

PENENTUAN OPTIMASI KOAGULAN PAC DAN ALUM PADA AIR LIMBAH TEKSTIL DENGAN METODE JAR TEST

Nurdiani

Program Studi Pengolahan Limbah Industri, Politeknik AKA Bogor
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

Email: nurdiani@kemenperin.go.id

(Received : 1 Juni 2020; Accepted: 30 Juni 2020; Published: 1 Juli 2020)

Abstrak

Limbah tekstil merupakan limbah yang berbahaya karena mengandung senyawa organik dan zat warna sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi koagulan PAC dan alum pada limbah tekstil di PT X. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap yaitu tahap persiapan, pengujian, pengolahan data. Tahap persiapan dilakukan pengambilan sampel dan pembuatan larutan bahan kimia. Tahap pengujian sampel diberi perlakuan dengan metode *jar test* kemudian diukur nilai pH, kekeruhan, *total suspended solid* (TSS), warna, dan COD. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai efektivitas penurunan kadar TSS, warna dan turbidi pada koagulan PAC sebesar 89,47%; 89,19%; dan 89,55% serta efektivitas penurunan kadar pada koagulan alum didapatkan nilai TSS, warna dan kekeruhan sebesar 84,21%; 88,07%; dan 86,82%. Untuk parameter pH didapatkan pH akhir untuk koagulan PAC sebesar 6,25 dan koagulan alum sebesar 4,47. Jadi dapat disimpulkan bahwa jenis koagulan yang tepat untuk pengolahan air limbah tekstil di PT X dilihat dari efektivitas penurunan kadar TSS, warna dan turbidi serta nilai pH netral adalah koagulan PAC 10% pada dosis 300 mg/L karena koagulan yang diperbolehkan untuk memasuki proses sekunder (biologi) harus yang mempunyai pH netral.

Kata kunci : koagulan; PAC; alum; limbah tekstil; jar tes

Abstract

Textile waste is a hazardous waste because it contains organic compounds and dyes so it needs to be treated before being discharged into the waters. This study aims to determine the optimization of PAC and alum coagulants in textile waste at PT X. The study was conducted through three stages, namely the preparation, testing, and data processing stages. The preparation phase is carried out sampling and making chemical solutions. The testing stage of the sample was treated by the jar test method then measured the values of pH, turbidity, total suspended solid (TSS), color, and COD. The results obtained were for the effectiveness value of reducing TSS levels, color and turbidities in the PAC coagulant by 89.47%; 89.19%; and 89.55% as well as the effectiveness of reducing levels in alum coagulants obtained TSS values, color and turbidity of 84.21%; 88.07%; and 86.82%. For the pH parameter, the final pH for PAC coagulant is 6.25 and alum coagulant is 4.47. So it can be concluded that the right type of coagulant for textile wastewater treatment in PT X seen from the effectiveness of reducing TSS levels, color and turbidities and neutral pH value is a PAC coagulant at a dose of 300 mg/L because the coagulant is allowed to enter the secondary process (biology) must have a neutral pH.

Keywords: coagulant; PAC; alum; textile waste; test jar

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Air limbah biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup. Air limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan perairan, sehingga tidak mencemari atau mengurangi beban pencemar. Salah satu pengolahan air limbah yang

dilakukan yaitu melalui *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) dan hasil pengolahan diharapkan memenuhi baku mutu lingkungan.

Sebagian besar industri yang bergerak di bidang tekstil, kegiatan utamanya berupa pemintalan benang, bordir, dan pencelupan dengan produk akhir berupa kain serta menghasilkan air limbah rata-rata sebesar 400 m³/hari. Air limbah tekstil diolah di WWTP dengan beberapa tahapan proses salah satunya yaitu proses koagulasi-flokulasi. Pada umumnya digunakan dua jenis koagulan yaitu

natrium aluminat (NaAlO_2) dan *sudflock* serta satu jenis flokulan anion farla 4120, yang berdampak pada besarnya pengeluaran perusahaan terhadap pembelian koagulan. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian terhadap jenis koagulan lain yang dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan. Jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan dua jenis koagulan PAC dan alum yang sering dipakai dan mudah ditemukan.

Perbandingan dua jenis koagulan terhadap pengolahan air limbah tekstil dilakukan dengan metode *jar test*. Metode jar test merupakan metode standar yang dilakukan untuk menguji proses koagulasi (Gozan *et al.*, 2006). Hasil yang didapat dibandingkan dengan baku mutu lingkungan berdasarkan Permen LHK No 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Permen LH No. 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran II Tentang Baku Mutu Air Limbah Tekstil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi koagulan PAC dan alum pada limbah tekstil. Jenis koagulan yang optimum akan digunakan pada proses koagulasi-flokulasi limbah tekstil di PT X.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan yaitu contoh air limbah inlet IPAL dari salah satu perusahaan tekstil. Bahan kimia yang digunakan yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 10%, larutan alum (Al_2SO_4), Natrium Hidroksida (NaOH) 10%, akuades, flokulan Farla 4120 1%, dan *reagent* COD. Alat yang digunakan terdiri dari alat utama dan alat pendukung. Alat utama terdiri dari *spektrofotometer colorimeter* DR 900, multiparameter Lutron WA-2017SD, dan COD *reactor* HANNA HI 839800. Alat pendukung yang digunakan yaitu neraca analitik, gelas piala 1000 mL, wadah *pail*, pipet volumetrik 2 mL, pipet volumetrik 10 mL, labu takar 100 mL, tabung tutup ulir dan kuvet.

Metode Penelitian

Percobaan dilakukan melalui tiga tahap yaitu tahap persiapan, pengujian, pengolahan data. Tahap persiapan dilakukan pengambilan sampel dan pembuatan larutan bahan kimia. Tahap pengujian sampel diberi perlakuan dengan metode jar test kemudian diukur nilai pH, kekeruhan, *total suspended solid* (TSS), warna, dan COD. Data yang diperoleh kemudian diolah dan hasil yang didapatkan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No 16 TAHUN 2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran II Baku Mutu Air Limbah Tekstil.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dibagi menjadi dua yaitu pengambilan sampel dan pembuatan larutan. Pengambilan sampel dilaksanakan dalam beberapa kali ulangan. Pembuatan larutan terdiri atas pembuatan larutan koagulan PAC 10%, larutan NaOH 10%, dan larutan flokulan Farla 4120 1%. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada titik inlet bak ekualisasi PT X dengan cara *grab sampling*. Pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan air limbah.

Tahap Pengujian

Tahap pengujian terdiri atas pengujian karakteristik air limbah awal, *jar test* air limbah dan pengujian karakteristik air limbah akhir. *Metode jar test* terdiri atas penentuan pH dan dosis optimum. Pengujian karakteristik awal dan karakteristik akhir air limbah terdiri atas pengukuran kadar kekeruhan, warna, TSS, COD, dan pH pada sampel.

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Sampel *inlet* dan *outlet* bak ekualisasi dilakukan pengenceran 10 kali, sampel diambil 10 mL ke dalam labu takar 100 mL dan ditera dengan akuades kemudian dipipet sebanyak 2 mL dan dimasukan ke dalam tabung ulir yang berisikan COD *Reagent*. Tabung ulir dimasukkan ke COD *reactor* selama dua jam pada suhu 150 °C dan didinginkan. Kadar COD diukur dengan *spektrofotometer kolorimeter* DR 900 pada panjang gelombang 420 nm. Hasil yang terbaca pada alat dicatat.

Metode Jar Test

Penentuan pH Optimum

Piala gelas 1000 mL sebanyak tiga buah disiapkan, lalu diisi dengan air limbah yang diaduk terlebih dahulu sampai garis tanda. pH air limbah di atur menjadi 7 ; 8 ; 9 dan ditambahkan larutan *poly Aluminium Chloride* (PAC) 10% atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebanyak 3 mL, lalu dimasukan ke alat *jar test*. Alat *jar test* dihidupkan, kemudian alat pengadukan diturunkan di tengah piala gelas. Kecepatan diatur 100 rpm pada alat, dan dilakukan selama 1 menit dan dilanjutkan dengan penambahan larutan flokulan farla 4120 1% sebanyak 1 mL dan diaduk dengan kecepatan 10 rpm selama 15 menit. Alat dimatikan, dan biarkan flok-flok yang terbentuk mengendap selama 30 menit.

Penentuan Dosis Koagulan Optimum

Piala gelas 1000 mL sebanyak tiga buah disiapkan, lalu diisi dengan air limbah yang diaduk terlebih dahulu sampai garis tanda. pH air limbah di atur menjadi pH 7 serta ditambahkan larutan PAC 10% dan alum sebanyak (1; 2; 3) mL, lalu dimasukan ke alat *jar test*. Alat *jar test* dihidupkan, kemudian alat pengadukan diturunkan di tengah piala gelas. Kecepatan diatur 100 rpm pada alat, dan dilakukan

selama 1 menit, dilakukan penambahan larutan Farla 4120 1% sebanyak 1 mL dan di aduk dengan kecepatan 10 rpm selama 15 menit. Alat dimatikan, dan biarkan flok-flok yang terbentuk mengendap selama 30 menit.

Tahap Pengolahan Data

Hasil pengolahan pada pH dan dosis optimum dihitung persentase efektivitasnya. Perhitungan persentase efektivitas dihitung dengan rumus:

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{inlet} - \text{outlet}}{\text{inlet}} \times 100\%$$

Keterangan :

Efektivitas = Persentase efektivitas (%)

Inlet = Kadar air limbah awal (mg/L untuk COD dan TSS, Pt.Co untuk warna, dan NTU untuk kekeruhan)

Outlet = Kadar air limbah setelah *jar test* (mg/L untuk COD dan TSS, Pt.Co untuk warna, dan NTU untuk kekeruhan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Air Limbah

Penentuan karakteristik awal air limbah tekstil PT X dilakukan dengan pengujian pada sampel *inlet* bak ekualisasi. Pengambilan sampel dilakukan di titik *inlet* WWTP PT X sebanyak empat kali ulangan. Karakteristik sampel diketahui dengan mengukur parameter turbiditi, warna, TSS, COD dan pH. Hasil yang didapatkan dibandingkan dengan Permen LHK No. 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua atas Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil. Karakteristik air limbah sebelum pengolahan dapat dilihat pada tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 karakteristik awal sampel *inlet* didapatkan rerata setiap parameter yang melebihi baku mutu. Hal ini disebabkan karena adanya proses pencelupan yang menyebabkan limbah menjadi berwarna dan bahan organik yang terkandung disebabkan pencucian setelah dilakukan pencelupan. Oleh sebab itu limbah yang dikeluarkan oleh PT X harus dilakukan pengolahan lebih lanjut agar memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Permen LHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil. Karakteristik limbah sampel inlet pada ulangan 1, 2, 3 dan 4 didapatkan karakteristik yang relatif sama. Hal ini disebabkan karena proses yang dilakukan relatif sama yaitu pada proses pencelupan tidak menggunakan warna pekat sehingga tidak ada limbah pekat yang dikeluarkan.

Percobaan Jar Test

Sampel *inlet* memiliki nilai kekeruhan yang besar sehingga perlu dilakukan penambahan koagulan yang ditentukan dengan percobaan *jar test* yang

terdiri dari penentuan pH dan dosis optimum jenis koagulan terhadap sampel.

Penentuan pH Optimum

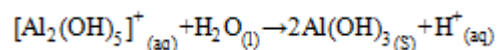
Penentuan pH optimum dilakukan dengan variasi pH yaitu pH 7, 8, dan 9. Kondisi pH yang tepat ditentukan dengan melihat nilai kekeruhan sampel yang terendah setelah proses *jar test*. Hasil penentuan pH optimum sampel pada proses koagulasi dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan tabel 2 Air limbah setelah dilakukan pengujian *jar test*, didapatkan kondisi optimum koagulan PAC dan alum berada pada pH 7 dengan turbiditi koagulan PAC sebesar 61 NTU sedangkan untuk koagulan alum didapatkan nilai turbiditi sebesar 77 NTU.

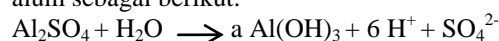
Penentuan Dosis Optimum Koagulan

Penentuan dosis koagulan optimum memiliki prosedur yang sama seperti penentuan pH optimum. Penentuan dosis koagulan optimum bertujuan untuk mengetahui dosis koagulan yang tepat pada proses koagulasi agar dapat memberikan hasil yang optimal. Penentuan dosis koagulan optimum dilakukan dengan variasi dosis koagulan yang berbeda yaitu sebesar 100, 200, dan 300 mg/L. Dosis koagulan optimum ditentukan dengan melihat nilai kekeruhan sampel yang terendah. Hasil penetapan dosis optimum koagulan PAC dapat dilihat pada tabel 3.

Air limbah setelah dilakukan *pengujian jar test* penentuan dosis optimum, didapatkan dosis optimum koagulan PAC sebesar 300 mg/L dengan nilai turbiditi yang didapatkan sebesar 61 NTU dan didapatkan pH akhir sebesar 6,25. Penentuan dosis optimum koagulan alum sebesar 100 mg/L didapatkan nilai sebesar 77 dengan nilai pH akhir sebesar 4,74. Berdasarkan Tabel 3 nilai akhir pH mengalami penurunan dari pH sebelumnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Linggawati (2006) bahwa, penggunaan koagulan menyebabkan pelepasan ion hidrogen. Ion hidrogen yang dihasilkan ini menyebabkan penurunan pH. Hal ini dapat dilihat dari reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pada reaksi hidrolisis di atas, koagulan PAC melepaskan satu buah ion H⁺. Hal ini menyebabkan pH air berubah dari pH sebelumnya, pada pH akhir koagulan PAC masih masuk kedalam baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Permen LHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil. Reaksi yang terjadi pada koagulan alum sebagai berikut:



Reaksi ini menyebabkan pembebasan ion H⁺ dengan kadar yang tinggi ditambah oleh adanya ion aluminium. Ion aluminium bersifat amfoter sehingga bergantung pada suasana lingkungan yang mempengaruhinya.

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah sebelum pengolahan

Parameter	Satuan	Sampel Inlet					Baku Mutu
		Ulangan					
		1	2	3	4	Rerata	
Kekeruhan	NTU	573	591	588	584	584	-
Warna	Pt.Co	2450	2540	2490	2210	2423*	200
TSS	mg/L	587	590	588	591	589*	40
COD	mg/L	2170	2250	2230	2250	2225*	125
pH	-	7,35	7,31	7,34	7,37	7,34	6-9

Tabel 2. Hasil Penentuan pH Optimum

Variasi pH	Parameter									
	Kekeruhan (NTU)		Warna (Pt.Co)		TSS (mg/L)		COD (mg/L)		pH Akhir	
	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum
7	61	77	262	289	62	93	795	918	6,26	4,52
8	108	110	158	161	89	93	860	913	6,58	4,74
9	236	113	291	337	107	116	993	998	7,41	4,92

Tabel 3. Hasil Penentuan Dosis Optimum

Dosis (mg/L)	Parameter									
	Kekeruhan (NTU)		Warna (Pt.Co)		TSS (mg/L)		COD (mg/L)		pH	
	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum	PAC	Alum
100	103	77	348	289	75	93	115	990	6,54	4,47
200	81	86	320	332	68	108	945	1003	6,40	4,33
300	61	118	262	373	62	114	795	1138	6,25	4,24

Tabel 4. Nilai Efektivitas Penurunan Kadar Parameter

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian			Efektivitas (%)	
			Awal	Akhir		PAC	Alum
				PAC	Alum		
Kekeruhan	NTU	-	584	61	77	89,55	86,82
Warna	Pt.Co	200	2423	262	289	89,19	88,07
TSS	mg/L	40	589	62	93	89,47	84,21
COD	mg/L	125	2225	795	990	64,27	55,51
pH	-	6-9	7,34	6,25	4,47	-	-

Koagulan alum melepaskan enam ion hidrogen dan PAC hanya satu ion hidrogen sehingga pH akhir yang dihasilkan jauh lebih rendah dibanding koagulan PAC dan melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Permen LHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil. Hal ini sesuai pernyataan oleh Yulianto (2018) bahwa pH yang diperbolehkan untuk memasuki proses sekunder (biologi) harus netral.

Efektivitas Penurunan Kadar Parameter Uji

Efektivitas penurunan dapat diketahui dengan menghitung selisih dari pengujian karakteristik sampel setelah pengolahan dan sebelum pengolahan. Nilai efektivitas penurunan kadar parameter dapat dilihat pada Tabel 4.

Karakterisasi awal sampel *inlet* diperoleh parameter yang melebihi standar baku mutu Permen LHK No. 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua atas Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil sehingga diperlukan pengolahan dengan hasil

efektivitas COD sebesar 64,27% untuk koagulan PAC dan 55,51% untuk koagulan alum. Hal ini menunjukkan kedua jenis koagulan yaitu PAC dan alum efektif untuk menurunkan kadar COD pada air limbah di PT X sesuai pernyataan **RISDIANTO** (2007) Koagulasi umumnya berhasil menurunkan kadar bahan organik seperti COD sebanyak 40-70%. Penurunan nilai efektivitas TSS, warna dan turbidi pada koagulan PAC didapatkan nilai sebesar 89,47%; 89,19%; dan 89,55% serta efektivitas penurunan kadar pada koagulan alum didapatkan nilai TSS, warna dan kekeruhan sebesar 84,21%; 88,07%; dan 86,82%. sedangkan parameter pH didapatkan pH akhir untuk koagulan PAC sebesar 6,25 dan koagulan alum sebesar 4,47. Menurut baku mutu Permen LHK No. 16 Tahun 2019 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil pengolahan di PT masih belum masuk baku mutu, oleh sebab itu harus dilakukan pengolahan selanjutnya yaitu pengolahan sekunder (proses biologi) agar dapat memnuhi baku mutu dan dapat dibuang ke lingkungan. namun jika dilihat dari Tabel 4 jenis koagulan yang baik untuk

masuk ke tahap selanjutnya yaitu koagulan PAC karna pada pH akhir yang didapat netral yaitu sebesar 6,25. Hal ini sesuai pernyataan oleh Yulianto, (2018) bahwa pH yang diperbolehkan untuk memasuki proses sekunder (biologi) harus netral. Sedangkan koagulan alum didapatkan pH akhir asam yaitu sebesar 4,47 menyebabkan koagulan alum tidak dapat dipakai untuk proses selanjutnya namun dapat di atasi dengan penambahan pH adjuster natrium hidroksida (NaOH) tetapi akan menambah biaya pengeluaran pada PT X tersebut.

Pengujian karakteristik akhir sampel yang diperoleh berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa penambahan koagulan dapat menurunkan kadar parameter pencemaran. Penambahan koagulan memberikan hasil yang signifikan pada parameter kekeruhan, hal ini membuktikan teori Setyaningsih (2002), bahwa koagulan PAC mampu menetralkan muatan koloid dalam sampel yang memungkinkan partikel-partikel koloid saling mendekat dan membentuk gumpalan yang dapat terendapkan sehingga filtrat yang dihasilkan menjadi lebih jernih.

Parameter turbidi, warna, TSS dan COD mengalami penurunan tetapi masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, hal ini terjadi disebabkan karena pada karakteristik awal sampel inlet didapatkan nilai kadar yang cukup tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan PAC dan alum dalam pengolahan air limbah di PT X memberikan hasil yang maksimal dalam penjernihan air tetapi masih kurang maksimal untuk mendapatkan hasil uji parameter yang sesuai standar baku mutu pada Permen LHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah tentang Air Limbah Tekstil. Air limbah tekstil di PT X setelah melalui proses koagulasi-flokulasi diperlukan pengolahan lebih lanjut lagi sebelum dibuang ke lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan jenis koagulan optimum untuk proses koagulasi-flokulasi di PT X yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 10% pada dosis 300 mg/L sebagai jenis koagulan yang optimum dalam mengolah air limbah tekstil di PT X.

DAFTAR PUSTAKA

Anugrah, T. (2013). *Efektivitas Campuran Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) sebagai Koagulan Dalam Pengolahan Air Bersih*.

Badan Standar Nasional. (2008). *SNI 6989.59 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*. Jakarta.

Bilotta, G. S., Brazier. (2008). *Understanding the Influence of Suspended Solid on Water Quality and Aquatic Biota*. Water Research. 42. 2849-2861.

Day, R.A. Jr & Underwood, A. L. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*.

Diterjemahkan oleh R. Soendoro. Erlangga, Jakarta

Dewi, Y. S. (2009). *Efektifitas Filtrasi Membran Selulosa dalam Pengolahan Limbah Tekstil*. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Satya Negara Indonesia. Bekasi.

Djalil, S. (1993). *Petunjuk Pemeriksaan Air Minum/Air Bersih*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Kanisius, Yogyakarta*.

Gebbie, P. (2005). *A Dummy's Guide to Coagulants 68th Annual Water Industry Engineers and Operators*. Conference Schweepes Centre. Bendigo.

Ginting, P. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri.Yrama Widya*. Bandung

Ghufran H. K. (2007). *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.

Hardman, A. (2002). *Water Treatment Coagulant. Abstrak*. New South Wales.

Khopkar, S. M. (2002). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI-Press. Jakarta.

Linggawati, A. (2006). *Efektivitas Pati-Fosfat dan Koagulan*. Jurnal Natur Indonesia

Margaretha, Rizkia M., Syaiful, Subroto. (2012). *Pengaruh Kualitas Air Baku terhadap Dosis dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride*. Jurnal Teknik Kimia, 18:21-30.

Nurdin, D.A., Rachim, Darmawan, Suwarno, Baruwadi, M., Yusuf, R., Zakaria, F., Pakaja, J. (2009). *Pengembangan Komoditas Unggulan Pertanian Berdasarkan Karakteristik Potensi Sumber Daya Lahan dan Keunggulan Wilayah untuk Pertanian di Kabupaten Boalemo*. Kerja Sama Bappeda Kabupaten Boalemo dengan Pusat Kajian Pertanian Tropis Universitas Negeri Gorontalo. Tilamuta.

Nurhasanah. (2009). *Penentuan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Pabrik Karet dan Domestik*. Universitas Medan. Sumatera Utara.

Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.

Rachmawati S, W, Bambang, I, S. (2009). *Pengaruh pH Pada Proses Koagulasi Dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 5. No. 2 Desember 2009: 40-45.

Rahimah, Z, Heliyanur, H, Isna, S. (2006). *Pegolaha Limah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan selatan.

- Risdianto, D. (2007). *Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu*. Tesis Pascasarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.
- Said, N. I.(2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Erlangga. Jakarta.
- Setyaningsih, D. (2002). *Perbandingan Penggunaan Koagulan FeCl, PAC, PE (Poly Electrolite) pada Proses Koagulasi Limbah (White Water) Pabrik Kertas*. Skripsi. Teknik Kimia UPN Jatim. Surabaya.
- Sudarmaji, S., Haryono, B., Suhardi. (1997). *Prosedur analisis untuk bahan makanan dan pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Susilowarno. (2007). *Biologi untuk SMA/MA kelas X*. Jakarta: Grasindo.
- Tjokrokusumo. (1995). *Pengantar Teknik Lingkungan*. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan. Yogyakarta.
- Weber, E.J. (1972). *Physiochemical Processes for Water Quality Control*. John Willey & Sons Inc, USA.
- Yulianto, D., Ahmad, H. (2018). *Pengolahan Penanganan Bahan Berbahaya Beracun (Limbah B3) serta Prinsip Dasar Air Limbah*. PT Mitra Farla Teknologi. Jakarta.
- Zhan, H., Hanhui, Zhang, Xiaoqi, Zhan, X. (2004). *Coagu-Flocculation Mechanism of Flocculant and its Physical Model*. Separation Technology VI: New Perspectives on Very Large-Scale Operations, RP3 (8), 1-11.