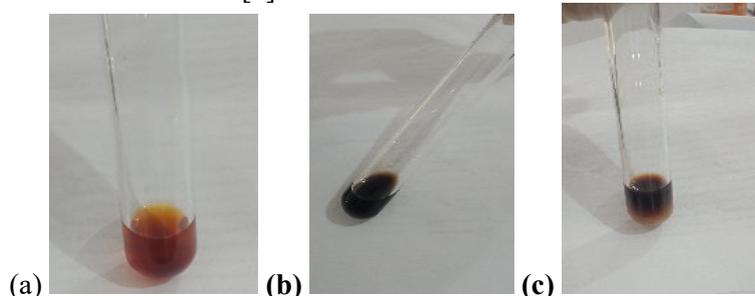
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair batubara merupakan limbah cair yang dihasilkan dari industri penambangan dan pengolahan batubara, limbah jenis ini dapat berasal dari proses penambangan batubara, penimbunan batubara di stockpile, maupun dari proses pencucian batubara [6]. Hasil analisa awal limbah tambang batu bara yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Analisa Awal limbah tambang batu bara

No	Jenis Analisa	Hasil Analisa Awal	Standar Baku Mutu Air Limbah Batubara
1	Kadar Logam Fe (mg/L)	10,3628	7
2	Kadar Logam Mn (mg/L)	6,5834	4
3	Nilai pH	4,5	6-9

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut methanol 50% dan dimaserasi selama 72 jam.. Analisa kualitatif tanin dalam ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi L.*) dapat dilakukan dengan uji positif menggunakan FeCl_3 5% [1]. Tanin merupakan senyawa fenolik yang akan membentuk senyawa kompleks dengan Fe^{3+} sehingga membentuk kompleks berwarna biru kehitaman. Hasil pengujian ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi L.*) dengan FeCl_3 ekstrak boleh menjadi warna biru kehitaman. Kemudian ketika dilakukan penambahan H_2SO_4 4 N, senyawa kompleks yang terbentuk menjadi tidak stabil dan membentuk endapan berwarna coklat [9]

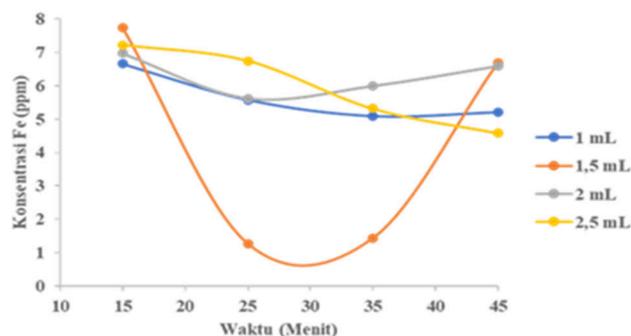


Gambar 1 (a) Ekstrak daun belimbing wuluh
(b) Ekstrak ditambahkan FeCl_3
(c) Ekstrak ditambahkan $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ 4 N

Air tambang batubara yang digunakan pada penelitian ini berasal dari air asam tambang yang berasal dari galian tambang atau lubang tambang [8]. Hasil analisa awal bahan baku limbah cair batubara didapat data

seperti pada Tabel 1. Kadar logam Fe dan Mn pada limbah cair batubara melebihi baku mutu limbah yang diperbolehkan, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah cair batubara tersebut dengan metode *jar test*

Penurunan logam dapat terjadi karena proses koagulasi, dimana terjadi destabilisasi partikel sebagai akhir dari pengadukan cepat. Proses ini dapat diamati ketika ekstrak ditambahkan ke dalam sampel air tambang batubara, terjadi perubahan warna pada sampel yaitu menjadi warna coklat. Penurunan logam dan perubahan air tambang batu bara dapat dilihat pada gambar berikut:

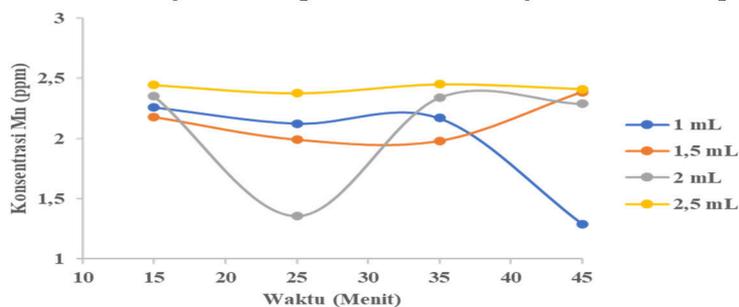


Gambar 2. Grafik hubungan Konsentrasi Fe dengan Waktu Pengadukan pada volume ekstrak daun belimbing wuluh

Dapat dilihat pada Gambar 2, variasi pengaruh waktu terhadap konsentrasi Fe dalam volume ekstrak daun belimbing wuluh, terlihat nilai konsentrasi Fe mengalami kenaikan dan penurunan setelah proses koagulasi dalam penambahan volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh 1, 1,5, 2 dan 2,5 mL. Konsentrasi yang dihasilkan cukup maksimal menurunkan konsentrasi awal Fe yaitu 9,362 ppm. Hasil analisa yang telah dilakukan dalam variasi waktu pengadukan lambat 15, 25, 35 dan 45 menit. Kondisi terbaik di dapat dalam variasi waktu pengadukan lambat 45 menit dengan penambahan volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh 2,5 mL menunjukkan nilai konsentrasi Fe 1,2781 ppm dengan nilai persen penurunan sebesar 87%. Pada saat waktu pengadukan tersebut dalam proses koagulasi-flokulasi tercapai waktu terbaik karena semakin besar peluang terjadinya kontak antara kontaminan dengan koagulan yang sebelumnya bergabung, saat itulah pencapaian waktu koagulasi-flokulasi terbaik dan volume koagulan dapat mengikat ion-ion logam Fe secara maksimal [7].

Penurunan nilai konsentrasi Fe setelah diberikan perlakuan cukup maksimal, namun adanya kenaikan penurunan dan kenaikan lagi pada saat proses koagulasi-flokulasi disebabkan oleh berbagai hal penambahan waktu dalam proses koagulasi-flokulasi tidak lagi memperbesar penyisihan karena penambahan waktu flokulasi akan menurunkan efektifitas biokoagulan ekstrak daun belimbing wuluh. Biokuagulan alami sangat berkaitan erat dengan kadar dan komposisi senyawa organik yang terkandung dalam bahan koagulan tersebut. Sutherland *et al.* (1990) [6] melaporkan bahwa efektifitas koagulasi oleh bahan koagulan ditentukan oleh kandungan protein kationik bertegangan rapat dengan berat molekul sekitar 6,5 kdalton.

Logam berat yang diuji selain dari Fe adalah logam Mn yang terdapat di air tambang batu bara. Efektifitas biokuagulan daun belimbing wuluh dapat menurunkan logam Mn terlihat pada gambar 4



Gambar 3. Grafik Pengaruh variasi waktu terhadap konsentrasi Mn dalam volume ekstrak daun belimbing wuluh

Pada Gambar 3 variasi pengaruh waktu terhadap konsentrasi Mn dalam volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh. Gambar tersebut menunjukkan adanya kenaikan dan penurunan yang cukup maksimal dimana konsentrasi awal Mn 5,5834 ppm dalam variasi waktu pengadukan lambat 15, 25, 35 dan 45 menit dengan penambahan volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh 1, 1,5, 2 dan 2,5 mL. Hasil analisa menunjukkan bahwa adanya kondisi terbaik yang di dapat dalam variasi waktu pengadukan lambat 45 menit dengan penambahan volume 1 mL menunjukkan penurunan konsentrasi Mn 1,2903 ppm dengan hasil nilai penurunan sebesar 76,8%. Waktu pengadukan tersebut dalam proses koagulasi-flokulasi mempengaruhi dalam proses koagulasi-flokulasi namun tercapai waktu terbaik karena semakin besar peluang terjadinya kontak antara kontaminan dengan koagulan yang sebelumnya bergabung, saat itulah pencapaian waktu koagulasi-flokulasi terbaik dan volume koagulan dapat mengikat ion-ion logam Mn secara maksimal.

Adanya penurunan dan kenaikan setelah proses koagulasi-flokulasi terjadi karena terdapat kesalahan dalam prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini, dimana perlakuan penyaringan pada ekstrak kasar daun belimbing wuluh tersebut seharusnya tidak dilakukan karena senyawa tanin yang terkandung dalam ekstrak daun belimbing wuluh dapat ikut bercampur dengan endapan dari ekstrak kasar daun belimbing wuluh dan mengakibatkan koagulan dari ekstrak kasar tersebut tidak dapat bekerja secara efisien [10].

Dalam proses pengadukan dengan menggunakan metode *jar test* terdapat variasi yang melebihi standar dari pengadukan cepat yaitu kecepatan 200 rpm dimana standar umum pengadukan cepat dari 100-120 rpm oleh karena itu dalam proses koagulasi-flokulasi dengan pengadukan cepat 200 rpm tidak terbentuk flok yang maksimal dikarenakan variasi kecepatan pengadukan melewati standar umum. Kemudian pada variasi waktu pengadukan lambat terdapat variasi dibawah dari standar umum 30-60 menit hal ini menyebabkan belum terbentuknya proses koagulasi-flokulasi pada waktu pengadukan lambat 15 dan 25 menit dan tidak terbentuknya flok pada sampel tersebut.

Efektivitas dari Fe dan Mn yang dapat dibuat mengendap dengan cara memperbesar diameter partikel dari Fe dan Mn dengan terbentuknya flok dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Analisa Logam Fe Pada Air Tambang Batubara

No.	Volume Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (mL)	Waktu (Menit)	Hasil Analisa Fe (ppm)	Persentase Penurunan Fe (%)	Hasil Analisa Mn (ppm)	Persentase Penurunan Mn (%)
1	1	15	6,6584	35,7471	2,2602	65,6682
		25	5,5732	46,2192	2,1255	67,7143
		35	5,0816	50,9631	2,1693	67,0489
		45	5,1969	49,8504	1,2903	80,4007
2	1,5	15	7,7449	25,2625	2,1787	66,9062
		25	1,2781	87,6665	1,9916	69,7482
		35	1,4302	86,1987	1,9815	69,9016
		45	6,6734	35,6023	2,3853	63,7680
3	2	15	6,9612	32,8251	2,3525	64,2662
		25	5,6114	45,8505	1,3554	79,4119
		35	5,9828	42,2666	2,3394	64,4652
		45	6,5827	36,4776	2,2881	65,2444
4	2,5	15	7,2165	30,3615	2,4436	62,8824
		25	6,7432	34,9288	2,3752	63,9214
		35	5,3163	48,6982	2,4502	62,7821
		45	4,584	55,7649	2,411	63,3776

Terlihat dari Tabel 3 efektifitas dari biokoagulan untuk menurunkan kadar Fe dari air tambang batu bara dengan variasi volume koagulan dan waktu pengadukan lambat terlihat yang menurunkan kadar Fe yang sangat tinggi sebesar 86% terdapat pada volume ekstrak daun belimbing wuluh sebanyak 15 ml dan waktu pengadukan lambat 25 menit menghasilkan penurunan kadar Fe sebesar 87,6665 %. Efektivitas biokoagulan ekstrak daun belimbing wuluh bekerja maksimal untuk memperbesar diameter partikel Fe dan Mn pada volume ekstrak sebesar 1,5 ml dan waktu pengadukan lambat sebesar 25 menit. Semakin banyak volume biokoagulan akan membuat flok akan rapuh dan akan pecah kembali apabila waktu pengadukan semakin lama.

4. KESIMPULAN

Pengaruh penambahan volume ekstrak daun belimbing wuluh dan waktu pengadukan lambat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar Fe dan Mn dari air tambang batu bara. Volume ekstrak kasar daun belimbing wuluh paling efektif untuk menurunkan logam Fe adalah 2,5 mL dengan penurunan Fe mencapai 1,2781 ppm dan persentase penurunan 87,6665%, sedangkan untuk logam Mn adalah 1 mL dengan penurunan Mn mencapai 1,2903 ppm dan persentase penurunan 80,4007%. Sedangkan pengaruh waktu pengadukan lambat pada proses flokulasi didapat waktu terbaik untuk logam Fe dan Mn adalah 25 menit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Manajemen Politeknik Negeri Samarinda dan Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah banyak membantu dan memfasilitasi pada penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristianto, Aries., Winata, I Nyoman Adi dan Haryati, Tanti. (2014) 'Pengaruh Ekstrak Kasar Tanin Dari Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L .) Pada Pengolahan Air (The Effect Of Crude Extract Tannins From Star Fruit ' S Leaves (*Averrhoa Bilimbi* L .) On Water Treatment', *Jurnal Berkala Saintek*, 2(1), Pp. 54–58.
- [2] Bugis, U., Hidayati, N. dan Kresnadipayana, D. (2019) 'Pemanfaatan Ekstrak dan Serbuk Kulit Jeruk Bali (*Citrus Maxima* Merr) untuk Mereduksi Kadar Krom (VI) dan Kadmium (II) pada Limbah Cair Artifisial Utilization of Grapefruit (*Citrus Maxima* Merr) Extract and Powder for Reducing Levels Heavy Metals Kr', 12(02).
- [3] Afifi, R., Erlin, E. dan Rachmawati, J. (2018) 'Uji Anti Bakteri Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L) Terhadap Zona Hambat Bakteri Jerawat *Propionibacterium Acnes* Secara In Vitro', *Quagga : Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 10(01), P. 10. Doi: 10.25134/Quagga.V10i01.803.
- [4] Pratiwi, A. T. G., Awalia, N. dan Hasan, F. R. T. (2020) '(Tizerbil) Timbal Stabilizer Device Dengan Kandungan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) Sebagai Solusi Pencemaran Udara Pencemaran Udara', *Jurnal PENA*, 7(01), Pp. 23–32.
- [5] Novi, M.H, Mukiat, Harminuke, E.H (2011) 'Evaluasi Pengelolaan Limbah Cair Batu Bara Distockpik PT. Bukit Asam Persero TBK Unit Dermaga Kertopati, *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol. 2 No. 1, Juni 2011:1 – 96.
- [6]. Sutherland, J.P., Folkard, G.K. dan Grant W.D. 1990. Natural coagulants for appropriate water treatment: a novel approach. *J. Waterlines* 8(4): 30-32.
- [7] Suriansyah, A., Gusrizal dan Adhitiyawarman (2012) 'Kalibrasi Dan Adisi Standar Pada Pengukuran Merkuri Dalam Air Dengan Kandungan Senyawa Organik Tinggi Menggunakan Spektrofotometer', *Jkk*, 1(1), pp. 40–44.
- [8]. Sumiyati, S. dan Samudro, G. (2010) 'Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan : Studi Penurunan Kadar Tss , Total Fe Dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)', *Jurnal Presipitasi*, 7(2), Pp. 57–61.
- [9]. Yanti, S. dan Vera, Y. (2019) 'Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*)', 4(2), Pp. 41–46.
- [10] Wahyuni, T. dan Syamsudin, A. (2014) 'Pemanfaatan Tanin Ekstrak Daun Jambu Biji Terhadap Laju Korosi Besi Dalam Larutan Nacl 3% (W/V)', *Jurnal Konversi*, 3(1), Pp. 45–52.