

USAHA PENINGKATAN KUALITAS AIR DENGAN VARIASI PENAMBAHAN TAWAS-LEMPUNG KERING “AMPO” PADA LIMBAH DOMESTIK YANG MENGANDUNG DETERJEN

Nilna Amal¹⁾

Abstract – Detergent is one type of pollutants that found in domestic wastewater disposal, especially produced from laundry activities. Accumulated detergent physically effected to water body causes foaming and high turbidity therefore causes bad smell. Nowadays, there are no many well known research easily and effectively to remove detergent content. This research proposes an easy and moderate process to remove detergent content from domestic effluent with cheap and available materials. It can useful as references to design some unit operation of wastewater treatment for domestic effluent with detergent contents. For this aim, it has chosen a treatment system coagulation flocculation which give alum coagulant and dry clay coagulant aid called “ampo”, thereafter rapid mixing is conducted along 5 minutes, this process continue with sedimentation. This research is conducted in laboratories scale use simulation water thereafter, tried to the real wastewater effluent. Detergent content variable vary from 20 mg/l, 60 mg/l and 100 mg/l then optimum alum dosage is determined. It is used to determine the optimum dosage alum-dry clay “ampo” combination with various detention time variables. Research finding shows linear correlation between initial detergent content with less of it. It means that if the more detergent content used the lower efficiency occur. The detention time also influence in process decreasing of detergent content, 48 hours is the best condition. Optimum condition found at optimum dosage alum 125 mg/l and ampo 25 g/l and the 48 hours detention time which reach 41%.in efficiency.

Keywords: wastewater, coagulant, tawas

PENDAHULUAN

Pengelolaan terhadap limbah secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu pengelolaan terhadap lingkungan penerima limbah dan pengelolaan terhadap limbah sendiri sehingga tidak mengganggu lingkungan yang menerimanya. Studi penting yang sering dilakukan saat ini adalah studi mengenai pengelolaan limbah yaitu upaya agar limbah yang dibuang tidak mencemari lingkungan atau masih dapat ditoleransi pada batas-batas tertentu.

Salah satu bahan pencemar yang hampir selalu ada dalam setiap kegiatan domestik adalah deterjen. Pemakaian deterjen begitu meluas sementara lingkungan penerima limbah yang berupa badan air tidak mempunyai kemampuan “self purification” terhadap bahan ini sehingga diperlukan suatu perlakuan yang

membuat kandungan deterjen dalam air buangan rumah tangga menjadi berkurang atau bahkan hilang. Deterjen yang menumpuk pada badan air secara fisik menimbulkan efek pada perairan seperti timbulnya buih dan kekeruhan air yang pekat serta dapat menimbulkan bau yang menusuk dan mengganggu.

Hingga saat ini belum dikenal suatu pengolahan yang mudah dan efektif menghilangkan deterjen. Penelitian ini mengusulkan suatu teknologi sederhana dengan bahan-bahan yang murah dan mudah didapat. Dari beberapa tahap pengolahan pendahuluan limbah dipilih cara konvensional yang diasumsikan akan berpengaruh pada pengurangan kadar deterjen dalam air limbah. Proses pengolahan sederhana tersebut berupa koagulasi yakni penambahan suatu bahan tertentu ke dalam air limbah yang lazim disebut koagulan

Dua macam bahan yang biasa digunakan sebagai koagulan (Davis dan Cornwell, 1991) adalah aluminium (Al^{3+}) dan besi *Ferric* (Fe^{3+}). Bahan koagulan lain adalah kapur (*lime*) yang dapat diterapkan menjadi beberapa variasi bentuk kimia yang karakternya adalah konsentrasi alkalinitasnya tinggi dan sering mengandung kalsium dan oksigen dan sedikit magnesium (Culp dkk, 1978). Dalam penelitian akan dipakai tawas sebagai bahan koagulan utama dan lempung kering “ampo” sebagai bahan tambah koagulan. Ampo biasa digunakan pada pembuatan jamu-jamu tradisional sehingga merupakan bahan yang umum dikenal masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan lempung khususnya ampo sebagai bahan tambah koagulan yang akan dikombinasikan dengan tawas dalam mengurangi kadar deterjen dan angka $KMnO_4$. Secara khusus penelitian bertujuan :

1. mengetahui dosis tawas optimum sebagai bahan koagulan utama
2. mengetahui kemampuan lempung kering ampo sebagai bahan tambah koagulan dan menentukan dosis optimumnya
3. mengamati hubungan antara kandungan deterjen awal dengan efisiensi pengolahan serta pengaruh waktu pengendapan terhadap pengolahan.

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan bahan penelitian dibuat dengan simulasi.

KAJIAN TEORITIS

Karakteristik Limbah Domestik

Menurut Davis dan Cornwell(1991), limbah domestik dapat dikenali karakteristiknya melalui: karakter fisik, karakter kimia dan karakter biologi.

Ditinjau dari karakter fisiknya limbah domestik merupakan limbah yang baru dihasilkan dan bersifat aerobik. Temperatur air limbah dalam keadaan normal berkisar $10^{\circ}C$ hingga $20^{\circ}C$. Secara umum temperatur air limbah akan lebih besar

daripada temperatur air minum. Hal ini disebabkan adanya tambahan air hangat yang berasal dari rumah tangga dan pemanasan yang terjadi di dalam struktur pemipaan.

Karakter kimia dapat diidentifikasi dari senyawa atau bahan kimia yang ditemukan di dalam air limbah, jumlahnya sangat banyak sehingga perhatian terhadap karakteristik kimia limbah domestik biasanya difokuskan pada jenis-jenis senyawa yang umum ditemukan dalam limbah. pH untuk semua jenis air limbah akan berkisar pada rentang 6,5-8,5.

Karakteristik biologi limbah (Corbitt, 1990) yang ditemukan dalam limbah domestik adalah penting sekali untuk pertimbangan masalah kesehatan masyarakat, yang berasal dari sumber limbah dan mikroorganisme alami yang ada pada limbah.

Komposisi limbah domestik menunjukkan keberadaan kuantitas bahan-bahan fisik, kimia dan biologi secara aktual. Air yang disediakan pada kegiatan rumah tangga secara khas mengandung bahan mineral dan organik dan setelah penggunaan untuk kepentingan sanitari dan kegiatan domestik akan mendapat tambahan berupa *feces*, urine, kertas dan substansi lain. Sebagian dari bahan-bahan tersebut akan tinggal sebagai suspensi sementara yang lain akan mengalir sebagai larutan atau akan berupa partikel-partikel halus yang pada akhirnya menjadi partikel koloid secara alamiah.

Deterjen atau biasa disebut *surfactans* atau *surface active agents* (Metcalf dan Eddy, 1991) adalah sejumlah besar molekul organik yang sulit larut dalam air dan menyebabkan timbulnya busa dalam pengolahan air limbah dan dalam permukaan air yang sudah mengandung *surfactans*.

Surfaktan biasanya mengumpul pada *interface* (ruang antara) air dan udara. Komponen ini mengumpul pada permukaan gelembung-gelembung udara dan kemudian menjadi busa yang sangat kental selama aerasi air limbah. Penentuan keberadaan

surfaktan adalah adanya perubahan warna dalam larutan standar dari *methylene blue dye*, nama lain untuk surfaktan adalah *methylene blue active substance* (Metcalf dan Eddy, 1991). Deterjen sintesis lebih mudah larut daripada sabun dan karena garam magnesium dan kalsiumnya dapat larut, deterjen lebih efektif dalam air dengan kesadahan tinggi.

Dasar-dasar Teori dalam Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah dimaksudkan untuk menghilangkan zat-zat tersuspensi, zat organik dan bakteri patogen serta bahan berbahaya beracun yang tujuan akhirnya adalah melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungannya (Saraswati, 1996). Tujuan dari pengolahan limbah (Siti Syamsiah, 1995) adalah mempercepat proses alami pada kondisi yang terkontrol (dalam suatu unit pengolah limbah) untuk mengurangi atau menghilangkan bahan-bahan polutan dalam limbah tersebut.

Metode pengolahan limbah dengan aplikasi operasi atau teknis yang sangat mengandalkan proses fisik dikenal sebagai unit operasi fisik (Metcalf dan Eddy, 1991). Pengolahan secara fisik dilakukan untuk menghilangkan zat-zat tersuspensi dan terapung dengan proses pengapungan, pengendapan ataupun penyaringan. Hasil yang diharapkan adalah penurunan kandungan zat tersuspensi (*suspended solid*) yang cukup berarti dan sedikit penurunan BOD (Saraswati, 1996). Penapisan (*screening*), pencampuran (*mixing*), flokulasi, sedimentasi, pengapungan (*flotation*), filtrasi dan transfer gas merupakan jenis-jenis operasi unit ini. Pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) dan pengolahan awal (*primary treatment*) termasuk dalam unit operasi ini.

Metode pengolahan dalam menghilangkan suatu bahan kimia atau membandingkan bahan yang terdapat di dalam suatu limbah cair dengan tambahan bahan kimia atau reaksi kimia lain dikenal sebagai unit operasi kimia. Presipitasi/pengendapan, adsorpsi dan disinfeksi adalah

contoh-contoh yang umum digunakan dalam pengolahan limbah pada unit ini (Metcalf dan Eddy, 1991).

Pengolahan yang paling baik dalam pengendapan kimia adalah dengan menghasilkan endapan kimia yang akan tinggal sebagai endapan yang akan dibuang. Endapan ini pada umumnya akan mengandung bahan yang telah bereaksi dan bahan kimia tambahan yang digunakan pada proses pengolahan sebelumnya (Metcalf dan Eddy, 1991).

Jenis-jenis Pengolahan Air Limbah

Proses pembenahan limbah yang paling umum (Mahida, 1992) mencakup pekerjaan-pekerjaan (operasi-operasi) sebagai berikut : penyaringan, pembuangan minyak dan minyak pelumas, sedimentasi zat-zat organik dan zat mineral yang terurai halus, peredaran udara dan oksidasi serta penyelesaian akhir.

Proses-proses yang berlainan itu secara kasar dapat dikelompokkan sebagai berikut (Mahida, 1992) :

1. pengolahan secara mekanis yang terdiri dari penyaringan, pengambilan buihnya, pengembangan dan sedimentasi.
2. pembenahan secara kimiawi meliputi pengentalan, penghilangan bau dan sterilisasi (mematihamakan).
3. Pembenahan secara biologis yang tergantung pada aktivitas sekelompok organisme baik yang hidup dalam lingkungan yang alamiah seperti pada batang-batang air atau lapisan tanah atau dalam lingkungan yang diciptakan secara buatan seperti dalam saringan-antara, tangki septic atau tangki-tangki imhoff, instalasi pembenahan lumpur atau saringan-saringan kecil/halus yang bersusun.

Pengolahan dengan Koagulasi Flokulasi

1. Kondisi partikel di dalam larutan

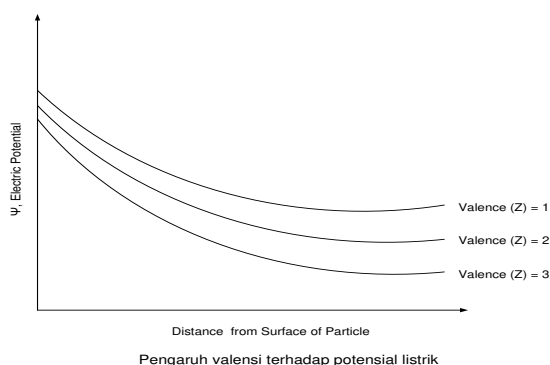
Ada dua jenis penyebaran partikel padat di dalam larutan. Perbedaan ini didasarkan pada gerak permukaan partikel terhadap air. Partikel *hidrophobic* mempunyai gerak yang relatif kecil terhadap

air dan partikel *hydropilic* mempunyai gerak yang besar terhadap air (Metcalf dan Eddy, 1991).

Partikel-partikel koloid mempunyai sifat yang stabil biasanya mengapung di dalam larutan dan tidak dapat dihilangkan dengan sedimentasi atau filtrasi. Partikel-partikel dalam interval ukuran partikel koloid adalah sangat kecil untuk dapat diendapkan dalam waktu yang singkat dan terlalu kecil untuk dijerat oleh lubang-lubang suatu filter (Davis dan Cornwell, 1991).

Keadaan yang stabil di dalam larutan terjadi karena mereka memiliki muatan negatif sehingga membuat partikelnya saling berjauhan sebelum bertubrukan satu sama lain. Partikel-partikel koloid ini berada di dalam suatu gerakan yang disebut Gerak Brown (*Brownian Movement*) yang merupakan gerak partikel yang tidak teratur. Muatan permukaan yang lebih besar akan menyebabkan kestabilannya menjadi lebih besar (Davis dan Cornwell, 1991).

Destabilisasi partikel koloid dapat dilakukan dengan menetralkan muatannya. Netralisasi biasanya dilakukan dengan penambahan ion yang muatannya berlawanan ke dalam koloid. Tambahan ion sodium (Na^+) akan mereduksi muatan partikel koloid yang negatif. Schulze dan Hardy (dalam Davis dan Cornwell, 1991) menemukan bahwa satu mol ion bervalensi tiga dapat mereduksi 30-50 mol dari yang mampu direduksi ion bervalensi dua dan 1500-2500 mol yang mampu direduksi oleh ion bervalensi satu, aturan ini sering disebut dengan aturan *Schulze-Hardy*.



Gambar 1. Pengaruh Volensi Terhadap Potensial Listrik

2. Proses Koagulasi Flokulasi

Tujuan koagulasi adalah untuk mengubah partikel koloid sehingga mereka dapat melekat satu sama lain. Selama terjadinya koagulasi, ion positif yang ditambahkan ke dalam larutan akan mereduksi muatan permukaan dengan tujuan agar koloid tidak saling menolak satu sama lain (Davis dan Cornwell, 1991). Reaksi koagulasi terjadi dengan sangat cepat, sehingga diperlukan pencampuran yang cepat untuk menyebarkan bahan koagulan sehingga menyebar ke seluruh bagian air limbah (Culp dkk, 1978).

Dua teori telah dikembangkan (Culp dkk, 1978) untuk menjelaskan mekanisme dasar yang ada dalam stabilitas dan ketidakstabilan sistem koloid yaitu :

1. Teori kimia yang mengasumsikan bahwa koloid merupakan kumpulan dari suatu unit struktur kimia tertentu dan menyatakan bahwa koagulasi terjadi karena suatu reaksi kimia yang spesifik antara partikel koloid dan penambahan koagulan kimia.
2. Teori fisika yang menyatakan bahwa penurunan atau pengurangan kekuatan untuk tetap mempertahankan agar koloid – koloid tetap terpisah terjadi selama penurunan tenaga elektrostatis.

Koagulasi dan flokulasi merupakan penambahan suatu reagen kimia pembentuk flok ke dalam air limbah untuk menggabungkan padatan koloid (tidak mengendap) dan padatan tersuspensi membentuk suatu flok yang dapat mengendap dengan cepat kemudian flok dipisahkan dengan sedimentasi (Sarto, 1994).

Bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air harus tercampur dengan air secara baik jika diinginkan terjadinya reaksi-reaksi kimia dalam proses koagulasi, metode fisik yang diperlukan untuk melengkapi proses kimia dalam koagulasi ini disebut flokulasi (Davis dan Cornwell, 1991).

Pengadukan (*mixing*) atau pengadukan cepat (*rapid mixing*) (Davis dan Cornwell, 1991) sering disebut sebagai suatu proses yang dengan proses ini bahan kimia dengan

cepat dan menyeluruh tersebar di dalam air. Idealnya bahan kimia tersebut akan secara langsung dan cepat terdispersi di dalam air. Selama proses koagulasi, reaksi kimia yang terjadi membentuk endapan, setelah endapan terbentuk kemudian terjadi kontak antar partikel sehingga mereka dapat menggumpal dan membentuk partikel yang lebih besar yang disebut flok-flok, proses ini disebut flokulasi.

3. Bahan dan Dosis Koagulan

Syarat-syarat yang harus dimiliki oleh suatu bahan untuk berperan sebagai koagulan adalah kation bervalensi tiga, tidak beracun dan tidak dapat larut dalam air. Bahan koagulan yang biasa dipakai dan memenuhi syarat ini adalah aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) atau yang sering disebut alum (Kamulyan, 1996), bahan ini di pasaran bisa didapatkan dalam bentuk tawas kering atau cair, merupakan bahan yang sering dipakai dalam pengolahan karena harganya yang murah dan mudah diperoleh di pasaran.

Dosis optimum yang dibutuhkan dalam proses koagulasi flokulasi (Davis dan Cornwell, 1991) harus ditentukan dengan pengujian laboratorium. Dosis suatu bahan koagulan untuk suatu air baku tertentu tidak dapat dihitung secara tepat, walaupun secara kualitatif faktor-faktor yang berpengaruh pada proses koagulasi flokulasi dapat diketahui dengan baik berdasarkan teori yang mendasarinya. Cara praktis untuk menentukan dosis bahan koagulan adalah dengan percobaan *Jar test* (Kamulyan, 1996). *Jar test* dilakukan dengan suatu alat yang terdiri atas biasanya 6 buah gelas ukur berukuran minimal 1000 ml yang ukuran dan bentuknya sama. Masing-masing dimasukkan air sampel dengan parameter sudah ditentukan dan dosis bahan koagulan bervariasi, salah satu dari sampel berfungsi sebagai kontrol (Peavy dkk, 1986). *Jar test* juga menjelaskan mekanika koagulasi.

Koagulan tambahan kadang diperlukan untuk menambah efektifitas proses koagulasi (Sarto, 1994). Bahan tambah koagulan yang digunakan sebagai

pengatur pH adalah silika aktif, lempung dan polimer. Proses koagulasi dapat dipercepat dengan penambahan kekeruhan yang ini dapat dilakukan dengan menambahkan lempung. Lempung bekerja dengan memberi muatan negatif yang kecil dan menambah berat flok. Lempung juga sangat berguna untuk air yang berwarna dan air dengan kekeruhan rendah (Davis dan Cornwell, 1991).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium dengan prosedur sebagai berikut :

1. Pembuatan air simulasi. Dilakukan dengan pengambilan air rendaman pakaian dengan pemberian deterjen dikontrol sebesar 20mglt^{-1} , 60mglt^{-1} dan 100mglt^{-1} .
2. Penentuan dosis optimum tawas. Air simulasi dimasukkan dalam gelas ukur 1000 ml sebanyak 5 sampel. Ke dalam masing-masing gelas ukur dimasukkan tawas dengan dosis 75, 100, 125, 150 dan 175 mglt^{-1} . Setelah itu dilakukan pengendapan hingga secara fisik dapat diamati bahwa telah terbentuk cukup banyak flok atau jonjot. Untuk masing-masing kandungan deterjen dilakukan perlakuan yang sama.
3. Dosis optimum pada langkah dua digunakan untuk menentukan dosis optimum lempung sebagai bahan tambah koagulan. Dilakukan cara yang sama dengan diatas untuk dosis lempung masing – masing 5, 10, 15, 20 dan 25 glt^{-1} . Percobaan dilakukan pada berbagai waktu pengendapan untuk mencari hasil terbaik, waktu pengendapan yang dipilih adalah 6 jam, 24 jam dan 48 jam, waktu ini dipilih karena secara fisik dapat dilihat perbedaan nyata pada setiap sampel.
4. Setelah ditemukan dosis optimum dilakukan pengolahan air limbah yang sebenarnya untuk melihat efisiensinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

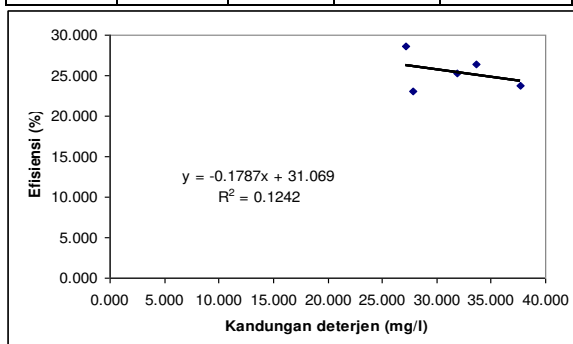
Pengaruh Kandungan Deterjen Awal terhadap Efisiensi Pengolahan

Pada proses koagulasi flokulasi dengan hanya menggunakan tawas diperoleh penurunan deterjen yang rendah yaitu sebesar 13 % yaitu 1613 mg^l⁻¹ dan sesudah penambahan tawas 1406,9 mg^l⁻¹ dengan dosis tawas 150 mg^l⁻¹. Pada kandungan deterjen yang lebih rendah yakni 3,422 mg^l⁻¹ bahkan efisiensinya hanya 5 %.

Salah satu hasil penelitian dengan dosis tawas optimum 125 mg^l⁻¹ dan waktu pengendapan 48 jam disajikan berikut ini.

Tabel 1. Hubungan deterjen awal dan efisiensi pengolahan

Sampel No	Det awal	Det akhir	Det yang hilang	Efisiensi
	mg ^l ⁻¹	mg ^l ⁻¹	mg ^l ⁻¹	%
1	27.187	19.421	7.766	28.565
2	27.887	21.450	6.437	23.082
3	31.944	23.889	8.055	25.216
4	33.623	24.739	8.884	26.422
5	37.681	28.726	8.955	23.765



Gambar 2. Grafik Hubungan Kandungan Deterjen Awal dengan Efisiensi Penurunan Deterjen setelah Pengolahan

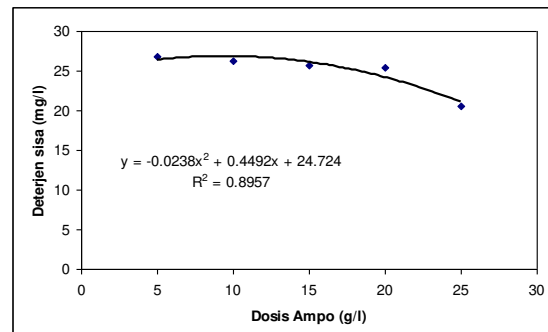
Dari gambar terlihat bahwa rata-rata deterjen mengalami penurunan kandungan sebesar 8,0164 mg^l⁻¹. dengan efisiensi rata-rata 25,401%. Pengurangan kandungan deterjen terbesar yaitu 28,565 didapatkan pada sampel dengan kandungan deterjen awal 27,187 mg^l⁻¹.

Secara keseluruhan pengurangan konsentrasi deterjen dari dalam air limbah tidak terlalu tergantung pada kandungan awal karena untuk setiap sampel terlihat bahwa secara umum semakin tinggi

konstraksi awal akan semakin banyak deterjen yang dapat dihilangkan dari dalam limbah, hal ini juga dapat disimpulkan dari kecilnya korelasi (nilai R²), hubungan kedua nilai ini adalah linear.

Pengaruh Ampo dan Waktu Pengendapan terhadap Efisiensi Pengolahan

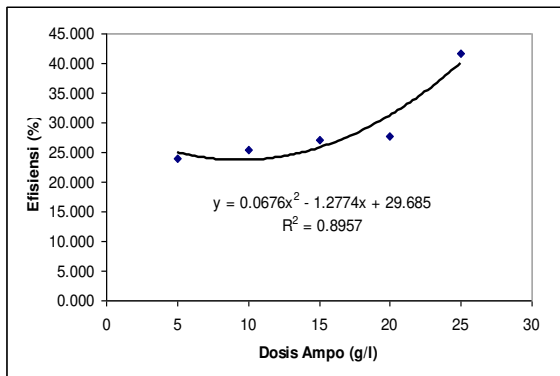
Penambahan ampo berpengaruh cukup besar pada reduksi konsentrasi deterjen dari dalam air. Penambahan lempung kering dengan dosis 5 g^l⁻¹. pada kadar awal deterjen sebesar 35,162 mg^l⁻¹. mampu menurunkan kandungan deterjen hingga 8,395 mg^l⁻¹. dengan efisiensi 23,87%. Penambahan 10 g^l⁻¹, 15 g^l⁻¹, 20 g^l⁻¹. dan 25 g^l⁻¹. dengan kadar awal deterjen sama yakni 35,162 mg^l⁻¹. masing-masing menghasilkan kandungan deterjen residu 26,207 mg^l⁻¹., 25,648 mg^l⁻¹., 25,438mg^l⁻¹. dan 20,541 mg^l⁻¹. Didapatkan efisiensi berturut-turut sebesar 25,47%, 27,06%, 27,65% dan 41,58%. Hubungan antara banyaknya deterjen sisa dengan banyaknya penambahan lempung dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Dosis Ampo dan Deterjen Sisa

Dari gambar di atas dapat disimpulkan ada korelasi yang besar antara penambahan lempung kering dengan deterjen sisa dalam air limbah terlihat dari nilai R² sebesar 0,8957. Mineral-mineral lempung merupakan salah satu bahan yang paling sering ditemukan dalam air tanah. Struktur dan luas permukaan per unit berat mineral ini menyebabkan mineral lempung mempunyai kecenderungan yang kuat untuk menyerap jenis-jenis bahan kimia dari air (Manahan, 1990). Lempung kering yang ditambahkan dimaksudkan untuk membantu

kerja tawas. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan koagulasi flokulasi dimana deterjen yang merupakan salah satu bahan kimia menjadi berkurang konsentrasinya setelah ditambahkan lempung kering disamping tawas. Partikel-partikel deterjen yang merupakan salah satu jenis *assosiation coloid* (Manahan, 1990) dijerab oleh mineral-mineral lempung yang merupakan salah satu jenis *hydrophobic coloid*.



Gambar 4. Grafik Hubungan Dosis Ampo dengan Efisiensi Pengolahan

Efisiensi terlihat naik dengan bertambahnya dosis ampo (Gambar 4) sehingga disimpulkan ada korelasi yang besar antara penambahan ampo dengan efisiensi pengolahan. Dari berbagai variasi dosis lempung kering diperoleh hasil bahwa ada korelasi antara penurunan kandungan deterjen dengan tambahan dosis lempung kering sebesar 0,8957, hubungan ini dapat dilihat pada lampiran.. Sebagai perbandingan pada dosis tawas 125 mg/l¹. dan dosis ampo 15 gl¹. lama pengendapan 6 jam dan 48 jam efisiensinya masing-masing adalah 9,57% dan 13,22%. Pada dosis tawas 125 mg/l¹. dan lempung kering 25gl¹. diperoleh efisiensi hingga 41,58 %. Ini terjadi pada pengolahan dengan lama pengendapan 48 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa ampo mampu menjadi bahan tambah koagulan yang dikombinasikan dengan tawas. Hasil penelitian menunjukkan kandungan awal

deterjen tidak menentukan efisiensi pengolahan, hubungan kedua nilai ini adalah linear. Hubungan antara dosis ampo dan efisiensi ditunjukkan oleh persamaan kuadrat dan menunjukkan bahwa tambahan ampo menghasilkan kenaikan efisiensi. Pengolahan dengan menggunakan dosis optimum tawas 125 mg/l¹. dan ampo 25 gl¹. menghasilkan efisiensi pengurangan kandungan deterjen sebesar 41%. Secara keseluruhan terdapat peningkatan kualitas limbah cair dengan berkurangnya kandungan deterjen dalam air limbah setelah pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Corbitt, R. A., 1990. *Standard Handbook of Environmental Engineering*, McGraw-Hill, Inc.
- Culp, R. L., G. M. Wesner dan G. L. Culp., 1978. *Handbook of Advanced Wastewater Treatment*, Second Edition, MCGraw Hill, Inc.
- Davis, M. L dan D.A. Cornwell, 1991, *Introduction to Environmental Engineering*, Second Edition, MCGraw Hill, Inc.
- Kamulyan, B., 1996, *Teknik Penyehatan, Bagian A1 : Teknik Pengolahan Air*, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Mahida, U. N., 1992, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, CV Rajawali Jakarta.
- Metcalf dan Eddy, 1991, *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse*, third edition, MCGraw Hill, Inc.
- Saraswati, S. P, 1996, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Laboratorium Teknik Penyehatan dan

- Lingkungan, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Sarto, P, 1994, *Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia*, dalam Kumpulan Makalah Kursus Pengelolaan Limbah Rumah Sakit, PPLH UGM Yogyakarta.
- Siti Syamsiah, 1995, *Teknologi Pengolahan (Treatment) Limbah Cair Rumah Sakit*, dalam Kumpulan Makalah Kursus Pengelolaan Limbah Rumah Sakit, PPLH UGM Yogyakarta.