

Pengolahan Air Limbah Dengan Kandungan Padatan Tersuspensi dan Bahan Organik Tinggi dengan Ozonasi : Studi Kasus Pada Pengolahan Air Limbah RPH

Budiyono¹⁾²⁾, I N. Widiasta¹⁾, dan Seno Johari²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknik Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH No. 1 Tembalang Semarang Telp. (024) 746 00 58
E-mail : budhi_66@tekim.ft.undip.ac.id

²⁾ Program Doktor Ilmu Ternak Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Imam Bardjo, SH No. 5 Semarang

Abstrak

Teknologi pengolahan air limbah terus berkembang dalam upaya mendapatkan teknologi yang tidak memberikan residu bahan kimia yang bisa memberikan dampak negatif lebih lanjut terhadap lingkungan. Teknologi pengolahan menggunakan ozon merupakan salah satu pilihannya. Pada penelitian ini dikaji kinetika reaksi oksidasi ozonasi dengan mengamati konsentrasi COD air limbah sebagai fungsi waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ozonasi belum bisa digunakan secara langsung untuk pengolahan air limbah RPH karena timbulnya busa yang berlebihan. Setelah dilakukan pengenceran, reaksi oksidasi ozonasi mengikuti reaksi order 1 dengan konstanta kecepatan reaksi 0,0789 jam⁻¹. Untuk menurunkan COD air limbah dari 1421 menjadi 126 mg/L diperlukan waktu sebesar 24 jam. Sedangkan untuk menurunkan kekeruhan dari 48,1 menjadi 13,5 NTU juga diperlukan selama 24 jam. Masih perlu dikaji lebih lanjut kelayakan ozon untuk pengolahan air limbah RPH. Di samping itu, juga perlu dicari teknik lain untuk menurunkan kandungan TSS yang tinggi dari air limbah misalnya dengan optimasi proses koagulasi dan flokulasi di samping kemungkinan penerapan teknologi lainnya seperti elektrokoagulasi.

Kata Kunci : Perlakuan ozon, Air limbah RPH, pengolahan air limbah

Pendahuluan

Industri peternakan merupakan tulang punggung produsen protein hewani di Indonesia. Sampai saat ini, pemenuhan kebutuhan protein hewani bagi masyarakat di Indonesia pada umumnya masih jauh dari target yang ditetapkan oleh Pemerintah. Seiring dengan semakin berkembangnya pembangunan di bidang peternakan, maka Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan bagian integral yang tak bisa terpisahkan dalam proses produksi daging pada industri peternakan.

Sebagaimana krisis air dan energi serta isu permasalahan lingkungan yang semakin kuat di Indonesia pada beberapa tahun terakhir maka RPH pada saat ini juga mengalami permasalahan yang sama. Persoalan utama yang dihadapi oleh RPH saat ini yaitu tingginya kebutuhan air dan energi serta pembuangan limbah cair dalam jumlah besar. Di sisi lain, pengolahan limbah cair akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi RPH yaitu tingginya biaya pengolahan. Hal ini karena limbah cair RPH termasuk ke dalam kategori limbah cair kompleks (*complex wastewater*) yang mengandung bahan organik, padatan tersuspensi, serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa dengan konsentrasi tinggi (D.J Batstone, dkk, 2000; Claudia E.T. Caixeta, dkk, 2002; D.I Masse, dkk, 2001; dan L.A. Nunez, dkk, 1999). Teknologi yang paling lazim untuk mengolah air limbah RPH adalah dengan pengolahan secara kimia fisika diikuti dengan pengolahan secara biologis. Koagulasi dan flokulasi menggunakan bahan-bahan kimia menghasilkan lumpur kimia yang memerlukan penanganan lebih lanjut sehingga memerlukan biaya tersendiri. Proses pengolahan secara biologis (khususnya) aerobik juga memiliki beberapa keterbatasan antara lain memerlukan energi yang tinggi untuk aerasi dan menghasilkan lumpur dalam jumlah besar sehingga memberikan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Di sisi lain, proses pengolahan air limbah RPH secara anaerobik juga memiliki beberapa keterbatasan karena proses pengolahan berjalan lambat karena akumulasi padatan tersuspensi dan lemak yang mengapung di reaktor sehingga menghambat pertumbuhan mikroba metanogenesis dan banyak biomassa yang terikut bersama keluaran (*wash-out*) (Masse, D, dkk., 2002; Rajehwari, K.V., dkk., 2000). Di samping itu, juga dilaporkan bahwa beberapa proses pengolahan secara anaerobik sangat peka terhadap laju pembebanan yang tinggi (Nunez, L.A., 1999; Borja, R., dkk.,

1998). Kedua proses biologis tersebut juga memerlukan waktu tinggal cairan (Hydraulic Retention Time, HRT) yang tinggi dan volume reaktor yang besar, konsentrasi biomassa tinggi dan diperlukan pengendalian terhadap keluarnya biomassa dari reaktor (Rajeshwari, K.V., dkk., 2000). Oleh karena itu para peneliti terus berupaya mencari teknik pengolahan yang tidak menghasilkan hasil ikutan maupun residu dari bahan kimia yang digunakan. Salah satu kemungkinannya teknologi yang memenuhi harapan tersebut adalah teknologi oksidasi limbah cair menggunakan ozon atau sering disebut dengan ozonasi. Teknik ini memiliki beberapa keuntungan antara lain tidak memberikan hasil samping berupa limbah dan tidak menghasilkan residu karena mudah terurai kembali menjadi oksigen. (S. Barredo Damas, dkk, 2005). Reaksi oksidasi ini akan menghilangkan warna, menurunkan COD, dan meningkatkan biodegradabilitas senyawa organik untuk diolah lebih lanjut secara biologis. Di samping itu itu, ozonasi juga akan meningkatkan kemampuan padatan tersuspensi untuk mengendap karena mampu merubah muatan padatan tersuspensi dan koloid yang ada di dalam air limbah.

Beberapa peneliti telah menggunakan ozonasi ini untuk mengolah air limbah antara lain air limbah industri tekstil (S. Barredo Damas, dkk, 2005; Gulen Eremektar, dkk., 2007), air limbah *leachate* dikombinasikan dengan karbon aktif (F. Javier R., dkk, 2003), air limbah berminyak dikombinasikan dengan ultrafiltrasi (In-Soung Chang, dkk, 2001), air limbah sintesis dikombinasikan dengan filtrasi membran (B. Schlichter, dkk., 2003), air limbah domestik dikombinasikan dengan membran mikrofiltrasi dan UV (P. Paraskeva, dk., 2005) dan air limbah kertas (Rui Wang, dkk., 2004). Sampai saat ini belum ada informasi penelitian tentang teknik ozonasi untuk pengolahan air limbah RPH. Berdasarkan berbagai keuntungan teknik ozonasi dikaitkan dengan karakteristik air limbah RPH maka masih terbuka peluang secara luas untuk penelitian teknik ozonasi untuk pengolahan air limbah RPH. Pada penelitian ini dikaji kinetika reaksi oksidasi ozonasi dengan mengamati konsentrasi COD air limbah sebagai fungsi waktu dan kombinasi antara ozonasi dengan ditambahkan koagulan.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Penelitian Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Air limbah diambil dari RPH Ungaran yang merupakan Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) dari Dinas Peternakan Kabupaten Semarang. Parameter yang dianalisa untuk mengetahui karakteristik awal air limbah yaitu pH, kandungan padatan terlarut (TDS, total dissolved solid), kandungan padatan tersuspensi (TSS, total suspended solid), kekeruhan, dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Metode analisa pH, TDS, TSS, kekeruhan, dan COD mengacu pada Standard Methods APHA 1992. Ozonasi dilakukan secara batch dalam kolom 1500 ml. Ozon yang digunakan dihasilkan oleh Ozon Generator buatan Korea dengan kapasitas 2,8 gram per jam.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Karakterisasi air limbah dan penelitian pendahuluan

Dari karakterisasi awal air limbah diperoleh bahwa air limbah mempunyai pH 7,11 dengan COD, TSS, TDS masing-masing sebesar 14.200, 3000, dan 8000 mg/L. Di samping itu juga dianalisa kekeruhan dan diperoleh hasil sebesar 481 NTU. Hasil penelitian ini, bila dibandingkan dengan berbagai penelitian terdahulu, bisa dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 bisa dilihat bahwa air limbah yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai karakteristik yang masih berada dalam rentang berbagai air limbah dari penelitian yang lain. Dari pengamatan secara visual, air limbah didominasi oleh warna merah darah.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair RPH

Parameter	satuan	Konsentrasi rata-rata / Peneliti ^{*)}							
		1	2	3	4	5	6	7	8 (Studi ini)
pH	-	7,1	7,2	6,7	7,3	6,05	6,75	7,5	7,11
COD total	mg O ₂ /L	11.500	1.820	27.500	8.200	12.975	11.850	12.800	14.200
Padatan tersuspensi	mg/L	2.658	430	1.020	1.130	3.550	1.000	58.200	3000

*) 1: D.I Masse, dan L. Masse (2001); 2: R.D Pozo, dan V. Diez (2005); 3: Memmet Kobya, Et al (2006); 4 : K.V Rajeshwari, dkk (2000); 5: W. Fuchs, dkk. (2003); 6: I. Ruiz, dkk. (1997); 7: N.T Manjunath, dkk. (1999); 8: studi ini

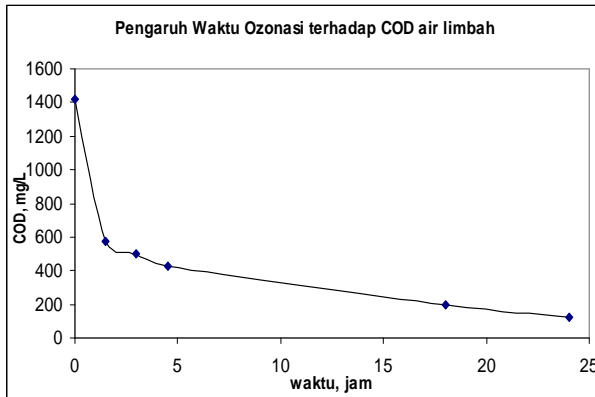
Pada penelitian pendahuluan penggunaan ozonasi secara langsung terhadap air limbah, terdapat kendala yaitu munculnya busa yang berlebihan sehingga tumpah ke sekeliling. Busa yang berlebihan ini diperkirakan berasal dari sifat fisiko-kimia darah yaitu mengandung protein tinggi antara lain albumin (Wikipedia, 2007). Dari penelitian ini bisa disimpulkan bahwa ozonasi secara langsung terhadap air limbah belum bisa dilakukan akibat busa yang berlebihan. Namun demikian, bila diinginkan ozonasi secara langsung, peneliti lainnya bisa mencoba dengan bahan anti pembentuk



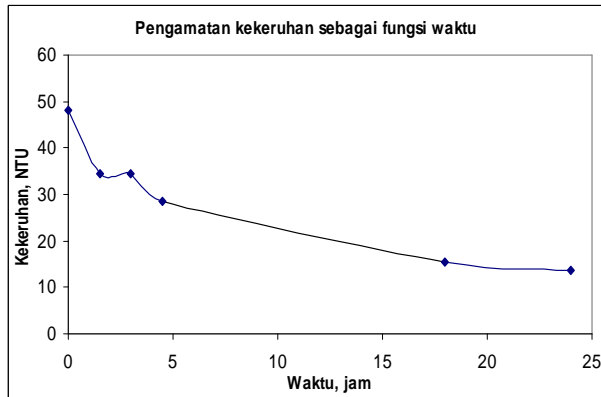
busa (*antifoaming agent*). Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya limbah ini diencerkan sampai kadar yang tidak lagi menimbulkan busa yang mengganggu yaitu diencerkan 10 kali.

Pengaruh waktu ozonasi terhadap konsentrasi COD terlarut dan kekeruhan

Pengaruh waktu ozonasi terhadap konsentrasi COD terlarut dikaji dengan mengamati konsentrasi COD sebagai fungsi waktu pada percobaan skala batch. Pada waktu pengamatan 0, 1,5, 3, 4,5, 18, dan 24 jam diperoleh konsentrasi COD masing-masing 1421, 573, 502, 429, 198, dan 126 mg/L. Hasil pengamatan selengkapnya tersaji pada Gambar 1. Sedangkan pada waktu pengamatan 0, 1,5, 3, 4,5, 18, dan 24 jam diperoleh konsentrasi kekeruhan masing-masing 48,1; 34,5, 34,4; 28,5; 15,7; dan 13,5 NTU. Hasil pengamatan selengkapnya tersaji pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh waktu ozonasi terhadap COD air limbah.



Gambar 2. Pengamatan kekeruhan sebagai fungsi waktu

Dari Gambar 1 bisa dilihat bahwa untuk menurunkan COD air limbah dari 1421 menjadi 126 mg/L memerlukan waktu sebesar 24 jam. Sedangkan pengamatan kekeruhan menunjukkan bahwa selama 24 jam terjadi penurunan kekeruhan dari 48,1 menjadi 13,5 NTU.

Dengan menganggap konsentrasi ozon cukup berlebih (ekses), maka reaksi oksidasi senyawa organik (COD) oleh ozon diperkirakan akan mengikuti reaksi orde 1 dengan persamaan akhir sebagai berikut (Dogra & Dogra, 1990):

$$C_a = C_{ao} e^{-kt} \dots\dots\dots (1)$$

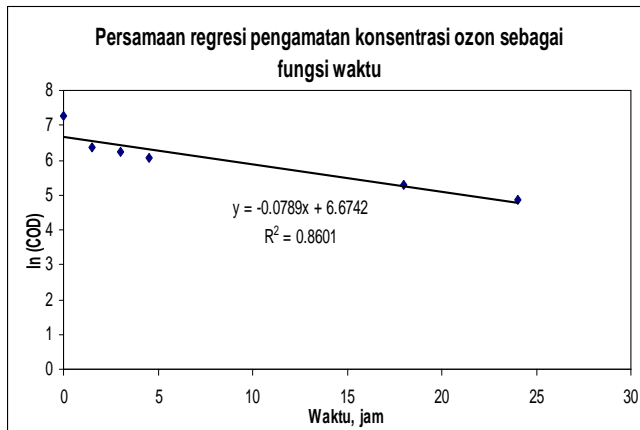
Dalam persamaan (1), C_a adalah konsentrasi COD setelah waktu t , C_{ao} adalah konsentrasi COD mula-mula; dan k adalah konstanta kecepatan reaksi oksidasi. Persamaan (1) bisa dilakukan linerisasi menjadi Persamaan (2) sebagai berikut:

$$\ln C_a = \ln C_{ao} - kt \dots\dots\dots (2)$$

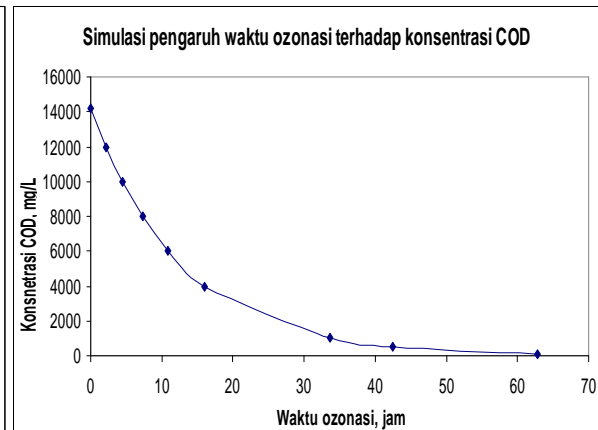
Dengan membuat grafik hubungan antara $\ln C_a$ terhadap waktu t , maka akan diperoleh garis lurus dengan kemiringan (sama dengan k , jam^{-1}) = 0,0789 (gambar 3). Persamaan regresi yang diperoleh memiliki koefisien regresi 0,8061. Persamaan (1) selanjutnya bisa disusun ulang menjadi Persamaan (3) sebagai berikut:

$$C_a = C_{ao} e^{-0,0789t} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan mengabaikan kesulitan yang diakibatkan oleh munculnya busa, menurut persamaan (2), limbah cair RPH dengan konsentrasi mulai-mula 14.200 mg/L bila diinginkan diturunkan COD-nya sampai ke tingkat COD tertentu (misal 4000 mg/L untuk bisa diolah lebih lanjut dengan proses-proses biologis), maka akan memerlukan waktu reaksi sebesar 16 jam. Oleh karena itu diperlukan kajian lebih lanjut mengenai aspek teknis dan ekonomi menggunakan ozon untuk pengolahan air limbah RPH ini. Bila disimulasikan, pengaruh waktu ozonasi terhadap konsentrasi COD air limbah yang tersisa akan diperoleh grafik sebagaimana tersaji pada Gambar 4.



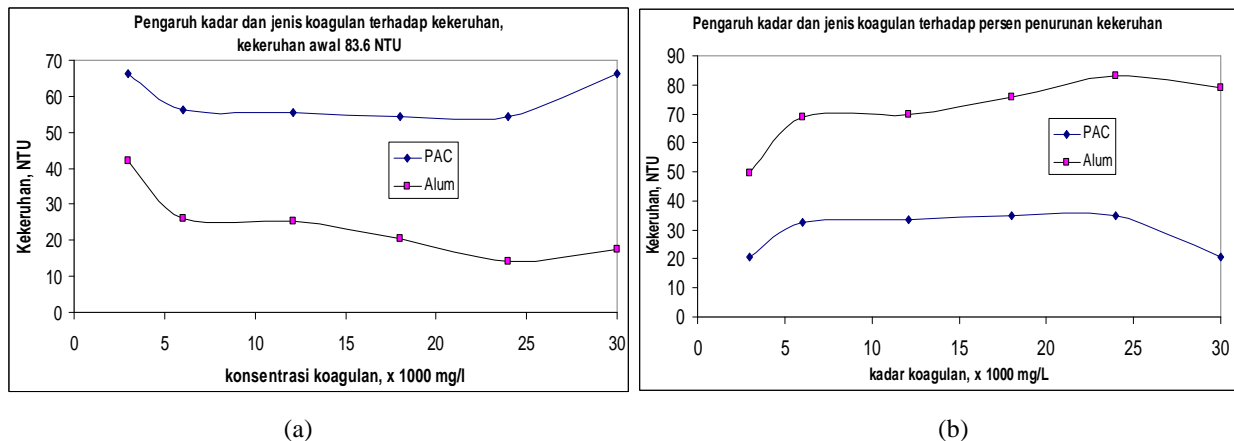
Gambar 3. Persamaan garis regresi



Gambar 4. Simulasi pengaruh waktu reaksi ozonasi terhadap konsentrasi COD

Pengaruh koagulasi terhadap penurunan kekeruhan

Penelitian lebih lanjut diarahkan untuk menurunkan kandungan TSS dengan cara koagulasi menggunakan koagulan alum dan PAC. Penelitian dilakukan dengan membuat variasi koagulan dari 3000 hingga 30.000 mg/L. Hasil pengamatan kekeruhan pada berbagai konsentrasi koagulan tersaji pada Gambar 5.



(a)

(b)

Gambar 5. Pengaruh kadar dan jenis koagulan terhadap kekeruhan (a) dan efisiensi penurunan kekeruhan (b)

Dari Gambar 5 bisa diketahui bahwa secara umum koagulan tawas (alum) mempunyai kemampuan menurunkan kekeruhan lebih besar dari pada PAC. Pada penambahan koagulan antara 5000 hingga 25000 mg/L tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kekeruhan. Hasil penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut, misalnya dengan menggunakan koagulan lainnya seperti Ferro sulfat, menambahkan Polyelektrolit (PE) baik PE anionik maupun kationik. Di samping itu juga perlu dianalisa COD dan TSS dari air limbah terolah.

Kesimpulan

Ozonasi belum bisa digunakan secara langsung untuk pengolahan air limbah RPH. Setelah dilakukan pengenceran, reaksi oksidasi ozonasi mengikuti reaksi order 1 dengan konstanta kecepatan reaksi $0,0789 \text{ jam}^{-1}$. Masih perlu dikaji lebih lanjut kelayakan ozon untuk pengolahan air limbah RPH. Di samping itu, juga perlu dicari teknik lain untuk menurunkan kandungan TSS yang tinggi dari air limbah misalnya dengan optimasi proses koagulasi dan flokulasi di samping kemungkinan penerapan teknologi lainnya seperti elektrokoagulasi.

Daftar Pustaka

American Public Health Association (APHA), Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th ed., Washington, DC, 1992.



- B. Schlichter, V. Mavrov and H. Chmiel, Study of a hybrid process combining ozonation and membrane filtration — filtration of model solutions, *Desalination*, Vol. 156, Issues 1-3, 1 August 2003, Pages 257-265
- Cláudia E. T. Caixeta, Magali C. Cammarota and Alcina M. F. Xavier, Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor, *Bioresource Technology*, Vol. 81, Issue 1, January 2002, Pages 61-69
- Dogra, S.K dan S. Dogra, Kimia Fisik dan Soal-soal, Penerbit Universitas Indonesia, (1990), Hal. 626-628
- D.J. Batstone, J. Keller, R.B. Newell, dan M. Newland, Modelling anaerobic degradation of complex wastewater. I: model development, *Bioresource Technology*, 75(2000), Pages 67-74
- F. Javier Rivas, Fernando Beltrán, Olga Gimeno, Benito Acedo and Fátima Carvalho, Stabilized leachates: ozone-activated carbon treatment and kinetics, *Water Research*, Vol. 37, Issue 20, December 2003, Pages 4823-4834
- Gulen Eremektar, Huseyin Selcuk and Sureyya Meric, Investigation of the relation between COD fractions and the toxicity in a textile finishing industry wastewater: Effect of preozonation, *Desalination*, Volume 211, Issues 1-3, 10 June 2007, Pages 314-320
- I. Ruiz, M. C. Veiga, P. de Santiago and R. Blázquez, Treatment of slaughterhouse wastewater in a UASB reactor and an anaerobic filter, *Bioresource Technology* Vol. 60, Issue 3, June 1997, Pages 251-258
- L.A. Nunez and B. Martinez, Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an expanded granular sludge bed (EGSB) reactor, *Water Science and Technology*, Vol. 40, Issue 8, 1999, Pages 99-106
- Mehmet Kobya, Elif Senturk and Mahmut Bayramoglu, Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 133, Issues 1-3, 20 May 2006, Pages 172-176
- N. T. Manjunath, Indu Mehrotra and R. P. Mathur, Treatment of wastewater from slaughterhouse by DAF-UASB system, *Water Research*, Vol. 34, Issue 6, 1 April 2000, Pages 1930-1936
- P. Paraskeva and N.J.D. Graham, Treatment of a secondary municipal effluent by ozone, UV and microfiltration: microbial reduction and effect on effluent quality, *Desalination*, Volume 186, Issues 1-3, 30 December 2005, Pages 47-56
- Rui Wang, Chen-Loung Chen and Josef S. Gratzl, Dechlorination and decolorization of chloro-organics in pulp bleach plant E-1 effluents by advanced oxidation processes, *Bioresource Technology*, Vol. 94, Issue 3, September 2004, Pages 267-274
- R. Del Pozo and V. Diez, Integrated anaerobic-aerobic fixed-film reactor for slaughterhouse wastewater treatment, *Water Research*, Vol. 39, Issue 6, March 2005, Pages 1114-1122
- S. Barredo-Damas, M.I. Iborra-Clar, A. Bes-Pia, M.I. Alcaina-Miranda, J.A. Mendoza-Roca and A. Iborra-Clar, Study of preozonation influence on the physical-chemical treatment of textile wastewater, *Desalination*, Vol. 182, Issues 1-3, 1 November 2005, Pages 267-274
- USGS, (2005), National Field Manual; Turbidity, Water Resources-Offices of Water Quality, dalam http://water.usgs.gov/owg/FieldManual/Chapter6/6.7_contents.html
- W. Fuchs, H. Binder, G. Mavrias and R. Braun, Anaerobic treatment of wastewater with high organic content using a stirred tank reactor coupled with a membrane filtration unit, *Water Research*, Vol. 37, Issue 4, February 2003, Pages 902-908
- Wikipedia, (2007), Darah, dalam http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Blood_smear