

PENURUNAN KEKERUHAN, KADAR LAS DAN FOSFAT LIMBAH CUCIAN RUMAH TANGGA DENGAN METODE KOMBINASI PENGOLAHAN KOAGULASI DAN PROSES OKSIDASI LANJUT SISTEM UV/H₂O₂

I Made Candra Wiguna¹, Ni Wayan Yuningrat², I Made Gunamantha³
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Indonesia
e-mail: cndraimw@gmail.com¹, wyyuniingrat@gmail.com²,
md_gunamantha@yahoo.com³

Abstrak

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menganalisis kekeruhan, kadar LAS (*Linier Alkyl Sulfonate*) dan fosfat pada limbah cucian rumah tangga di salah satu pemukiman padat penduduk di kawasan Kota Singaraja sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP 51/MENLH/10/1995. Subjek penelitian ini adalah limbah cucian rumah tangga di salah satu pemukiman padat penduduk di kawasan Kota Singaraja, sedangkan objek dari penelitian ini adalah kekeruhan, kadar LAS (*Linier Alkyl Sulfonate*) dan fosfat. Penelitian ini menggunakan metode koagulasi dengan koagulan FeCl₃. Metode koagulasi ini untuk menentukan pH dan konsentrasi optimum FeCl₃ dikombinasikan dengan proses AOP sistem UV/H₂O₂ untuk menurunkan kekeruhan, kadar LAS dan fosfat pada limbah cucian rumah tangga. Sebelum percobaan dilakukan, kekeruhan, kadar LAS dan fosfat ditentukan terlebih dahulu nilai kekeruhan awal limbah cucian rumah tangga tersebut sebelum diberikan perlakuan yaitu 164 NTU, kadar LAS awal tanpa perlakuan yaitu 2,659 mg/L, dan kadar fosfat awal tanpa perlakuan 0,988 mg/L. Kondisi optimum pada proses koagulasi untuk pengolahan limbah cucian rumah tangga dengan penambahan 25 mL koagulan FeCl₃ 2% pada pH 4. Efisiensi penurunan kekeruhan LAS dan fosfat berturut-turut pada kondisi tersebut adalah 90,7%, 72,9% dan 89,2%. Efisiensi penurunan kekeruhan, kadar LAS dan fosfat dari proses dengan Proses AOP Sistem UV/H₂O₂ berturut-turut adalah 72,5% , 93,3% dan 96,2% Efisiensi penurunan nilai kekeruhan, kadar LAS dan fosfat dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/H₂O₂ berturut-turut sebesar 97,4%, 98,1% dan 99,5%.

Kata kunci: Limbah Cucian Rumah Tangga, Koagulasi, AOP, dan Efisiensi

Abstract

This research was aimed to reduce turbidity, LAS and phosphate in waste household laundry experimentally. The subject was waste household laundry in one of Singaraja densely populated area. The objects were turbidity value, LAS and phosphate concentration coagulation process using FeCl₃ was combined with Advanced Oxidation process (AOP) in this research. Optimum condition of coagulation process was reached by variation of pH and FeCl₃ concentration. Turbidity value, LAS and phosphate concentration before using in this research were 164 NTU, 2,659 mg/L and 0,988 mg/L. optimum coagulation process was reached at pH 4 and 25 mL FeCl₃ 2%. Turbidity, LAS dan phosphate removal from coagulation process were 90,7%, 72,9%, and 89,2%. Removal efficiency of Turbidity, LAS dan phosphate value from AOP UV//H₂O₂ system were 72,5%, 93,3%, and 96,2%. Combination of coagulation and AOP using in this reached has decreased 90,7%, turbidity, 98,1 LAS, and 99,5 phosphate in laundry household waste.

Keywords: Laundry Household Waste, Coagulation, AOP, and Efficiency

1. Pendahuluan

Deterjen adalah salah satu polutan utama yang terdapat pada air limbah domestik yang dihasilkan dari tingkat rumah tangga. Komponen utama deterjen adalah surfaktan, penguat (*builders*), dan aditif. Surfaktan merupakan bahan pembersih utama dalam deterjen. Surfaktan adalah agen pembersih aktif yang melakukan tiga peran utama: penetrasi dan membasahi kain, melepaskan kotoran (dibantu dengan tindakan mekanis dari mesin), dan sebagai pengemulsi kotoran dan menjaganya tersuspensi dalam cairan cucian. Surfaktan merupakan suatu senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang dapat diproduksi melalui sintesis kimiawi maupun biokimiawi. Sifat aktif permukaan yang dimiliki surfaktan diantaranya mampu menurunkan tegangan permukaan, tegangan antar muka dan meningkatkan kestabilan sistem emulsi. Hal ini membuat surfaktan banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri sabun, deterjen, produk kosmetika dan produk perawatan diri, farmasi, pangan, cat dan pelapis, kertas, tekstil, pertambangan industri perminyakan, dan lain sebagainya (Jhonatan 2009).

Selain surfaktan, *builder* juga memegang peranan penting dalam deterjen. *Builder* dalam deterjen berfungsi membantu efisiensi surfaktan dalam proses pembersihan kotoran. Bahan yang umumnya digunakan sebagai *builder* adalah *tripholly poshate* (STTP) artinya fosfat adalah penyusun utama *builder*.

Berbagai jenis surfaktan dapat digunakan dalam deterjen, namun surfaktan yang biasa digunakan dalam deterjen adalah *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dan *Linier Alkyl Sulfonate* (LAS). Kedua jenis surfaktan anionik dalam bentuk sulfonat tersebut bila dilarutkan dalam air akan berubah menjadi partikel bermuatan negatif, memiliki daya bersih yang sangat baik, dan biasanya berbisa banyak (umumnya digunakan untuk mencuci kain dan piring).

Saat ini konsumsi deterjen di Indonesia telah mencapai 95.000 ton (<http://www.ristek.go.id>). Dalam Bisnis Indonesia sebagaimana yang dikutip oleh Sopiah (digilib.batan.go.id/e-prosiding/.../r-nida_s_99.pdf) dilaporkan bahwa konsumsi deterjen per kapita pada tahun 1997 hanya 1,97 kg namun dengan membaiknya daya beli masyarakat, konsumsi deterjen meningkat menjadi 2,11 kg per kapita pada tahun 1999, dan berturut-turut 2,26 kg dan 2,32 kg per kapita pada tahun 2001 dan 2002. Sopiah juga menyebutkan bahwa berdasarkan data hasil estimasi Tim Notulen Kantor Lingkungan Daerah (NKLD) DKI Jakarta Tahun 2000, produksi deterjen per tahun sebanyak 116,80 ribu ton, dengan prediksi volume limbah 327,04 ribu m³/tahun.

Berbagai upaya pengolahan limbah deterjen seperti metode koagulasi telah digunakan secara luas dalam pengolahan air untuk menghilangkan polutan-polutan limbah dalam bentuk tersuspensi atau koloid, menurunkan COD, dan untuk mengendalikan berbagai kontaminan seperti mikroorganisme, partikulat yang menyebabkan kekeruhan dan warna, beberapa bentuk bahan organik alami, dan zat anorganik. Koagulasi lebih efektif untuk menurunkan kekeruhan dengan mengendapkan partikel-partikel dalam bentuk tersuspensi dan koloid. Penurunan bahan-bahan pencemar organik hanya didasarkan pada peluang terikutnya bahan pencemar tersebut mengendap bersama partikel tersuspensi dan koloid. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektifitas penurunan beban organik pada air limbah cucian perlu dikombinasikan dengan proses oksidasi. Khusus untuk beban organik yang tidak mudah dibiodegradasi, proses oksidasi lanjut adalah upaya yang dapat dipertimbangkan untuk mencapai tujuan tersebut.

Teknologi oksidasi kimia atau proses oksidasi lanjut didasarkan pada penggunaan radiasi UV dan oksidan seperti hidrogen peroksida (H₂O₂) dan ozon (O₃). Proses ini telah berhasil digunakan dalam remediasi air limbah yang terkontaminasi dengan spektrum polutan organik yang luas. Proses ini bergantung pada pembentukan radikal hidroksil yang mendegradasi kandungan pencemar organik air limbah. Beberapa sistem proses oksidasi lanjut yang telah banyak digunakan adalah UV/H₂O₂, O₃/H₂O₂, O₃/UV dan UV/H₂O₂/O₃ (Huang *et al.* 1993.; Legrini *et al.* 1993.; Prado *et al.* 1994.; Matthews, 1992; Domenech *et al.*, 2001. Dalam Novi, 2013) Agar proses oksidasi lanjut berlangsung optimal, beberapa faktor utama yang harus dipertimbangkan adalah pH, konsentrasi H₂O₂, dan waktu kontak.

Berdasarkan kenyataan tersebut, kombinasi dari proses koagulasi dan proses oksidasi lanjut akan sinergis untuk menurunkan kekeruhan dan kadar surfaktan dalam limbah deterjen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi dari kombinasi koagulasi dan proses oksidasi lanjut dengan sistem UV/H₂O₂ untuk mengurangi kekeruhan, kadar LAS dan fosfat dalam limbah cucian rumah tangga.

2. Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui kekeruhan, kadar LAS dan fosfat pada limbah cucian rumah tangga serta efisiensi penurunan kekeruhan kadar LAS dan Fosfat pada limbah cucian rumah tangga yang berlokasi di Daerah Singaraja dengan kombinasi koagulasi dengan koagulan feri klorida (FeCl_3) dan sistem fotokimia UV/ H_2O_2 . Tahap penelitian ini meliputi pengambilan sampel, analisis kadar deterjen dan kekeruhan serta efisiensi penurunannya dengan kombinasi koagulan feri klorida (FeCl_3) dan sistem fotokimia UV/ H_2O_2 dengan menggunakan spektrofotometer, dan pelaporan hasil. Sampel ditentukan pada rumah tangga yang mengalirkan limbah cucian hasil kegiatan rumah tangga langsung ke lingkungan atau badan air

Alat utama yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: Turbidimeter (Shimadzu 1601), jar test, spektrofotometer, reaktor AOP yang dilengkapi dengan 5 buah lampu UV (Sangyo Denki Blacklight Blue 352nm 10W).

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larutan baku deterjen yaitu natrium lauril sulfat ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$), larutan indikator fenoltalin 0,5%, larutan natirum hidroksida, larutan metilen blue, larutan pencuci, larutan ammonium molibdat, larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, H_2O_2 30% dan koagulan (FeCl_3) 2%. Adapun prosedur dalam penelitian ini yaitu:

A. Tahapan Koagulasi

Tahapan koagulasi dilakukan dengan 2 tahapan yaitu tahapan penentuan pH optimum pada sampel dan tahapan penentuan turbiditas terendah. Tahapan penentuan pH optimum dilakukan dengan prosedur sebagai berikut : (1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) 6 gelas beker diisi masing-masing 500 mL sampel limbah dengan pH masing-masing sampel berbeda yaitu pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. (3) Masing-masing sampel ditambahkan kogulan feri klorida (FeCl_3) 2% dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 mL. (4) Sampel dilakukan proses koagulasi dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 160 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. (5) Sampel didiamkan selama 30 menit kemudian sampel dilakukan pengujian kekeruhan. (6) Kekeruhan dari masing-masing sampel ditentukan dengan turbidimeter.

Setelah mengetahui pH optimum pada sampel maka dilanjutkan dengan penentuan nilai turbiditas terendah untuk konsentrasi koagulan yang optimum dengan prosedur penelitian yaitu sebagai berikut : (1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) 6 gelas beker diisi masing-masing 500 mL sampel limbah dan pH masing-masing sampel diatur sesuai dengan pH optimum. (3) Masing-masing sampel ditambahkan kogulan feri klorida (FeCl_3) dengan volume 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 mL. (4) Sampel dilakukan proses koagulasi dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 160 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. (5) Sampel didiamkan selama 30 menit kemudian sampel difiltasi dan filtrat tersebut dilakukan pengujian kekeruhan . (6) kekeruhan dari masing-masing sampel ditentukan dengan turbidimeter.

Dengan didapatkannya pH dan konsentrasi koagulan optimum maka akan dilanjutkan dengan persiapan sampel untuk Proses Oksidasi Lanjut (AOP) dengan prosedur penelitian sebagai berikut : (1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) 6 gelas beker diisi masing-masing 500 mL sampel limbah dan pH masing-masing sampel diatur sesuai dengan pH optimum. (3) Masing-masing sampel ditambahkan feri klorida (FeCl_3) sesuai dengan konsentrasi koagulan optimum. (4) Sampel dilakukan proses koagulasi dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 160 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. (5) Sampel didiamkan selama 30 menit kemudian sampel difiltasi dan filtrat tersebut dilakukan pengujian turbiditas dan kadar deterjen. (6) kekeruhan dari masing-masing sampel ditentukan dengan turbidimeter.

B. Tahapan AOP sistem UV/ H_2O_2

(1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) Penelitian ini dilakukan pada suhu ruangan. Keenam sampel limbah yang telah diberi perlakuan pH dan konsentrasi koagulan optimum pada proses sebelumnya dimasukkan ke dalam tabung reaktor kemudian ditambahkan H_2SO_4 95% sampai pH 3. (3) Setelah itu pada setiap sampel ditambahkan H_2O_2 dengan volume 0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, dan 25 mL. (4) Tabung diinstalasi pada rangkaian reaktor dan tabung ditutup dengan aluminium foil. Rangkaian reaktor diletakkan di atas *magnetic stirrer*. (5) *Magnetic stirrer* dijalankan dan kemudian disinari dengan lampu UV

selama 2 jam, kemudian reaksi dihentikan untuk dilakukan pemeriksaan kekeruhan, kadar LAS dan fosfat. (6) Sampel disinari dengan lampu UV dengan waktu kontak masing-masing 2 jam.

C. Pemeriksaan kekeruhan

Pemeriksaan kekeruhan setelah proses AOP sistem UV/H₂O₂ dilakukan dengan menggunakan turbidimeter. Sampel dimasukkan ke dalam alat dan hasil pemeriksaan langsung dibaca dan tertera pada layar turbidimeter.

D. Tahap Pemeriksaan Kadar LAS

1. Pembuatan kurva kalibrasi

(1) 1,00 gram baku LAS ditimbang dan dilarutkan dengan air suling sampai 1000 mL. (2) 10,00 mL larutan induk LAS diencerkan sampai 1000 mL air suling. (3) Dibuat satu seri yang terdiri dari sepuluh larutan baku dari 0,0; 1,00; 3,00; 5,00; 7,00; 9,00; 11,00; 13,00; 15,00; dan 20,00 mL larutan baku dan ditambahkan air suling sampai volume 100 mL.

2. Pengujian kadar LAS pada Deterjen

Sampel limbah pada proses koagulasi dan proses fotokimia UV/H₂O₂ sebelum dilakukan perlakuan dan sesudah ditentukan kadar LAS dengan menggunakan metode *metilen blue* dengan prosedur kerja sebagai berikut :

(1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) Sebanyak 25 mL sampel dimasukkan ke dalam corong pemisah 250 mL pertama. (3) Kemudian ditambahkan 2 tetes indikator fenolftalain dan tetes demi tetes larutan NaOH 1N ke dalam sampel sampai berubah menjadi warna merah muda. (4) Sampel ditambahkan tetes demi tetes H₂SO₄ sampai berwarna bening. ditambahkan dengan larutan metilen biru sebanyak 6,25 mL dan 2,5 mL kloroform yang kemudian dikocok selama 30 detik. Tutup corong dibuka untuk mengeluarkan gas. (5) Setelah itu ditambah dengan 2,5 mL propanol yang kemudian dikocok kembali sampai terbentuk 2 (dua) lapisan. Lapisan bawah dipisahkan dan dipindahkan pada corong pemisah kedua. Pada corong pisah pertama dilakukan ekstraksi kembali dengan penambahan kloroform sampai tidak terbentuk 2 (dua) lapisan pada sampel. Jika masih terbentuk 2 (dua) lapisan maka lapisan bawah kembali dipisahkan dan dipindahkan pada corong pisah kedua. (6) Pada corong pisah kedua ditambahkan larutan pencuci sebanyak 12,5 mL yang kemudian dikocok selama 30 detik. Corong pisah dibiarkan sampai terjadi pemisahan fasa. Setelah itu lapisan bawah dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Corong pisah kedua diekstraksi kembali dengan menambahkan 5 mL kloroform dan dimasukkan pada labu ukur. Kemudian labu ukur ditambah dengan kloroform sampai batas garis labu ukur dan dikocok hingga homogen. Absorbansinya diukur pada panjang gelombang 652 nm.

E. Tahap Pemeriksaan Kadar Fosfat

1. Pembuatan kurva kalibrasi

(1) Larutan baku fosfat dibuat dengan konsentrasi 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 mg/L. (2) 10,0 mL larutan baku fosfat dipipet kemudian diencerkan dengan akuades sampai 50,0 mL.

2. Pengujian Kadar Fosfat Pada Deterjen

Sampel limbah pada proses koagulasi dan proses fotokimia UV/H₂O₂ dilanjutkan penentuan kadar fosfat dengan menggunakan dengan prosedur kerja sebagai berikut : (1) Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. (2) Sebanyak 100 mL sampel ditambahkan 4 mL molibdat dan 0,5 mL SnCl₂·2H₂O. Diamkan selama 10 menit hingga homogen. (3) Absorbansinya diukur pada panjang gelombang 690 nm.

Data yang dikumpulkan berupa data kuantitatif tentang penurunan nilai kekeruhan, kadar LAS dan fosfat serta efisiensi kombinasi proses koagulasi dengan proses AOP sistem UV/H₂O₂ pada limbah cucian rumah tangga yang diambil pada salah satu pemukiman padat penduduk di daerah Singaraja. Pemeriksaan nilai kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat Turbidimeter. Sampel dimasukkan ke dalam alat dan hasil pemeriksaan langsung dibaca dan tertera pada layar turbidimeter, sedangkan untuk pemeriksaan kadar LAS dilakukan dengan metode metilen biru dan pemeriksaan kadar fosfat dilakukan pemeriksaan dengan metode stano klorida yang masing-masing diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis single beam.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah nilai dari parameter kekeruhan, kadar LAS dan fosfat pada sampel limbah cucian rumah tangga Nilai tersebut kemudian disajikan menggunakan tabel dan grafik yang dianalisis secara deskriptif. Tabel dan grafik yang dibuat menyajikan pengaruh koagulan feri klorida dan penambahan H₂O₂ terhadap efisiensi penurunan kekeruhan, kadar LAS dan fosfat pada limbah cucian rumah tangga. Efisiensi penurunan kekeruhan dan deterjen ditentukan berdasarkan pada selisih antara kadar awal dengan kadar akhir terhadap kadar awal, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$eff = \frac{[A]_0 - [A]_t}{[A]_0} \times 100 \%$$

Keterangan :

- A₀ = Konsentrasi awal
- A_t = Konsentrasi akhir
- eff = Efisiensi parameter uji

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum percobaan dilakukan, ditentukan terlebih dahulu nilai kekeruhan awal limbah cucian rumah tangga tersebut sebelum diberikan perlakuan yaitu 164 NTU, kadar deterjen awal tanpa perlakuan yaitu 2,659 mg/L, dan kadar fosfat awal tanpa perlakuan 0,988 mg/L. Air cucian rumah tangga atau air limbah domestik mempunyai baku mutu yaitu ukuran batas atau kadar unsur pencemar dalam air limbah, yang akan dibuang atau dilepas ke perairan atau air permukaan. Sebelum dibuang ke perairan atau saluran pembuangan air limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu di IPAL (Instalasi pengolahan air limbah) sampai memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Kadar maksimum kekeruhan yang diperbolehkan menurut standar baku mutu limbah cair domestik yaitu 6 sampai 9 NTU. Pada LAS dan fosfat kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 5,0 sampai 10 mg/L Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor KEP 51/MENLH/10/1995. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa limbah cucian rumah tangga yang digunakan dalam penelitian ini tidak melebihi baku mutu dan layak untuk dilepas ke lingkungan. Akan tetapi jika persentase limbah cucian rumah tangga yang dilepas ke lingkungan semakin bertambah, maka akan membahayakan alam dan lingkungan itu sendiri. Jadi perlu dilakukannya pengolahan limbah cair domestik agar kerusakan lingkungan akibat bertambahnya persentase pembuangan limbah ke lingkungan bisa dikurangi.

A. Penurunan Nilai Kekeruhan dan Efisiensi Penurunan Nilai Kekeruhan, Kadar LAS, dan Fosfat Pada Proses Koagulasi

Hasil pengujian nilai kekeruhan limbah cucian rumah tangga disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penurunan dan Efisiensi Penurunan Nilai kekeruhan dari Proses Koagulasi

No.	Jenis Sampel	Sampel Sebelum Perlakuan (NTU)	Hasil (NTU)	Efisiensi (%)
1.	K31	164	15,3	90,6
2.	K32	164	15,8	90,3
3.	K33	164	14,9	90,9
4.	K34	164	15,1	90,7
5.	K35	164	14,7	91
6.	K36	164	15,2	90,7
Rata-Rata		164	15,1	90,7
SD		-	-	0,03
RSD		-	-	0,27

Tabel 2. Hasil Pengamatan Penurunan Kadar LAS dan Fosfat dari Proses Koagulasi

No	Parameter Pengukuran Sample	Sampel Sebelum Perlakuan (mg/L)	Sampel Setelah Perlakuan (mg/L)	Efisiensi (%)
1.	LAS	2,659	0,720	72,9
2.	Fosfat	0,988	0,106	89,2

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh hasil kombinasi pH optimum dan dosis optimum dengan efisiensi penurunan nilai kekeruhan yang dirata-ratakan yaitu sebesar 90,7%. Dari data tersebut dilanjutkan dengan menghitung standar deviasi (SD) dan relatif standar deviasi (RSD) untuk mengetahui kehomogenan data. Hasil perhitungan yang diperoleh untuk SD yaitu 0,03 sedangkan untuk RSD 0,27%. Dilihat dari SD yang didapatkan maka terlihat bahwa data dari proses koagulasi dengan pH optimum dan konsentrasi koagulan optimum mendekati kehomogenan atau data penelitian memiliki nilai identik. Karena jika nilai standar deviasi 0 (nol), ini menunjukkan data pengamatan homogen, semua memiliki nilai identik. Semakin besar nilai SD, menunjukkan data memiliki kecenderungan setiap data berbeda satu sama lain, sedangkan nilai RSD yang baik <2%. Oleh karena itu nilai dari proses koagulasi dengan pH optimum dan konsentrasi koagulan optimum memiliki nilai RSD yang baik. Nilai RSD dinyatakan untuk menggambarkan presisi (ketepatan) maka dengan presisi yang tinggi memberikan makna bahwa penelitian tersebut dilakukan dengan tingkat kesalahan yang kecil.

Proses koagulasi pada pH optimum dan konsentrasi optimum telah terjadi penurunan nilai kekeruhan, penurunan tersebut diakibatkan pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap.

Hasil pengamatan kadar LAS dan fosfat dari proses koagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.9 di atas. Kadar LAS pada tahap ini terjadi penurunan kadar dari 2,659 mg/L menjadi 0,720 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar LAS sebesar 72,9%, sedangkan kadar fosfat dari proses koagulasi terjadi penurunan kadar dari 0,988 mg/L menjadi 0,106 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar fosfat sebesar 89,2%. Efisiensi penurunan kadar LAS dan fosfat dari proses koagulasi kurang memberikan efisiensi penurunan yang baik dibandingkan dengan efisiensi penurunan pada nilai kekeruhan.

B. Penentuan Nilai Kekeruhan, LAS dan Fosfat Pada Proses AOP Sistem UV/H₂O₂

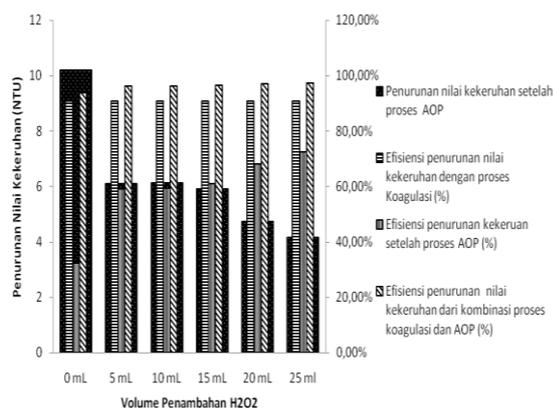
Pada proses koagulasi setelah didapatkan pH dan konsentrasi optimum. Maka untuk tahap selanjutnya dilakukan proses AOP sistem UV/H₂O₂. Hasil pengamatan nilai kekeruhan dan efisiensi penurunan nilai kekeruhan dari proses koagulasi, AOP sistem C dan dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ disajikan dalam Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengamatan Nilai Kekeruhan dari Proses Koagulasi

No.	Sampel Setelah Proses AOP (NTU)	Efisiensi dengan Proses Koagulasi (%)	Efisiensi Setelah Proses AOP (%)	Efisiensi Kombi Nasi Proses Koagu Lasi dan AOP (%)
1	10,2	90,7	32,4	93,7
2	6,19	90,7	59	96,2
3	6,13	90,7	59,4	96,2
4	5,9	90,7	60,9	96,4
5	4,83	90,7	68	97
6	4,15	90,7	72,5	97,4

Berdasarkan Tabel 3, sebelum proses koagulasi, ditentukan terlebih dahulu nilai kekeruhan awal limbah cucian rumah tangga tersebut. yaitu sebesar 164 NTU. Setelah proses koagulasi, terjadi penurunan nilai kekeruhan yaitu sebesar 15,1 NTU. Pada tahap koagulasi mengalami penurunan nilai kekeruhan sebanyak 148 NTU. Setelah proses AOP nilai kekeruhan mengalami penurunan dari 15,1 menjadi 4,15 NTU atau turun sebesar 10,9 NTU pada penambahan volume 25 mL H₂O₂ pengolahan limbah cucian rumah tangga dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ dapat menurunkan nilai kekeruhan sebanyak 156 NTU dari kadar awal 164 NTU.

Diagram efisiensi penurunan kekeruhan dari proses koagulasi, AOP sistem UV/ H₂O₂ dan dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Efisiensi Penurunan Nilai Kekeruhan dari Proses Koagulasi

Dilihat dari Gambar 1, dibuktikan bahwa telah terjadi penurunan nilai kekeruhan pada limbah cucian rumah tangga yang diolah dengan menggunakan variasi pH dan dosis optimum dengan proses koagulasi dan proses AOP sistem UV/H₂O₂ pada pH 3. Dari data tersebut, diperoleh kondisi maksimum penurunan nilai kekeruhan limbah cucian rumah tangga dari proses koagulasi dengan efisiensi penurunan nilai kekeruhan 90,7%, Efisiensi penurunan nilai kekeruhan maksimum dari proses AOP sistem UV/H₂O₂ yaitu sebesar 72,5%, dan efisiensi penurunan nilai kekeruhan dari kombinasi proses koagulasi dan proses AOP sistem UV/H₂O₂ sebesar 97,4%. Dilihat dari efisiensi penurunan kekeruhan yang diperoleh, efisiensi penurunan nilai kekeruhan dari keseluruhan tahapan pengolahan menjadi semakin besar.

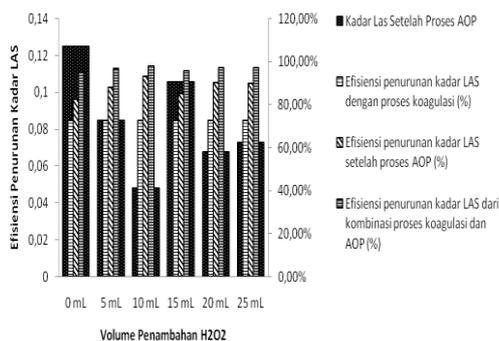
Berdasarkan hasil penelitian, pada proses AOP UV/ H₂O₂ dilakukan pemeriksaan kadar LAS pada deterjen. Kadar LAS sampel sebelum diberi perlakuan 2,659 mg/L. Nilai LAS awal pada limbah tidak melebihi baku mutu yang ditentukan pada Kep-51/MENLH/10/1999, namun demikian setelah dilakukan proses koagulasi dan sistem AOP UV/H₂O₂ terjadi penurunan pada nilai LAS. Hasil pengamatan kadar LAS serta efisiensi penurunan kadar LAS dari proses koagulasi, AOP sistem UV/H₂O₂ dan dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/H₂O₂ disajikan dalam Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Kadar LAS dari Proses Koagulasi

No	Kadar LAS Sete Lah Proses AOP (Mg/L)	Efisiensi Dengan Proses Koagu Lasi (%)	Efisi Ensi Sete Lah Proses AOP (%)	Efisi Ensi Kombi Nasi Pro Ses Koagu Lasi Dan AOP (%)
1	0,125	72,9	82,6	95,2
2	0,085	72,9	88,1	96,8
3	0,048	72,9	93,3	98,1
4	0,106	72,9	85,2	96
5	0,068	72,9	90,5	97,4
6	0,073	72,9	89,8	97,2

Berdasarkan Tabel 4 sebelum proses koagulasi ditentukan terlebih dahulu kadar LAS awal limbah cucian rumah tangga tersebut yaitu sebesar 2,659 mg/L. Setelah proses koagulasi, terjadi penurunan kadar LAS yaitu sebesar 0,720 mg/L. Pada tahap koagulasi mengalami penurunan kadar LAS 1,939 mg/L. Setelah proses AOP kadar LAS mengalami penurunan dari 0,720 mg/L menjadi 0,073 mg/L atau sebesar 0,647 mg/L pada penambahan volume 10 mL H₂O₂ pengolahan limbah cucian rumah tangga dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ dapat menurunkan kadar LAS sebanyak 2,586 mg/L dari kadar awal 2,659 mg/L.

Diagram efisiensi penurunan kadar LAS dari proses koagulasi, AOP sistem UV/ H₂O₂ serta dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Efisiensi Penurunan Kadar LAS dari Proses Koagulasi

Berdasarkan Gambar 2, hasil pemeriksaan kadar LAS dari proses AOP sistem UV/H₂O₂ terjadi penurunan pada penambahan H₂O₂ dengan volume 10 mL, sehingga penambahan volume optimum untuk menurunkan kadar LAS pada penelitian ini adalah 10 mL. Efisiensi penurunan kadar LAS setelah proses koagulasi, AOP dan dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/H₂O₂ pengolahan berturut-turut sebesar 72,9%, 93,3% dan 98,1%.

Hasil pengamatan untuk nilai fosfat sebelum dilakukan perlakuan yaitu sebesar 0,988 mg/L. Nilai fosfat awal pada limbah tidak melebihi baku mutu yang ditentukan pada Kep-51/MENLH/10/1999, namun demikian setelah dilakukan proses koagulasi dan sistem AOP UV/H₂O₂ terjadi penurunan pada nilai fosfat. Hasil pengamatan kadar fosfat serta efisiensi penurunan kadar fosfat dari proses koagulasi, sistem AOP UV/H₂O₂ dan dari keseluruhan tahapan pengolahan ini yang disajikan dalam Tabel 5

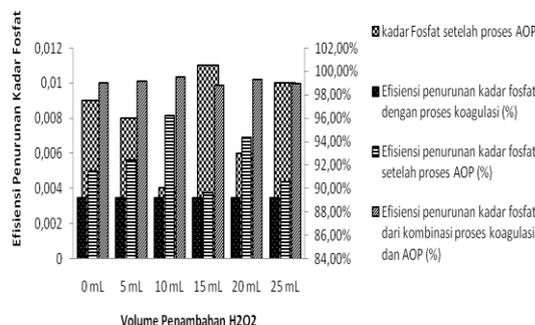
Tabel 5. Hasil Pengamatan Kadar Fosfat dari Proses Koagulasi

No	Kadar Fosfat Setelah Proses AOP (Mg/L)	Efisi Ensi Deng An Pro Ses Koagu Lasi (%)	Efisiensi Setelah Proses AOP (%)	Efisi Ensi Kombi Nasi Pro Ses Koagulasi Dan AOP (%)
1	0,009	89,2	91,5	99,0
2	0,008	89,2	92,4	99,1
3	0,004	89,2	96,2	99,5
4	0,011	89,2	89,6	98,8
5	0,006	89,2	94,3	99,3
6	0,010	89,2	90,5	98,9

Berdasarkan Tabel 5, sebelum proses koagulasi, ditentukan terlebih dahulu kadar fosfat awal limbah cucian rumah tangga tersebut yaitu sebesar 0,988 mg/L. Setelah proses koagulasi, terjadi penurunan kadar fosfat yaitu sebesar 0,106 mg/L. Pada tahap koagulasi mengalami penurunan kadar fosfat 0,882 mg/L. Setelah proses AOP kadar fosfat mengalami penurunan dari 0,106 mg/L menjadi 0,004 mg/L atau turun sebesar 0,102 mg/L pada

penambahan volume 10 mL H₂O₂ pengolahan limbah cucian rumah tangga dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ dapat menurunkan kadar fosfat sebanyak 0,984 mg/L dari kadar awal 0,988 mg/L.

Efisiensi penurunan kadar fosfat dari proses koagulasi, AOP sistem UV/ H₂O₂ dan dengan kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/ H₂O₂ disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Efisiensi Penurunan Kadar Fosfat dari Proses Koagulasi

Dilihat dari Gambar 3, hasil pemeriksaan kadar fosfat setelah diberi perlakuan dengan proses AOP sistem UV/H₂O₂ terjadi penurunan pada penambahan H₂O₂ dengan volume 10 mL, sehingga penambahan volume optimum untuk menurunkan kadar fosfat pada penelitian ini adalah 10 mL. Efisiensi penurunan kadar fosfat setelah proses koagulasi, AOP dan dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/H₂O₂ berturut-turut sebesar 89,2%, 96,2% dan 99,5%.

Proses AOP UV/H₂O₂ ini dilakukan dalam suasana asam dalam kondisi optimum yaitu pH 3, reagen yang digunakan yaitu H₂SO₄. Hal ini berdasarkan penelitian yang dilakukan Tedy yaitu foto-oksidasi UV/H₂O₂ untuk pengolahan zat warna DY pada industri tekstil non-biodegradasi dengan *multi-lamp bubble column photoreaktor* yang menyatakan kondisi optimum yaitu pada pH 3. Selain itu digunakannya pH 3 karena proses AOP hanya dapat berlangsung dalam suasana asam. Hal ini dikarenakan dengan semakin kecilnya pH, semakin banyak ion H⁺ yang dapat berikatan dengan radikal O₂⁻ membentuk H₂O₂ (Tedy, 2011. dalam Novi 2013).

Hasil penelitian didapatkan bahwa efisiensi penurunan nilai kekeruhan, kadar LAS dan fosfat mencapai 98%. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah dengan menggunakan proses koagulasi dikombinasikan dengan proses AOP sistem UV/H₂O₂ sangat efektif dalam menurunkan kadar LAS dan fosfat pada proses pengolahan limbah cucian rumah tangga. Untuk penurunan nilai kekeruhan dari proses AOP sistem UV/ UV/H₂O₂ lebih rendah dibandingkan dengan proses koagulasi. Pada proses AOP sistem UV/ UV/H₂O₂ dapat menurunkan nilai kekeruhan hingga 72,5%.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa simpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut: 1) Kondisi optimum pada proses koagulasi untuk pengolahan limbah cucian rumah tangga dengan koagulan feri klorida (FeCl₃) pada pH 4 dan konsentrasi koagulan 25 mL. Efisiensi penurunan kekeruhan pada kondisi tersebut adalah 90,7%; 2) Efisiensi penurunan nilai kekeruhan, kadar LAS dan fosfat dari sistem AOP UV/H₂O₂ berturut-turut adalah 72,5% , 93,3% dan 96,2%; 3) Efisiensi penurunan nilai kekeruhan, kadar LAS dan fosfat dari kombinasi proses koagulasi dan AOP sistem UV/H₂O₂ berturut-turut sebesar 97,4%, 98,1% dan 99,5%

Berdasarkan penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penurunan kekeruhan dan kadar deterjen dengan bahan dasar LAS (*Linier Alkyl Benzene Sulfonate*) dan fosfat dengan proses koagulasi dan proses AOP Sistem UV/H₂O₂, dengan penambahan parameter seperti pH dan suhu untuk meningkatkan daya efisiensi maksimum.

Daftar Pustaka

- Adhitiastuti, Heryani.2008. *Pengolahan Limbah Deterjen Sintetik Dengan Trickling Filter*.Semarang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Anton,Selamet .2008. *Metode Pengolahan Deterjen*. <http://.wordpress.com> (diakses tanggal 6 September 2013).
- Aryanti,Eka.2009 *Komposisi Deterjen*. Bandung.Jurusan Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Egar. A. 2011. *Fosfat Penyebab Eutrofikasi*. Surabaya. Jurusan Teknik Kimia. FTI UPN Jatim.
- Golean.B.A.2013. *Koagulasi dan Flokulasi*.Malang. Jurusan Kimia. FMIPA.Universitas Negeri Malang.
- Hardi,Maulana. 2003. *Pengolahan Limbah Deterjen*. Jakarta .Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana. Universitas Airlangga.
- Heryani. A, Puji, H. 2008. *Pengolahan Limbah Deterjen Sintetik* (Makalah Penelitian) <http://eprints.undip.ac.id> (Diakses tanggal 2 September 2013)
- Jhonatan, scheibel.2009. *Metode Koagulasi Limbah*. Departemen Teknik Kimia, FakultasTeknik-Universitas Indonesia: Depok dan jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan ageng Tirtayasa.
- Kasiana .Indah. 2013. *Mengetahui Dampak Air Limbah Deterjen Terhadap Organisme*. <http://tutorjunior.blogspot.com> (Diakses tanggal 2 September 2013).
- Kurniati,Elly. 2009. *Penurunan Konsentrasi Deterjen Pada Limbah deterjen dengan Metode Pengendapan Menggunakan FeCl₃*. Surabaya. Jurusan Teknik Kimia. FTI UPN "Veteran" Jatim.
- Marurung, Jeolin. 2009. *Studi Efek Jenis dan Berat Koagulan Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan Pada Pengolahan Air Limbah Deterjen Dengan Cara Koagulasi*. Skripsi. Fakultas MIPA Uniuversitas Sumatra Utara. Medan.
- Nurhayati. 2009. *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Biofilter*. <http://www.greenradio.com>. (Diakses tanggal 29Agustus 2013).
- Peraturan Menteri Lingkungn Hidup No. 112 Tahun 2003. *Tentang Air Limbah Domestik Air Limbah yang Berasal Dari Usaha dan Atau Kegiatan Pemukiman, Rumah Makan,Perkantoran, Aparteman dan Asrama*.
- Puspitasari, Dyah Pratama.2006. *Adsorpsi surfaktan Anionik pada berbagai pH Menggunakan Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida*. Skripsi. Departemen Kimia Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Retnaningdyah,c.,s. Samino, Suharjo, I. Doddy dan Prayitno, 2009. *Uji Toksitas Akut Surfaktan Deterjen (LAS dan ABS) terhadap Beberapa Sungai*. Jakarta. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Tenik Universitas Indonesia.
- Rochman, Faidur.2009. *Pembuatan Ipal Mini Untuk Limbah Deterjen Domestik*. (Makalah Penelitian) <http://eprints.undip.ac.id> (Diakses tanggal 2 Maret 2014)
- Rosariawari, Fira. 2009. *Efektifitas Multivalen Metal Ions Dalam Penurunan Kadar Pospat Sebagai Bahan Pembentuk Deterjen*. Surabaya. Progdil Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Pencemaran. Universitas Pembangunan Nasional.

- Sigid, hariyadi. 2004. *Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Indonesia.
- Sopiah. R. Nida. 2009. *Laju Degradasi Surfaktan Linear Alkil Benzena Sulfonat (LAS) Pada Limbah Deterjen Secara Anaerob*. Jakarta. Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Soekidjo Notoatmojo. 2007. *Bahan Penyebab Kekeruhan*. Jakarta. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Sunan., Kustiningsih, I.,Jayanudin, Usmanizar,D.,Yulianti, E.2009. *Degradasi dengan metode fotokatalisis menggunakan reaktor Annular Uv-C*.Cilegon. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik-Universitas Indonesia: Depok dan jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan ageng Tirtayasa.
- Tresna dewi, Novi. 2013. *Penurunan kekeruhan dan fenol pada limbah industri tekstil dengan sistem fotokimia UV/H₂O₂*. Tugas Akhir.Singaraja. jurusan Analisis kimia. FMIPA.Universitas Pendidikan Ganesha.
- Yuliati,Suci.2006. *Proses koagulasi-Flokulasi Pada Pengolahan Tersier limbah Cair PT. Capsugel Indonesia*. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.