



PENGUNAAN AIR LAUT SEBAGAI KOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR Pb DAN INTENSITAS WARNA

Radika Luthfi Permana*), Siti Sundari Miswadi dan Nurwachid Budi Santosa

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Mei 2014
Disetujui Juni 2014
Dipublikasikan Agustus 2014

Kata kunci:
air laut
koagulan
kadar Pb
intensitas warna

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar Pb dan intensitas warna dalam air sumur gali di sekitar TPA Jatibarang Semarang menggunakan air laut sebagai koagulan. Air sumur gali yang mengandung Pb dicampur dengan air laut sebagai koagulan dengan volume 10, 12, 14, 16 dan 18 mL masing-masing dikondisikan pada pH 2, 6 dan 8, sedangkan intensitas warna, air sumur yang berwarna dicampur air laut dengan volume 10, 20, 30, 40 dan 50 mL. Kemudian diaduk menggunakan *floculator jar test* dengan kecepatan 100 rpm selama 25 menit dan membentuk dua bagian yaitu endapan dan filtrat. Filtrat yang didapat dianalisis kadar Pb dengan AAS dan *colourimeter* untuk intensitas warna. Kondisi terbaik untuk menurunkan kadar Pb adalah pada volume air laut sebanyak 16 mL pada pH 8 dan untuk menurunkan intensitas warna pada air sumur gali adalah pada volume air laut sebanyak 50 mL.

Abstract

The purpose from this research is to reduce lead level and color intensity in the water dug wells around the landfill Jatibarang Semarang using sea water as coagulant. Water dug well containing lead mixed with sea water as coagulant with volumes 10, 12, 14, 16 and 18 mL with conditioned at pH 2, 6 and 8, while color intensity, colored well water mixed sea water with volume 10, 20, 30, 40, 50 mL. Then stirred using *floculator jar test* with speed 100 rpm for 25 minutes and compose two parts, precipitated and filtrate. Filtrate obtained was analyzed using AAS Spectrophotometer for lead levels and *colourimeter* for color intensity. The best conditions for the lower levels of lead is up to 16 mL sea water volume at pH 8 and to reduce color intensity of water dug well is up to 50 mL sea water volume.

Pendahuluan

Air sebagai sumber daya memiliki potensi sangat bervariasi dan bersifat dinamis, perbedaan sumber daya air di setiap wilayah disebabkan oleh kondisi fisik lingkungan, seperti faktor geologi, topografi, tanah, curah hujan, dan penggunaan lahan yang semuanya akan mempengaruhi proses hidrologi (Miswadi; 2005).

Kualitas sumber air di Indonesia umumnya tercemar oleh limbah organik yang berasal dari limbah penduduk dan industri. Pencemaran yang berasal dari kegiatan manusia memiliki kontribusi besar dibandingkan dengan pencemaran yang berasal dari kegiatan alam. Hal ini dipengaruhi oleh semakin bertambah besar populasi manusia (laju pertumbuhan penduduk). Semakin tinggi pertumbuhan populasi manusia, kebutuhan pangan, bahan bakar, pemukiman dan kebutuhan kebutuhan dasar yang lain juga meningkat, sehingga meningkatkan sampah. Meningkatnya jumlah sampah membuat tempat pembuangan sampah menjadi lebih besar, sehingga mengakibatkan terjadi perubahan kualitas perairan dan sumber air yang ada didekatnya. Salah satu contoh pencemar air yaitu limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Jatibarang Semarang yang mengandung logam berat Pb (plumbum) dan menimbulkan warna pada air sumur gali.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tanggal 03 Juli 2012, Sutji (2006), kadar logam Pb TPA Jatibarang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa hasil penelitian tentang kadar logam Pb TPA Jatibarang

No.	Penelitian	kadar Pb (ppm)
1.	Analisis Pra penelitian 03 Juli 2012	Air sumur gali jarak 10 m lindi 2 1,09
2.	Sutji, 2006	sapi potong 0,1179 - 0,5813

Warna air sumur gali dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam, humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna air biasanya dihilangkan untuk penggunaan air industri dan air minum. Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan secara visual warna dari sampel dengan larutan standar warna yang diketahui konsentrasinya. Pada metode ini, sebagai standar warna digunakan larutan platina-kobalt dengan satuan mg/L Pt-Co. Warna larutan Pt-Co juga tersedia sebagai cetakan di set peralatan *Merckoquant* (jauh lebih sederhana, cocok untuk lapangan, tapi ketelitiannya lebih rendah) (Darmayanto; 2009).

Menurut survey air sumur gali didalam

TPA Jatibarang merupakan sumber air utama bagi masyarakat dan para pemulung, karena untuk seluruh kebutuhan air semua dipenuhi dari air sumur baik untuk memasak, MCK, memberi makan ternak dan kebutuhan yang lain. Selain itu TPA sampah sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai lokasi pemeliharaan ternak, karena sampah dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak. Pemikiran masyarakat timbul untuk memelihara sapi di TPA sampah karena pertimbangan bahwa sampah organik yang dibuang masih mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Ternak yang dipelihara di area TPA sampah umumnya merupakan ternak kambing dan sapi.

Sumber pakan sapi yang dipelihara di TPA sampah Jatibarang adalah campuran sampah yang mengandung berbagai bahan yang kemungkinan bersifat toksik. Sampah tersebut akan masuk ke dalam tubuh sapi dan terdistribusi ke seluruh bagian tubuh sapi. Dengan demikian sapi yang mengkonsumsi sampah tersebut memiliki resiko tinggi terpapar bahan toksik. Salah satu bahan toksik berpotensi menjadi faktor resiko adalah logam timbal (Pb) (Sutji; 2006).

Air yang mengandung timbal sangat berbahaya dan berpotensi menjadi bahan toksik pada makhluk hidup. Masuknya unsur Pb ke dalam tubuh makhluk hidup dapat melalui saluran pencernaan (*gastrointestinal*), saluran pernafasan (*inhalasi*) dan penetrasi melalui kulit (*topikal*) (Sudarwin; 2008).

Koagulasi adalah proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (Wilasih, 2008: 5). Menurut Bergamasco, *et al.* (2012) aplikasi koagulan ini pada proses koagulasi/flokulasi telah berhasil dilakukan untuk menghilangkan kekeruhan, warna dan bahan organik alami dari air limbah dan air lindi untuk menghasilkan air bersih layak minum.

Air di laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya, misal garam-garaman (seperti NaCl), gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Menurut Wilasih (2008) air laut dapat dijadikan bahan koagulan.

Menurut Hakim dan Supriyatna (2009) proses koagulasi dan flokulasi dalam pengolahan

an air berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, menghilangkan kadar *solid*, menghilangkan kandungan bakteri yang terdapat dalam air, menghilangkan algae dalam kolom distilasi, menghilangkan kesadahan.

Menurut Wilasih (2008) air laut mengandung sulfat, sulfat ini juga mempengaruhi dalam proses pengendapan yaitu menjadi $PbSO_{4(s)}$ ini dikarenakan adanya variasi pH, dengan membuat pH menjadi 6 maka yang akan bereaksi adalah ion sulfat pada aluminium sulfat atau magnesium sulfat yang terkandung dalam air laut. Menurut Vogel (1985), asam sulfat encer atau sulfat-sulfat yang larut dalam air dapat bereaksi dengan ion Pb^{2+} membentuk endapan putih $PbSO_{4(s)}$.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan yaitu: (a) mengetahui volume optimum penggunaan koagulan dari air laut untuk menurunkan kadar Pb dalam air sumur gali disekitar TPA Jatibarang. (b) mengetahui volume optimum penggunaan koagulan dari air laut untuk menurunkan intensitas warna dalam air sumur gali disekitar TPA Jatibarang. (c) mengetahui pH optimum untuk mengendapkan Pb dalam air sumur gali disekitar TPA Jatibarang.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik (*Ohaus*), *floculator jar test*, pH meter, AAS (*Perkin Elmer Analyst 100*), spektrofotometer *Visible (Hach DR 2000/2010)*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut, sampel air sumur gali dan bahan-bahan kimia antara lain serbuk $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$, HNO_3 , NaOH aquademina, H_2SO_4 dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Penelitian diawali dengan pengambilan sampel air sumur gali dengan jarak 10, 50, 100 meter dari bak penampungan air lindi, kemudian ambil sampel air lindi yang ada dibak penampungan sebagai patokan apakah air lindi ini adalah faktor yang mempengaruhi tercemarnya sumur gali yang ada di sekitar daerah Jatibarang Semarang. Pengambilan ini dilakukan dengan cara memasukkan air kedalam dirigen.

Selanjutnya mencatat kondisi keadaan pengambilan seperti cuaca: cerah, panas, keadaan air mengalir, serta mencatat kondisi air seperti bau, dan warna. Mengambil bahan koagulan yaitu air laut didaerah pantai Maroon sebanyak 3 liter air laut, air laut yang diambil berada di pinggir pantai kemudian diukur kadar

natrium, klorida dan sulfat serta salinitasnya. Dilakukan uji kadar Pb dalam air sumur gali dengan menggunakan AAS.

Penentuan pH optimum menggunakan metode Wilasih (2008) dengan mengkondisikan setiap air sumur gali yang telah diberi air laut dengan pH 2, 6, 8 menggunakan H_2SO_4 0,1 M dan NaOH 0,1 M.

Penurunan kadar Pb dalam air sumur gali menggunakan metode Wilasih (2008) yang dimodifikasi yaitu dengan memasukkan sampel air sumur gali yang mengandung Pb kedalam *beaker glass* 1 liter masing-masing 200 mL. Kemudian ditambahkan air laut sebagai koagulan dengan jumlah 10, 12, 14, 16, 18 mL. Selanjutnya dimasukkan ke dalam *Floculator Jar Test* dengan kecepatan putaran pengaduk 100 rpm selama 25 menit, kemudian sampel didiamkan sampai terbentuk dua lapisan yaitu filtrat dan endapan. Setelah dipisahkan dengan corong pisah kemudian diukur kadar logam Pb dan intensitas warna dengan AAS dan spektrofotometer *visible*.

Hasil dan Pembahasan

Sampel air sumur gali diambil dengan jarak 10, 50 dan 150 meter dari bak penampungan air lindi, pengambilan berdasarkan jarak ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh air lindi mencemari air sumur disekitarnya. Kemudian mengambil sampel air lindi yang ada dibak penampungan.

Melakukan analisis kadar Pb dalam air sumur gali dengan menggunakan AAS, dan intensitas warna dari air sumur gali diukur dari tingkat warna yang dihitung menggunakan satuan Pt-Co dengan *colourimeter*.

Pada hasil penelitian terlihat bahwa air sumur gali pada jarak 10 meter mempunyai kadar Pb yang lebih tinggi yaitu 2 ppm, tidak berbau dan mempunyai intensitas warna sebesar 0. Padahal untuk ambang batas air sumur yang baik kadar Pb dalam air sumur dan perairan adalah 0,05 ppm. Untuk intensitas warna air sumur pada jarak 150 meter memiliki kadar intensitas warna sebesar 35 Pt-Co, untuk 50 meter sebesar 5 Pt-Co, kenaikan intensitas warna ini disebabkan adanya perembesan air lindi yang menyebabkan mencemari sumur di jarak 50 meter sampai 150 meter.

Perembesan ini disebabkan adanya struktur tanah dan topografi daerah TPA Jatibarang yang merupakan daerah bukit bergelombang dengan kemiringan lereng yang curam lebih besar dari 24%. Ketinggian bervariasi antara 63

m sampai 200 m dari muka laut selain itu hasil dari pengolahan air lindi yang dibuang ke sungai Kreo, sehingga merembes kedalam air tanah dan mencemari sejumlah sumur disekitar TPA Jatibarang Semarang (Sudarwin; 2008).

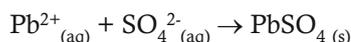
Air laut dimasukkan ke dalam derigen sebanyak 5 liter. Setelah itu air laut disaring dengan kertas saring yang lebih lembut untuk menyaring kotoran-kotoran seperti pasir dan batu kecil. Hasil filtrasi air laut ini dibagi dua yaitu sebagai bahan koagulan dan diukur komponen-komponen didalam air laut meliputi salinitas, kadar Na, kadar klorida dan sulfatnya.

Air laut yang telah difiltrasi kemudian diukur salinitasnya. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar garam yang terdapat pada suatu perairan. Hal ini dikarenakan salinitas air ini merupakan gambaran tentang padatan total didalam air setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi (Gusrina; 2008). Pengukuran salinitas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji kadar natrium, klorida, sulfat dan salinitas dalam air laut

No.	Parameter	satuan	Hasil analisa
1.	Natrium (Na)	mg/L	1166,9
2.	Klorida (Cl)	mg/L	18288
3.	Sulfat	mg/L	2504
4.	Salinitas	‰	33,04

Menurut Tabel 2. salinitas pada air laut sebesar 33,04‰ ini menunjukkan kadar garam yang terkandung dalam air laut mencapai 3,304%. Kadar klorida dalam air laut sebesar 18288 mg/L ini menunjukkan bahwa kadar klorida dalam air laut sangat besar dan mempengaruhi dalam pengendapan dalam proses koagulasi. Selain itu air laut mengandung sulfat yang cukup banyak yaitu 2504 mg/L, sulfat ini juga mempengaruhi dalam proses pengendapan yaitu menjadi $PbSO_{4(s)}$ ini dikarenakan akibat variasi pH, dengan membuat pH menjadi 6 maka yang akan bereaksi adalah ion sulfat pada aluminium sulfat atau magnesium sulfat yang terkandung dalam air laut (Wilasih; 2008). Dengan adanya ion sulfat yang ada di air laut maka reaksi yang terjadi adalah:



Air laut yang dicampurkan dengan air sumur gali kemudian diaduk dengan flokulator jar test membentuk flok-flok yang mengendap. Ini dikarenakan air laut mendestabilisasi koloid dan partikel dalam air sumur gali, menyebabkan

pembentukan inti gumpalan. Dalam inti gumpalan logam Pb dalam air sumur gali bereaksi dengan NaCl yang ada dalam air laut, sehingga mengendapkan logam timbal didalam air sumur gali yang bersamaan dengan pembentukan inti gumpalan, ini disebabkan adanya pengikatan partikel dan koloidal yang saling bertumbukan sehingga bersama-sama mengendap, terjadi reaksi :

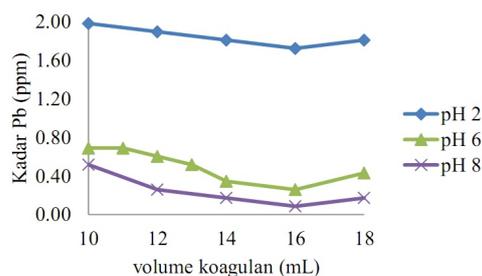


$PbCl_{2}$ endapan berwarna putih. Dengan memperhitungkan pH agar diperoleh pengendapan yang sempurna (Vogel;1985).

Untuk mengetahui pengaruh dosis optimum koagulan air laut untuk menurunkan kadar Pb dalam air sumur gali, sampel filtrat hasil filtrasi diukur dengan menggunakan spektrofotometer AAS didapatkan kadar Pb pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran kadar Pb air sumur gali (variasi pH dan volume air laut)

No.	Sampel Air sumur gali dengan jarak	Kadar Pb awal (ppm)	Volume air laut (mL)	pH	Kadar Pb setelah perlakuan (ppm)
1.	10 meter	2 ppm	10	2	1,98
				6	0,69
				8	0,52
			12	2	1,90
				6	0,34
				8	0,26
			14	2	1,81
				6	0,34
				8	0,17
			16	2	1,72
				6	0,26
				8	0,09
			18	2	1,81
				6	0,43
				8	0,17

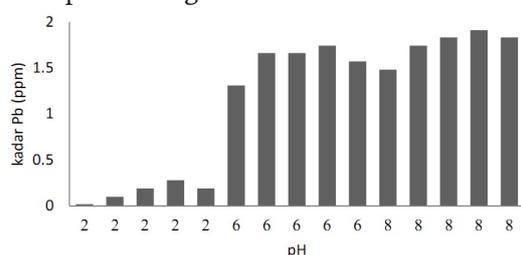


Gambar 1. Hubungan volume koagulan (mL) terhadap kadar Pb (ppm)

Berdasarkan Gambar 1. seiring penambahan volume air laut kadar Pb dalam air sumur gali menurun ini diakibatkan pembentukan flok-flok yang meningkat dan banyak, ini dikarenakan adanya air laut mengikat kotoran dan membentuk inti gumpalan yang membentuk flok-flok yang didalamnya juga terdapat endapan $PbCl_{2}$. Dosis penambahan air laut mencapai optimum pada volume 16 mL pada pH 8 yaitu dapat menurunkan kadar Pb hingga 0,09 ppm, kadar ini hampir mendekati NAB

untuk air sumur gali yaitu 0,05 ppm.

Dalam koagulasi dan pengendapan, pH memiliki faktor penting dalam pengendapan dan pembentukan flok-flok yang didalamnya terdapat endapan logam berat. Dalam penelitian ini larutan antara air laut dan air sumur gali dikondisikan pada pH 2, 6 dengan menggunakan H_2SO_4 0,1 M dan pH 8 menggunakan NaOH 0,1 M, kemudian dimasukkan ke dalam *flocculator jar test*, diaduk dengan kecepatan 100 rpm, pengadukan dilakukan agar flok yang terbentuk lebih optimum dan pembentukan flok lebih cepat. Kondisi ini dilakukan untuk mengetahui pH maksimum suatu koagulan dalam proses koagulasi.



Gambar 2. Penurunan kadar Pb (ppm) dengan variasi pH

Berdasarkan Gambar 2. diketahui bahwa pH larutan mempengaruhi terbentuknya flok dan pengurangan kadar Pb dalam air sumur gali, pada pH 2 kadar Pb berkurang relative sedikit, ini dikarenakan pada pH 2 pembentukan flok-flok dari proses koagulasi tidak terbentuk secara sempurna sehingga kadar Pb masi cenderung berkurang relatif sedikit. Seiring bertambahnya pH secara drastis kadar Pb dalam air sumur gali turun pada pH 8 hingga 1,91 ppm akhirnya naik kembali, ini dikarenakan semakin bertambahnya pH pembentukan flok-flok semakin banyak dan endapan kadar Pb didalam flok juga berkurang secara drastis. Dalam hal ini koagulan bekerja secara optimum pada pH 8.

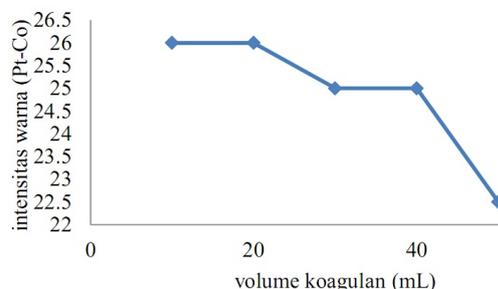
Mula-mula 5 sampel air sumur gali, dimasukkan kedalam *beaker glass* 1 liter masing-masing 200 mL. Kemudian ditambahkan air laut sebagai koagulan dengan konsentrasi sesuai dengan kondisi 5, 10, 15, 20, 25% volume sampel. Selanjutnya dimasukkan ke dalam *flocculator jar test* dengan kecepatan putaran pengaduk 100 rpm selama 25 menit, penambahan air laut ke dalam air sumur gali yang bewarna membuat komponen-komponen air sumur gali terurai setelah pengadukan, karena komponen-komponen air sumur gali yang terurai ini, warna sumur gali yang bewarna menjadi lebih jernih karena komponen-kompo-

nen yang tersuspensi akan mengendap membentuk flok-flok (Susanto; 2004).

Setelah itu difiltrasi dengan kertas saring, filtrasi ini dilakukan agar flok yang dihasilkan tidak bercampur dengan filtrat agar dapat diukur dengan *colourimeter*. Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan *colourimeter* diperoleh data seperti Tabel 4, intensitas warna yang diperoleh harus berbanding terbalik dengan konsentrasi air laut.

Tabel 4. Pengukuran intensitas warna air sumur gali berdasarkan variasi konsentrasi air laut

No.	Volume Air sumur gali (mL)	Konsentrasi air laut (%volume sampel)	Intensitas warna (Pt-Co)
1.	200	5%	26
2.	200	10%	26
3.	200	15%	25
4.	200	20%	25
5.	200	25%	22,5



Gambar 3. Hubungan antara penurunan kadar intensitas warna (Pt-Co) dengan volume koagulan (mL)

Hasil penelitian intensitas warna, seperti terlihat pada Gambar 3, kadar intensitas warna semakin menurun seiring dengan meningkatnya penambahan dosis koagulan. Penurunan ini disebabkan adanya pembentukan flok-flok yang lebih besar dan banyak akibat dari gaya gravitasi yang diberikan koagulan lebih besar (Wilasih; 2008). Pada penambahan dosis koagulan 25% volume yaitu 22,5 Pt-Co, kadar intensitas warna mencapai titik optimum, karena pada waktu pengadukan dosis koagulan 25% volume menghasilkan banyak flok-flok besar sehingga sangat mudah mengendap dan filtrat yang diperoleh sangat jernih. Penambahan volume dihentikan karena akan menimbulkan dampak yaitu setelah lebih dari 50 mL air yang dihasilkan lebih jernih namun meningkatkan salinitas pada air sumur gali tersebut.

Simpulan

Pengaruh penggunaan koagulan dari air laut terhadap penurunan kadar Pb dalam air sumur gali disekitar TPA Jatibarang yaitu air laut dapat menurunkan kadar Pb dalam air sumur gali TPA Jatibarang sebanyak 95,5% dari 2 ppm menjadi 0,09 ppm pada volume 16 mL, karena air laut mempunyai kemampuan untuk

mengendapkan Pb dalam air sumur gali menjadi $PbCl_2$ dan $PbSO_4$ bersamaan pembentukan inti gumpalan membentuk flok-flok. Hasil pengukuran *colourimeter* menunjukkan pengaruh penggunaan koagulan dari air laut terhadap penurunan intensitas warna dalam air sumur gali disekitar TPA Jatibarang yaitu pada penambahan dosis koagulan 25 % volume yaitu 22,5 Pt-Co, kadar intensitas warna mencapai titik optimum, karena pada waktu pengadukan dosis koagulan 25 % volume menghasilkan banyak flok-flok besar sehingga sangat mudah mengendap dan filtrat yang diperoleh sangat jernih. Koagulan air laut bekerja secara optimum pada pH 8.

Daftar Pustaka

- Bergamasco, R., A.M.S.Vieira, L. Nishi, Á.A. Araújo dan G.F. Silva. 2012. Application of Hybrid Process of Coagulation/Flocculation and Membrane Filtration to Water Treatment. *Ecological Water Quality-Water Treatment and Reuse*. 14: 288
- Darmayanto. 2009. *Penggunaan Serbuk Tulang Ayam sebagai Penurun Intensitas Warna Air Gambut*. Tesis. Hal: 19-20
- Gusrina, G. 2008. *Budidaya Ikan* Jilid 1 untuk SMK. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional
- Hakim, L. dan Supriyatna. 2009. Pengambilan Logam Ni dalam Limbah Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Hal: 2
- Miswadi, S.S. 2005. *Pengaruh Air Tanah Bebas Setiap Satuan Bentuk Lahan Terhadap Pola Penggunaan Air Domestik Didaerah Aliran Sungai Pemali Kabupaten Brebes Tegal Provinsi Jawa Tengah*. Disertasi dalam buku dosen FMIPA UNNES, lulus program dokter di UGM. Hal: 328, 332
- Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Tesis Kesehatan Lingkungan. Hal: 1-7, 30-33
- Susanto, J.P. 2004. Pengolahan Lindi (*Leachate*) dari TPA dengan Sistem Koagulasi-Biofilter *Anaerobic*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5 (3): 167
- Sutji. 2006. *Analisis Risiko Pencemaran Bahan Toksik Timbal (Pb) Pada Sapi Potong di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Tesis Kesehatan Lingkungan. Hal: 69
- Vogel. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif* Jilid 1. Jakarta: Kalman Media Pustaka
- Wilasih, T. 2008. Penurunan BOD dan COD Limbah Kertas dengan Air Laut sebagai Koagulan. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. 4 (2): 5-8