



PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR WWTP UNTUK DIOLAH KEMBALI MENJADI CAT PLAMUR

Dodit Ardiatma¹⁾, Evan Novisa Aditya Winata Prana²⁾

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pelita Bangsa
doditardiatma@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Saat ini pengolahan limbah cair pabrik cat menghasilkan limbah akhir berupa limbah lumpur yang masih belum bisa di kelola oleh pihak pabrik, rata-rata perbulan menghasilkan limbah lumpur sebanyak 32.000 kg, sehingga limbah lumpur ini menghasilkan beban yang cukup memberatkan, karena pengelolaan dan pengolahan kembali limbah lumpur harus di serahkan pada pihak ketiga yang mempunyai fasilitas dan mampu mengolah kembali limbah lumpur. Dengan penelitian pemanfaatan limbah lumpur yang diolah kembali menjadi salah satu bahan cat plamur diharapkan dapat mengurangi beban limbah lumpur yang dihasilkan dengan efisiensi sebesar 41,65%.

Informasi Artikel

Diterima: 8 Desember 2018
Direvisi: 6 Februari 2019
Dipublikasikan: 21 Maret 2019

Keywords

Limbah Lumpur, Cat Plamur

I. Pendahuluan

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang, hingga saat ini tetap melaksanakan pembangunan industri. Meningkatnya jumlah industri tidak hanya memberikan dampak positif, tetapi juga memberikan dampak negatif, misalnya pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah industri, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan serta penggunaan air bersih yang semakin banyak dalam

proses produksi. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri).

Dalam proses produksinya, PT ICI Paints Indonesia menghasilkan limbah cair yang akan menimbulkan dampak negatif jika limbah cair tersebut dibuang secara langsung ke

lingkungan, tanpa pengolahan terlebih dahulu. Untuk meminimasi dampak negatif tersebut, maka PT ICI Paints Indonesia menerapkan sistem pengolahan limbah air sisa proses produksi ke dalam suatu unit pengolahan limbah cair (*Waste Water Treatment Plant*), namun dalam proses pengolahan air limbah menghasilkan lumpur (*Sludge*), dari proses akhir dengan menggunakan mesin pemisah air dan lumpur (*Decanter*).

Dalam proses pengolahan akhir oleh *Waste Water Treatment Plant* (*WWTP*) masih memiliki kekurangan dan kendala dalam mengelola lumpur yang dihasilkan, hal ini mengakibatkan adanya penumpukan limbah lumpur dari pengolahan *WWTP* dan mengeluarkan biaya untuk di kelola oleh pihak ketiga. Dengan adanya kendala dan kesulitan dalam mengelola lumpur yang dihasilkan oleh *WWTP* maka tim *Health Safety Environment* (*HSE*) dan saya ingin melakukan penelitian “Pemanfaatan limbah lumpur *WWTP* untuk diolah kembali menjadi Cat Plamur”. Dengan pemanfaatan kembali lumpur ini diharapkan dapat mengurangi limbah lumpur yang dihasilkan oleh pengolahan *WWTP*, sehingga mengurangi pencemaran yang dihasilkan oleh limbah lumpur tersebut.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Definisi dan Karakteristik Cat

Cat adalah suatu cairan yang dipakai untuk melapisi permukaan suatu bahan dengan tujuan memperindah (*decorative*), memperkuat (*reinforcing*) atau melindungi (*protective*) bahan

tersebut. Setelah dikenakan pada permukaan dan mengering, cat akan membentuk lapisan tipis yang melekat kuat dan padat pada permukaan tersebut. Pelekatan cat ke permukaan dapat dilakukan dengan banyak cara yaitu diusapkan (*wiping*), dilumurkan, dikuas, disemprotkan (*spray*), dan dicelupkan (*dipping*) (Susyanto, 2009b)

Emulsi merupakan suatu jenis koloid dengan fase terdispersi berupa zat cair dalam medium pendispersi padat, cair, dan gas. Cat tembok water based disebut juga cat emulsi, dimana terdapat emulsi antara air dan minyak dalam formulasinya. Dalam emulsi pada masing-masing komponen pembentuknya sudah terdapat emulsifer berupa surfactan. Komponen atau bahan penyusun dari cat terdiri dari *binder* (*resin*), *pigmen*, *solvent* dan *additive* (Fajar Anugerah, 2009).

Industri cat adalah salah satu industri tertua di dunia. Sekitar 20.000 tahun lalu, manusia yang hidup di gua-gua menggunakan cat untuk kegiatan komunikasi, dekorasi dan proteksi. Mereka menggunakan material-material yang tersedia di alam seperti arang (karbon), darah, susu, dan sadapan dari tanaman-tanaman yang memiliki warna yang menarik. Cat - cat ini mempunyai keawetan yang baik, seperti yang ditunjukkan pada lukisan gua di Altamira Spanyol,

2.2. Bahan Pembuatan cat

a. Resin atau Polimer

Resin (*polimer*) merupakan komponen utama dalam cat. Resin berfungsi merekatkan komponen-komponen yang ada dan melekatkan keseluruhan bahan pada permukaan suatu bahan (membentuk film). Resin pada dasarnya adalah polimer yang pada temperatur ruang (atau temperatur aplikasi) bentuknya cair, bersifat lengket dan kental (Biddle dkk., 2002).

Senyawa kimia organik dari bahan pembentuk lapisan atau film dapat diklasifikasikan berdasarkan berat molekulnya. Resin dengan berat molekul rendah biasanya tidak dapat membentuk film tanpa adanya reaksi kimia, sedangkan resin dengan berat molekul tinggi dapat membentuk film meski tanpa reaksi kimia. Ada beberapa jenis resin yang biasa digunakan dalam industri cat, pada penelitian yang dilakukan digunakan dua buah jenis resin yaitu epoksi dan alkid (Biddle dkk., 2002).

b. Pigmen dan Extender

Pigmen adalah bagian dari pewarna. Pigmen merupakan padatan halus (bubuk) yang ditambahkan ke dalam cat dengan beberapa fungsi. Secara optis fungsi cat untuk memberi karakter khas pada penampakan cat tersebut, seperti: warna, derajat kilap (*gloss*) maupun daya tutupnya (Licker, 2003). Cat berfungsi sebagai proteksi yaitu memberi nilai tambah pada

karakter kekutan cat tersebut, seperti: kekuatan terhadap cuaca, korosi, panas atau api, dan lain-lain. Cat juga dapat berfungsi sebagai reinforcing (memperkuat), yaitu untuk meningkatkan sifat kekerasan, kelenturan, daya tahan terhadap abrasi, dan lain-lain.

Pigmen cat terbagi dalam dua kategori besar yaitu pigmen organik dan pigmen anorganik. Pigmen organik terbentuk dari senyawa-senyawa organik (hidrokarbon) dan pigmen anorganik terbentuk dari mineral-mineral atau garam-garam logam yang terbentuk secara alami (bahan galian) ataupun dari hasil reaksi kimia di pabrik. Kedua jenis pigmen ini dikenal sebagai true pigmen (atau disebut sebagai pigmen saja) dan extender atau filler (Zulkarnaen, 2001).

Extender (filler) ditambahkan ke dalam cat dengan tujuan untuk menurunkan harga produksi, namun dalam hal tertentu *extender* ditambahkan untuk memperbaiki sifat cat. *Extender* umumnya mempunyai indeks bias yang kecil (atau rendah daya tutupnya) dibanding pigmen (Zulkarnaen, 2001). Menurut Zulkarnaen (2001), pigmen pada cat akan menentukan warna yang akan dihasilkan cat ketika aplikasi. Standar warna yang dapat di produksi dengan menggunakan panel kertas atau tin plate (plat timah) karena waktu dapat berubah atau berubah karena kotor. Sifat-sifat pigmen sangat dipengaruhi oleh sistem cat yang digunakan.

c. *Solvent*

Solvent atau pelarut berfungsi untuk menjaga kekentalan cat agar tetap cair saat digunakan, selain itu juga sebagai media pendispersi. Sebuah cat membutuhkan bahan cair agar patikel pigmen, binder dan material padat lainnya dapat mengalir. Cairan pada suatu cat disusun oleh *solvent* minyak dan atau diluent. Keduanya adalah suatu cairan yang dapat melarutkan (*dissolve*) suatu material. Keduanya juga disebut *thinner* karena keduanya mempunyai kemampuan untuk mengencerkan

d. *Additive*

Additive merupakan bahan yang ditambahkan dalam cat untuk menambahkan property atau sifat-sifat cat sehingga dapat meningkatkan kualitas cat. Sebagai tambahan selain *liquid*, pigmen dan binder, suatu cat dapat mengandung satu atau lebih *additive* (zat tambahan) yang berfungsi untuk meningkatkan performansi, dan biasanya digunakan dalam jumlah yang sangat kecil. Hal ini mempengaruhi fitur vital dari tergantung penggunaan akhir cat terutama kemampuan *flow* dan *leveling* dari cat (Anonim, 2011).

Penambahan *aditive* yang ada dalam cat merupakan suatu proses riset yang panjang pada cat tersebut. Selama proses pembuatan, penyimpanan dan pemakaian dinilai kualitasnya secara menyeluruh. Kelemahan dan masalah yang timbul dicoba untuk diatasi dengan variasi jenis dan takaran beberapa *additive*, hingga akhirnya muncul nama jenis dan takaran *additive* tertentu yang pas

untuk campuran cat tersebut (Zulkarnaen, 2001). *Additive* ditambahkan ke dalam cat disesuaikan dengan solven yang dipakai (*solven* atau *waterbase*), jenis resinnya, cara pemakaiannya dan cara mekanisme pengeringannya. Setiap suplier *additive* biasanya memberi informasi yang jelas tentang apa dan bagaimana *additive* harus digunakan.

2.3. Syarat Mutu Cat

1. Syarat kualitatif

Syarat kualitatif merupakan kualitas terdiri dari segala sesuatu yang bebas dari kekurangan atau kerusakan. (Gaspersz, 2002).

Yaitu:

- a. Keadaan dalam kemasan. Sewaktu kemasan dibuka cat tidak berbau busuk dan setelah dilakukan pengadukan cat tidak mengandung endapan keras, tidak menggumpal, tidak mengulit, dan tidak terjadi pemisahan warna.
- b. Sifat pengulasan. Cat siap pakai dan harus mudah diulaskan dengan kuas pada lempeng uji krisotil semen. Lapisan cat kering harus halus, rata, tidak berkerut, dan tidak turun.
- c. Kestabilan dalam penyimpanan dan sifat lapisan kering. Setelah 6 bulan

dikemas oleh pabrik dan disimpan pada suhu 21°-32° C atau disimpan selama satu bulan pada suhu 52° C cat tidak akan mengalami perubahan

d.Ketahanan terhadap alkali. Setelah diuji dan dikeringkan selama 30 menit, cat tidak mengalami perubahan warna, gelembung, pengerutan, pengapuran, dan atau pengelupasan. (Zulkarnaen, 2001).

2. Syarat Kuantitatif

Parameter	Nilai
Daya tutup (Pfund):	min 8 m ² /L
Warna Cerah	
Warna Gelap	min 11 m ² /L
Density (suhu 28-30 ⁰ C)	min 1,2 g/cm ³

Bahan baku cat terdiri 4 bagian

1. Tedy san chester, komponen pokok dalam cat yang berfungsi menghasilkan hardness
2. Solvent. Berfungsi mengencerkan cat
3. Pigment, berfungsi sebagai pewarna dan menciptakan daya tutup cat
4. Additive, bahan tambahan

2.4 Jenis cat

Banyak sekali teori yang mengatakan bahwa jenis-jenis cat dapat dikelompokkan yaitu berdasarkan bahan baku utama, mekanisme pengeringan, letak dan dimana cat itu dipakai, kondisi cat, jenis dan keberadaan solvent, fungsi, metode pengecatan, jenis substratnya dan lain-lain. Berdasarkan dari lokasi pengecatannya, cat dinding dibagi dalam dua jenis utama, yakni cat interior dan cat eksterior. Cat interior diperuntukkan bagi dinding di bagian dalam rumah. Berdasarkan dari bahan pengencernya, cat terbagi dalam dua jenis utama, yaitu cat berbahan dasar air (*water-based paint*), dan cat berbahan dasar minyak (*solvent-base paint*). Sementara cat eksterior, untuk mengecat bagian luar rumah.

Kategori Bahan	Jenis Bahan	Pengujian	Keterangan
Bahan Baku	RESIN	Penampilan	Membandingkan penampilan, seperti permukaan, bahan asing, endapan, kejernihan, gumpalan dan warna sample resin dengan standard yang ada. Untuk warna resin dinyatakan dengan bilangan Gardner, yaitu menyamakan warna sample dengan skala warna Gardner. Warna jernih (1) hingga warna merah pekat (18)
		Kekentalan (detik atau mPas)	Mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan seluruh cairan keluar dari sebuah flow cup standard. Nilai kekentalan dibuat atas dasar waktu yang dibutuhkan dari mulai mengalir sampai putusnya aliran tersebut. Cara ini efektif jika cairannya adalah jenis newtonian dan mempunyai range kekentalan dibawah 200 detik. Untuk cairan yang sangat kental maka digunakan cara Gardner, yaitu membandingkan kecepatan naiknya gelembung udara yang berisi cairan sample dengan cairan standard dalam tabung dengan ukuran tertentu dari yang paling encer (A) hingga yang paling kental (Z6)
		Berat Jenis (gram/cm ³)	Membandingkan berat sample terhadap volumenya dengan menggunakan gallon cup pada temperatur tertentu.

III. Metodologi

3.1 Objek dan Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai bulan November 2018 bertempat di pengolahan limbah cair PT ICI PAINTS INDONESIA serta kegiatan penelitian di lab RDI PT ICI PAINTS INDONESIA

3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan dalam penelitian, agar dalam pelaksanaan dapat berjalan secara sistematis dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode penelitian dengan mengadakan percobaan yang mendapatkan suatu hasil, hasil tersebut menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel satu dengan variabel lainnya.

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah limbah lumpur sebagai bahan baku cat plamur. Setiap pabrik cat memiliki limbah akhir berbentuk limbah lumpur. Populasi limbah lumpur berada pada semua limbah pabrik cat.

Sampel pada penelitian ini menggunakan limbah lumpur sebagai bahan dasar pembuatan cat plamur. Sampel limbah lumpur mengambil dari PT ICI Paintd Indonesia, kemudian dijadikan benda uji dengan komposisi campuran bahan dasar cat plamur dan limbah lumpur sejumlah 8 buah benda uji. Ukuran sampel uji cat plamur 6000 gram.

Cara pengambilan sampel adalah dengan cara random sampling karena dianggap semua sampel memiliki sifat dan karakteristik yang sama. Pengambilan sampel bahan baku cat plamur dengan cara

1. bahan baku cat plamur diambil dari tempat penyimpanan bahan baku di lab RDI

2. limbah lumpur diambil dari pengolahan limbah cair WWTP Paints Indonesia

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat dikatakan juga sebagai faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang diteliti. Dalam penelitian ini variabel benda uji menggunakan variabel linier yang artinya variable menunjukkan grafik komposisi yang lurus antara bahan dasar cat plamur dengan limbah lumpur. Untuk bahan baku cat plamur komposisi akan berkurang tidak sama tiap variabel dari 100 sampai 0, dan untuk sludge komposisi akan bertambah tidak sama tiap variable dari 0 sampai 100. Variabel tersebut diambil karena dalam penelitian ini peneliti belum menemukan referensi sebelumnya dengan variabel yang lebih terfokus, dengan kata lain ini adalah penelitian pertama tentang pemanfaatan limbah lumpur sebagai pengganti bahan dasar cat plamur dalam uji standar kualitas cat plamur.

- a. Variabel terikat atau kontrol pada penelitian ini adalah sampel uji standar kualitas variabel A dengan komposisi

Bahan dasar cat plamur:
Sludge, 100:0.

- b. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi campuran limbah lumpur dan bahan dasar cat plamur dalam pembuatan cat plamur variabel B sampai dengan E.

Variabel	Komposisi Bahan Dasar Cat Plamur: Limbah Lumpur	Jumlah Benda Uji
A	100:0	2
B	76,53:23,47	2
C	69,53:30,47	2
D	57,34:42,66	2
E	55,37:44,63	2
Jumlah		10

3.5 Alat dan Bahan

1. Alat yang diperlukan dalam penelitian

- a. Wadah
- b. HSD mini
- c. Sendok
- d. Spatula
- e. Obeng

- f. Baki
- g. Blade stirrer
- h. Alat ukur uji kualitas

2. Bahan yang diperlukan

- a. Limbah lumpur
- b. Calcium carbonat
- c. Kaolin
- d. Talc powder
- e. Latex
- f. Additive
- g. Air
- h. Pengental

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 analisis Kandungan Kimia Limbah Lumpur

Penelitian tentang analisis kandungan kimia pada sampel limbah lumpur dilakukan dengan metode *Spektroskopi XRF* yang tujuannya untuk mengetahui besarnya kandungan kimia dalam limbah lumpur khususnya susunan kimia yang mirip dengan cat plamur.

Tabel 4.2 Kandungan Kimia Limbah Lumpur dan Cat Plamur

No	Komposisi Kimia	Kadar dalam cat plamur (mg/l)	Kadar dalam limbah lumpur (mg/l)
1	TiO ₂	3,2	0,4
2	CaCO ₃	836,8	408,8
3	Al ₂ O ₃	16	21,14
4			
5			
6			

Laboratorium Media Lab, 2018 dan PT ICI Paints Indonesia

4.2 Uji Viscosity

Uji *Viscosity* dilakukan dengan menggunakan alat *viscosity* meter sehingga akan diperoleh nilai *viscosity* cat plamur. Setelah dilakukan uji tersebut maka akan diperoleh nilai *viscosity* dalam satuan *poise*

Dari hasil uji coba maka didapatkan nilai *poise* yang masuk ke dalam spesifikasi dan mendekati kualitas standar dari cat plamur adalah variabel E dengan nilai *viscosity* sebesar 435 *poise* dan 440 *poise*

4.3 Uji Solid Content

Uji Solid Content bertujuan untuk mengetahui kadar kepadatan yang ada pada produk cat plamur, dengan standar yang telah ditentukan agar daya tutup cat plamur bisa maksimal untuk menutup pori atau retakan tembok menjadi rata dan rapi. Karena jika kadar solid kurang dapat mengakibatkan daya tutup tidak rata dan pecah saat di aplikasikan pada tembok

4.4 Uji Specific Gravity

Untuk mengetahui masa jenis atau berat dari cat plamur, maka dilakukan pengujian S.G dengan menggunakan alat penguji S.G. pengujian ini berguna untuk memastikan standar kualitas produk yang akan mempengaruhi daya tutup cat plamur.

4.5 Pembahasan

dapat diketahui bahwa kandungan yang ada dalam limbah lumpur mempunyai kandungan yang sama dengan kandungan cat plamur. Senyawa yang mempunyai pengaruh besar dalam kandungan cat plamur yaitu Kalsium Karbonat (CaCO_3). Apabila dibandingkan dengan cat plamur, ada beberapa senyawa yang mempunyai kandungan lebih besar dari cat plamur dan ada juga yang lebih kecil. Senyawa pada limbah lumpur yang memiliki jumlah lebih besar dibandingkan cat plamur kalsium karbonat (CaCO_3). Sedangkan senyawa lebih kecil adalah titanium dioksida (TiO_2). Masing-masing senyawa

Berdasarkan kandungan senyawa yang ada dalam limbah lumpur maka dalam melakukan percobaan menambahkan limbah lumpur dengan mengurangi beberapa senyawa pada cat plamur seperti titanium dioksida (TiO_2), kalsium karbonat (CaCO_3), aluminium silicate (Al_2O_3), dan Air (H_2O).

Berdasarkan hasil uji coba standar kualitas dari PT ICI PAINTS INDONESIA didapatkan hasil yang masuk standart adalah formula F

Dari hasil pemanfaatan limbah lumpur pada cat plamur memberikan keuntungan pada pihak pengelola dan PT ICI PAINTS INDONESIA, dimana tiap hari nya dalam proses pengolahan limbah cair menghasilkan 1.000 kg samapai 2.000 kg dengan rata-rata tiap bulannya menghasilkan 32.000 kg limbah lumpur, beberapa keuntungan yang di dapatkan:

1. Jika limbah lumpur dapat di produksi pada cat plamur dalam satu bulan sebesar 32 ton, maka limbah lumpur yang digunakan sebesar 13.387,5 kg, dengan penggunaan ini maka dapat mengurangi 41,65% limbah lumpur yang di kelola oleh pihak ketiga.
2. Dengan pemanfaatan kembali limbah lumpur, maka dapat mengurangi bahan baku dalam pembuatan cat plamur, hal ini dapat meringankan biaya proses pembuatan cat plamur.
3. Mengurangi beban pengelolaan limbah lumpur dari segi tempat dan biaya.
4. Jika minimum produksi cat plamur rata-rata 30.000 kg per bulan maka dapat mengurangi limbah lumpur sebesar 13.387,5 kg, sehingga efisiensi penggunaan 41,65% dari jumlah per bulan yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Jika dilihat dari produksi cat plamur dan limbah lumpur yang dihasilkan
- V. Kesimpulan**
- Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat beberapa kesimpulan, yaitu:
1. Dari hasil pengecekan karakteristik limbah lumpur, masih memenuhi syarat untuk di manfaatkan kembali pada produk cat plamur.
 2. Limbah lumpur dapat digunakan dan diolah pada produk cat plamur.
 3. Limbah lumpur setelah diolah kembali pada produk cat plamur masih memenuhi syarat secara kualitas standar produk yang telah ditentukan oleh pihak PT ICI PAINTS INDONESIA.
- Annisa Yudistira, Novalina; Asmura, Jecky; Andrio, David. 2016. "Pemilihan Teknologi Daur Ulang Effluent Limbah Cair Rumah SAKit untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih Pertamanan dan Kegiatan Non-Potable", Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Ariani, Nurul Mahmida. 2011. "Jurnal Riset Industri: Otomatisasi Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Sistem Mobil di Baristand Industri Surabaya"
- Fajar Anugrah. 2009. "Pengertian Cat, Komponen Penyusun Cat, Jenis-Jenis Cat, Kualitas Cat". (Artikel). <http://hunter-science.com/2011/06/pengertian-cat.html>. diakses pada 26 Januari 2015
- Fadh Diyar Husni, Muhammad. 2013. "Pemanfaatan Limbah Sludge Pabrik Kertas Sebagai Bahan Pengganti Penggunaan Semen Dalam Uji Mortar", Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

- Fardiaz Srikandi. 1992. "POLUSI AIR & Udara". Yogyakarta
1987. Metoda Penelitian Air. Surabaya : Usaha Nasional. KANISIUS.
- Budiyanto, Dr. Ir. M.Si ; Sumardiono, Siswo, Dr. , M.Eng. Teknik Pengolahan Air, 2013 – Yogyakarta ; Graha Ilmu.
- Fiqkhi Dinnia, Ahmad; Yadi, Mohammad. 2013. "Teknologi Pengecatan Permahyd Water Base Sebagai Teknologi Ramah Lingkungan Pengganti Teknologi Pengecatan Solvent Base", Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Daud, 2001. Hukum Lingkungan dalam Sistem Penegakkan Hukum. Lingkunga Indonesia, ALUMNI, Bandung.
- Gaspersz, V. 2002, "Manajemen Kualitas dalam Industri Jasa", Jakarta, Gramedia: Pustaka Utama.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta
- Hernadewita, 2007. "Penanganan Limbah Industri Cat Ditinjau Dari Sisi Clean Technology Dalam Manajemen Industri", Kejuruan Mekanik dan Bahan: Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM).
- Elma Sofia, Roni Riduan , Chairul Abdi. 2015. Jurnal Evaluasi keberadaan sisa klor bebas di jaringan distribusi IPA Sungai Lulut PDAM Banjarmasin.
- <http://hunter-science.com/2011/06/pengertian-cat.html>
- Darmadi. 2008. Infeksi Nosokomial: Problematika dan Pengendaliannya. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Idaman Said, Nusa. 2006. "Daur Ulang Air Limbah (Water Recycle) Ditinjau dari Aspek Teknologgi, Lingkungan dan Ekonomy", Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Fisher, I., Kastl, G., Sathasivan, A. 2012. A Suitable Model Of Combined Effects Of Temperature And Initial Condition On Chlorine Bulk Decay In Water Distribution Systems. Water Res. 46, hal. 3293-3303
- Achmad,R. 2004. Kimia Lingkungan. Andi. Jakarta
- Handriyanto. 2010. Pendeteksian Gas Klor Dan Analisis Kualitas Air Pdam Di Titik Terjauh Dan Pemahaman Masyarakat Terhadap Gas Klor Di Wilayah
- Alaerts, G dan Sri Sumestri Santika.

- Pelanggan Ipa Jurug
Univerrstas Sebelas Maret
Surakarta. Surakarta
- J. Bassett, R.C. Denney, G.H. Jeffery,
dan J. Mendham (1991). (Buku
Ajar Vogel: Kimia Analisis
Kuantitatif Anorganik
terjemahan dari Vogel's
Textbook of Quantitative
Inorganic Analysis Including
Elementary Instrumental
Analysis, penerjemah: A.
Hadyana P. dan Ir. L. Setiono.
Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Liu, B., Reckhow, D.A., Li, Y. 2014. A
Two-site Chlorine Decay model
For The Combined Effects Of
pH, Water Distribution
Temperature And In-home
Heating Profiles using
Differential Evolution. *Water
Res.* 53, hal. 4757.
- Metcalf & Eddy. 1991. *Water Supply
and Sewerage*. Edisi6. Mc
Graw-Hill International Edition.
New York.
- Manhub. 1981. *Pedoman Pengamatan
Kualitas Air Direktorat Jendral
Pengairan Departemen
Pekerjaan Umum Republik
Indonesia*.
- Moleong, 2010. *Metode Penelitian
Kuantitatif*. Bandung : Penerbit
Pustaka Setia.
- Hamidi.Ompusunggu,H. 2009. *Analisa
Kandungan Nitrat Pada Sumur
Gali di Sekitar Tempat
Pembuangan Akhir Sampah*.
- Skripsi Program Sarjana USU.
Sumatra Selatan.
- Peraturan Menteri Kesehatan No.416
Tahun 1990 Tentang ‘‘Syarat-
syarat dan Pengawasan Kualitas
Air’’
- Purnawijayanti HA. 2001. *Sanitasi,
Higiene, dan Keselamatan Kerja
dalam Pengolahan Makanan*.
Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Rahayu, W.P. (1993). *Penanganan
Limbah Industri Pangan*.
Yogyakarta: Kanisius. Hal. 163.