

STUDI PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH KOAGULAN “AMPO” PADA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK YANG MENGANDUNG DETERJEN DENGAN PROSES KOAGULAI FLOKULASI

Nilna Amal¹⁾

Abstract – The principles of wastewater treatment is to convert the objectionable material to less objectionable form, to dispers the pollutants so that their concentration are minimal, or to concentrate them for isolating them from the environment. Detergent content in domestic wastewater disposal has different characteristics from the others thereby they need special approach to remove from the effluent. This research intend to recognize whether there is correlation between detergent content and the other water quality parameters. Thereafter tried to treat domestic wastewater with coagulation flocculation process use alum as coagulant and dry clay which called “Ampo” as coagulant aid, then rapid mixing is conducted along 5 minutes, this process continue with sedimentation.

This research is conducted in laboratory scale use simulation water. Detergent content varies from 20 mg/l to 180 mg/l. The parameters are pH, Total Dissolved Solid (TDS) and KMnO₄. Research finding shows that there is linear correlation between detergent content with pH and TDS, for KMnO₄ the correlation undefinitive. It also found that there are increasing water quality that indicated with decreasing parameters after the treatment.

Keywords - detergent, coagulation, water quality parameter

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelolaan lingkungan hidup dengan segenap aspeknya dewasa ini sudah menjadi trend global yang menjadi perhatian publik baik praktisi maupun akademisi. Berbagai studi telah dan akan terus dilakukan terutama mengenai dampak limbah dan pengelolannya. Studi penting yang paling sering dilakukan saat ini adalah mengelola limbah sebelum dibuang ke lingkungan penerimanya sehingga lingkungan penerima limbah tidak tercemari oleh polutan-polutan yang ada di dalam limbah.

Sumber-sumber limbah sangat bervariasi dengan macam limbah yang dihasilkan juga bervariasi. Salah satu aktivitas yang tak pernah berhenti menghasilkan limbah adalah

kegiatan domestik khususnya lagi aktifitas pencucian. Kegiatan ini menjadi unik karena limbah yang dihasilkannya tidak melulu menghasilkan bahan-bahan organik seperti yang biasa terdapat dalam limbah domestik biasa. Deterjen dan atau sabun adalah salah satu bahan yang pasti terdapat dalam aktivitas mencuci sehingga bahan ini terdapat dalam jumlah besar di dalam limbah domestik.

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 di dalamnya sudah mengandung *surfactans*.

¹⁾ Staf pengajar Teknik Sipil Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

Selama ini limbah yang mengandung deterjen dibuang begitu saja ke badan air. Jenis *surfactans* sebelum tahun 1965 adalah *Alkyl benzene sulfonate* (ABS) yang menimbulkan masalah karena bentuk ini tidak dapat diurai secara biologis. Deterjen lain yang dapat diurai secara biologis adalah *Linear alkyl benzenesulfonate* (LAS). Masalah busa yang tak terurai banyak berkurang dengan penggunaan LAS (Metcalf dan Eddy, 1991). Meski demikian secara fisik akibat yang terlihat adalah timbulnya busa bila limbah ini menumpuk dalam waktu lama.

Dalam penentuan kualitas air dikenal bermacam parameter yang dapat dipakai sebagai indikator untuk menentukan keadaan suatu air baku atau limbah. Hingga saat belum ditemukan hubungan antar berbagai parameter kualitas air yang biasa diuji dengan kandungan deterjen. Dalam penelitian akan diperiksa parameter yang biasa dipakai dalam penentuan kualitas air pada limbah domestik yang mengandung deterjen yaitu pH, *Total Dissolved Solid* dan KMnO_4 . Penelitian mencoba merumuskan apakah ada hubungan antara peningkatan kandungan deterjen dalam limbah dengan kenaikan parameter kualitas air sebelum pengolahan. Kemudian dilakukan pengolahan sederhana dengan koagulasi flokulasi dengan bahan koagulan tawas dan bahan tambah koagulan yaitu lempung kering yang dikenal dengan "ampo" untuk dilihat pengaruh kandungan deterjen terhadap efisiensi pengurangan parameter limbah.

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.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan lempung sebagai bahan tambah koagulan yang akan dikombinasikan dengan tawas dalam mengurangi kandungan bahan organik dan kandungan bahan terlarut.

KAJIAN TEORITIS

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipakai yang berasal dari berbagai aktifitas kehidupan manusia yang digunakan untuk keperluan sanitari yang pada prinsipnya berasal dari rumah tangga. Limbah ini secara khas mengandunga suatu kombinasi campuran dari berbagai sumber yaitu dapur, kamar mandi, laundry dan sebagainya. Komposisi limbah domestik (Corbitt, 1990) 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 *faeces*, urine, kertas, sabun, mineral dari bahan pelembut/pencuci 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. Kandungan fisik, kimia dan biologi yang khas pada limbah domestik ditunjukkan oleh tabel berikut ini.

Tabel 1. kandungan fisik, kimia dan biologi dalam limbah domestic

Fisik	Kimia	Biologi
padatan, temperatur, warna, Bau	Organik: protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan	tumbuhan, hewan, virus
	Anorganik: pH, klorida, alkalinitas, nitrogen, fosfor, logam berat, gas, oksigen, hidrogen sulfida, metan	

Sumber : *Standard Handbook of Environmental Engineering* oleh R.A. Corbitt (1990).

Deterjen padat yang dijual di pasaran mengandung 10-30% surfaktan dan mengandung polifosfat kira-kira 6% untuk deterjen yang diproduksi tahun 1982 (Manahan, 1990). Kadar atau konsentrasi deterjen dalam limbah pada umumnya dinyatakan sebagai *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS) yang merupakan komponen utama deterjen (Syamsiah, 1995).

Kandungan lain deterjen yang termasuk anti korosif adalah sodium silikat dan polifosfat yang telah menyebabkan polusi lingkungan yang paling serius. Fosfat yang berasal dari deterjen dianggap merupakan sumber utama fosfat di dalam air (Manahan, 1990). Kadar fosfat yang terlalu besar di dalam sungai serta ditunjang keberadaan nutrisi lain akan menyebabkan pertumbuhan tanaman dan ganggang menjadi tidak terbatas, kondisi demikian dinamakan eutrofikasi (Martopo dan Sudarmadji, 1995). Beberapa efek lainnya dari deterjen yang terdapat di dalam proses pengolahan limbah adalah menurunkan tegangan permukaan, *colloid deflocculation* (pemecahan flok-flok partikel koloid), terapungnya bahan-bahan padat, emulsifikasi lemak dan minyak serta merusak bakteri yang bermanfaat (Manahan, 1990).

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 disineksi 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).

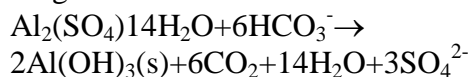
Pengolahan dengan Koagulasi Flokulasi

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).

Penambahan bahan kimia tertentu yang lazim disebut koagulan (Kamulyan, 1996) akan menyebabkan destabilisasi partikel koloid yang berada di dalam air sehingga dimungkinkan terjadinya proses penggabungan antar partikel koloid atau terjadi pengikatan partikel koloid oleh flok hasil reaksi bahan koagulan dalam air sehingga terbentuk gumpalan. Tiga hal yang harus dimiliki oleh suatu bahan (Davis dan

Cornwell, 1991) untuk digunakan dalam pengolahan air adalah kation bervalensi tiga, tidak beracun dan tidak dapat larut dalam rentang pH normal.

Apabila tawas ditambahkan ke dalam air yang bersifat alkalin, akan mengikuti reaksi sebagai berikut :



Reaksi diatas akan mengubah kesetimbangan karbonat dan menurunkan pH. Selama konsentrasi alkalinitas cukup dan CO₂ (g) diijinkan untuk berkembang, pH tidak berkurang dengan drastis dan secara umum tidak menimbulkan masalah.

Dua faktor penting di dalam penambahan bahan koagulan adalah pH dan dosis. Dosis optimum harus ditentukan dengan pengujian laboratorium. Interval pH optimal tawas berkisar dari nilai 5,5 hingga 6,5 dengan koagulan yang cukup mungkin dapat mencapai pH 5 hingga pH 8 (Davis dan Cornwell). Dosis yang dibutuhkan dalam proses koagulasi flokulasi (Kamulyan, 1996) dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- 1) kualitas air, terutama kekeruhan, pH dan alkalinitas,
- 2) jumlah dan karakteristik bahan koloid
- 3) karakteristik ion dalam air
- 4) pengadukan yang diaplikasikan, terutama besar daya dan lama pengadukan

Koagulan pembantu (tambahan) kadang-kadang diperlukan untuk menghasilkan flok secara cepat, cepat mengendap dan untuk mengoptimalkan kerja koagulan (Sarto, 1994). Proses ini akan menjadi lebih efektif dengan penambahan bahan tambah ini dengan terbentuknya flok-flok yang lebih besar, disamping dapat mengurangi dosis bahan koagulan dan dapat menghilangkan bahan organik yang sering memberi warna pada air.

Bahan tambah koagulan yang digunakan sebagai pengatur pH adalah silika aktif, lempung dan polimer. Asam dan alkali digunakan untuk mengatur pH air dalam interval optimal untuk koagulasi (Davis dan Cornwell, 1991). Lempung dapat bekerja hampir seperti silika aktif dimana mereka

mempunyai 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)

Proses koagulasi dapat berlangsung dengan baik jika bahan kimia dapat menyebar dengan cepat di dalam air, untuk ini diperlukan proses yang disebut pengadukan (*mixing*) atau pengadukan cepat (*rapid mixing*). 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 terjadi kontak antar partikel sehingga mereka dapat menggumpal dan membentuk partikel yang lebih besar yang disebut flok-flok, proses ini disebut flokulasi (Davis dan Cornwell)

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di laboratorium dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Pembuatan air simulasi. Dilakukan dengan pengambilan air rendaman pakaian dengan pemberian deterjen dikontrol pada berbagai variasi nilai deterjen mulai dari 20 mg/l hingga 180 mg/l.
- 2) Untuk masing-masing kandungan deterjen diperiksa nilai pH, TDS dan KMnO₄ sebagai parameter.
- 3) Penentuan dosis optimum tawas. Diambil tiga buah sampel yakni sampel dengan kandungan deterjen 20 mg/l, 60 mg/l dan 100 mg/l untuk dilakukan pengolahan koagulasi dengan 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 mg/l dan dilakukan proses pengadukan cepat. Setelah itu dilakukan pengendapan hingga secara fisik dapat diamati bahwa telah terbentuk cukup banyak flok atau jonjot, pada kondisi ini kembali diperiksa nilai-nilai parameternya. Untuk masing-masing kandungan deterjen diberikan perlakuan yang sama.

4) Dosis tawas optimum pada langkah 3 akan dipakai untuk menentukan dosis ampo yang optimum pada berbagai waktu pengendapan, kemudian kembali diperiksa parameternya.

Hasil-hasil dari semua pemeriksaan tersebut dianalisis untuk ditentukan hubungan antar parameter serta variabel yang berpengaruh pada pengolahan.

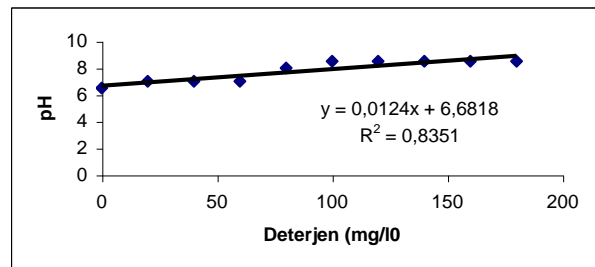
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara Parameter-parameter dengan Kandungan Deterjen.

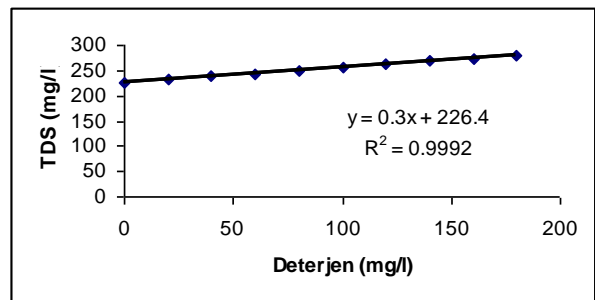
Tabel 2. Nilai-nilai parameter pada berbagai variasi kandungan deterjen

Deterjen (mg/l)	pH	TDS (mg/l)	KmnO4 (mg/l)
0	6,5	227	300,2
20	7	232	189,6
40	7	238	126,4
60	7	244	237
80	8	250	173,8
100	8,5	257	205,4
120	8,5	263	221,2
140	8,5	269	221,2
160	8,5	274	205,4
180	8,5	280	284,4

Dari tabel diatas dan grafik di bawah dapat dilihat bahwa pada berbagai variasi kandungan deterjen terdapat kecenderungan yang berbeda untuk setiap parameter. pH larutan akan bertambah seiring kenaikan kandungan deterjen dalam larutan, ini sesuai dengan sifat deterjen yang mengandung alkalin. Demikian juga TDS yang relatif terus naik secara teratur untuk setiap kenaikan kandungan deterjen larutan. Dapat disimpulkan terdapat hubungan yang linier antara parameter pH dan TDS dengan kandungan deterjen dalam larutan. Parameter KmnO₄ agak sulit ditentukan trend atau kecenderungannya karena tidak menunjukkan sesuatu yang tetap. Nilainya sangat fluktuatif untuk berbagai kenaikan kandungan deterjen sehingga hubungan antara angka KmnO₄ dengan kandungan deterjen tidak dapat didefinisikan.



Gambar 1. Grafik hubungan variasi deterjen dengan pH



Gambar 2. Grafik hubungan antara variasi deterjen dengan TDS

Penentuan Dosis Tawas Optimum berdasarkan pemeriksaan Parameter

Dari hasil percobaan dengan kandungan deterjen 20 mg/l, diperoleh hasil sebagai berikut ;

Tabel 3. Nilai-nilai parameter setelah pengolahan dengan deterjen awal 20 mg/l

Sampel	Tawas (mg/l)	pH	TDS (mg/l)	KMnO4 (mg/l)1	Flok/ jonjot
1	75	6,5	350	16784	kurang skl
2	100	6	348	72,68	kurang
3	125	6	345	56,88	sedikit
4	150	6	365	148,5	cukup
5	175	5,5	368	142,2	cukup

Dari hasil-hasil penelitian dapat dijelaskan hal-hal sebagai berikut.

Secara visual tidak mudah mengamati perbedaan kuantitas flok/jonjot yang terbentuk pada setiap gelas sampel karena tidak terdapat perbedaan yang cukup berarti sehingga pengambilan keputusan dosis optimal juga mempertimbangkan reduksi terhadap parameter lain sebagai akibat penambahan tawas.

Sesuai sifat tawas yang mengandung kation positif dan bersifat asam, maka penambahan tawas akan mengakibatkan

menurunnya nilai pH. Reaksi yang terjadi mengubah kesetimbangan karbonat dan menurunkan pH, selama konsentrasi alkalinitas cukup dan CO₂ ada, pH tidak berkurang dengan drastis dan secara umum tidak menimbulkan masalah (Davis dan Cornwell, 1991). Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pH berkurang tidak secara drastis yang dapat terjadi karena ketersediaan konsentrasi alkalinitas yang cukup, sehingga pengurangan nilai pH tidak menimbulkan pengaruh besar pada air limbah.

Nilai TDS hasil percobaan tidak menunjukkan kecenderungan yang berarti. Penambahan tawas hingga 125 mg/l menyebabkan TDS turun dan penambahan berikutnya menyebabkan nilai TDS terus naik. Berdasarkan pertimbangan ini dapat disimpulkan tawas optimum pada 125 mg/l. Untuk parameter angka KMnO₄ juga disimpulkan bahwa dosis optimum tawas adalah 125 mg/l karena terlihat bahwa angka KMnO₄ cenderung paling kecil pada pembubuhan tawas tersebut. Dari semua kondisi parameter yang diperiksa diputuskan bahwa tawas optimum pada dosis 125 mg/l.

Pengaruh Ampo pada Pengolahan

Hasil penelitian dengan kandungan deterjen 60 mg/l dan penambahan lempung dengan kandungan yang bervariasi disajikan pada tabel berikut:

Tabel. 4. Nilai-nilai parameter setelah pengolahan dengan deterjen awal 60 mg/l, tawas 125 mg/l

Sampel	Ampo (g/l)	pH	TDS (mg/l)	KMnO ₄ (mg/l)
1	5	7	372	60,04
2	10	7	359	79
3	15	7	350	94,8
4	20	7	342	92,16
5	25	7	335	79

Dari tabel terlihat bahwa tidak terdapat perubahan pH untuk berbagai variasi penambahan lempung sehingga dapat disimpulkan penambahan lempung kering ampo hanya memberi pengaruh yang sangat kecil terhadap pH. Berdasarkan pengamatan

terhadap parameter TDS dan KMnO₄ terlihat bahwa perbedaan ampo akan menghasilkan perbedaan nilai TDS dan KMnO₄. Hal ini ditunjukkan oleh nilai TDS yang mengalami penurunan seiring dengan kenaikan dosis ampo. Dari berbagai hasil penelitian diperoleh bahwa dosis ampo optimum pada 25 g/l.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH akhir setelah pengolahan dengan berbagai dosis ampo menghasilkan pH yang netral yaitu 7. Dari data dapat disimpulkan bahwa penambahan lempung kering membuat air hasil pengolahan mempunyai pH netral yang berarti menjadi lebih baik. Perbedaan penambahan ampo dan perbedaan kandungan awal deterjen tidak mempengaruhi pH hasil pengolahan.

Penambahan ampo berpengaruh terhadap nilai akhir TDS yakni semakin kecil dengan kenaikan dosis ampo. Lempung kering dibutuhkan dalam jumlah yang terlalu besar terutama dibandingkan dengan bahan-bahan tambah koagulan lain seperti *Sodium alginate* dan *Chitosan* yang dibutuhkan hanya dalam dosis yang relatif kecil. Kedua bahan ini dapat meningkatkan proses koagulasi dengan tawas dalam dosis yang relatif kecil (*Sodium alginate* kurang dari 1 mg/l) dan *Chitosan* 0,2 mg/l (Droste, 1997).

Pada proses koagulasi flokulasi akan dicapai suatu kondisi optimum sehingga penambahan setelah kondisi ini akan mengakibatkan terjadinya pembalikan muatan dan terjadinya kembali stabilisasi dari partikel koloid. Pada titik diatas konsentrasi optimum ini, jumlah koloid yang ada melebihi kemampuan pembentukan flok sehingga tidak seluruh partikel koloid membentuk flok. Pada percobaan ini yang diperoleh adalah kondisi maksimal karena belum ditemukan pembalikan nilai seperti dijelaskan.

Pemeriksaan bahan organik sebagai angka KMnO₄ menunjukkan bahwa perubahan nilainya menunjukkan kecenderungan menurun tetapi tidak tetap (nilainya naik turun tetapi lebih kecil dari sebelum pengolahan) seiring dengan kenaikan dosis lempung kering. Dapat disimpulkan bahwa angka KMnO₄ tidak secara langsung berhubungan dengan penambahan dosis lempung kering.

Hal ini sesuai dengan identifikasi parameter yang dilakukan dimana terlihat bahwa hubungan antara angka KMnO_4 dengan deterjen tidak dapat didefinisikan. Fenomena ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh variabel lain seperti kondisi lingkungan yang berbeda atau perbedaan kandungan limbah lainnya yang dapat menyebabkan tidak jelasnya hubungan KMnO_4 dengan deterjen. Pengaruh-pengaruh tersebut tidak termasuk dalam lingkup penelitian.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Terdapat hubungan yang linier antar kenaikan kandungan deterjen limbah dengan kenaikan parameter yang diperiksa.
2. Penentuan dosis tawas optimum yang ditentukan dengan mempertimbangkan reduksi terhadap parameter diperoleh pada 125 mg/l, sementara ampo pada dosis maksimum 25 g/l.
3. Setelah pengolahan dengan kombinasi tawas-ampo diperoleh perbaikan pada nilai pH yang mencapai pH netral 7, penurunan TDS dan angka KMnO_4 .

Saran

Dengan melihat hal-hal yang belum diungkapkan dalam penelitian ini maka untuk pengembangan selanjutnya disarankan hal-hal sebagai berikut ;

- 1) diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat hubungan antara parameter-parameter pada berbagai variasi lempung kering dengan interval yang lebih kecil dan mewakili banyak kondisi.
- 2) memperhitungkan kecepatan pengendapan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain alat yang sesuai untuk mengolah limbah deterjen.
- 3) untuk mendesain alat pengolah limbah deterjen dengan sistem/proses koagulasi flokulasi perlu dipikirkan bangunan yang berfungsi untuk menampung hasil endapan karena banyak endapan yang akan terbentuk.

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.
- Droste, R. ., 1997, *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley and Son S, Inc, Unied State
- 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.
- Martopo, S, dan Sudarmadji, 1995, *Parameter Limbah Cair dalam Kumpulan Makalh Kursus Pengolahan Limbah Rumah Sakit*, PPIh UGM, Yogyakarta.
- 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.

