

# JURNAL RISET

## TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI

Vol. 5, No. 1, Mei 2014

Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak  
pada Contoh Uji Air  
**Setyani Hardiana S. dan Aris Mukimin**

Pengaruh  $H_2O_2$ , pH, dan Sumber Sinar pada Degradasi Air Limbah  
Pewarna Indigo Menggunakan Katalis  $TiO_2$   
**Djarwanti dan Cholid Syahrani**

Modifikasi Peralatan Sampling HVAS Portabel untuk Analisis Total  
Partikulat di Udara Ambien  
**Agung Budiarto**

Profil Sebaran Getaran di Lingkungan Industri Mesin Minuman  
**Januar Arif Fatkhurrahman dan Moch Syarif Romadhon**

Aplikasi Sistem Vertical dan Horizontal Sub Surface Flow Wetland  
dalam Pengolahan Kembali Effluent IPAL Perusahaan Obat dan  
Obat Tradisional  
**Nikola Fibrian F, Hena Rya Sunoko dan Munifatul Izzati**

JURNAL RISET Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri	Vol. 5	No. 1	Halaman 1 - 36	Semarang, Mei 2014	ISSN No. 2087-0965
---	--------	-------	-------------------	-----------------------	--------------------

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

---

Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri adalah majalah ilmiah berkala yang memuat karya tulis ilmiah di bidang pencegahan pencemaran industri, diterbitkan secara teratur dua kali per tahun oleh Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang, Kementerian Perindustrian

---

**DEWAN REDAKSI**

***Penanggung Jawab / Ketua Pengarah***  
Kepala BBTPPI Semarang

***Pengarah***  
Kepala Bidang Penelitian dan Pengembangan, Kepala Bidang Pelayanan Jasa Teknis,  
Kepala Bidang Tata Usaha

***Pemimpin Redaksi***  
Drs. Misbachul Moenir, M.Si

***Wakil Pemimpin Redaksi***  
Drs. Sigit Kartasanjaya

***Mitra Bestari***  
Prof. Dr. Ir. Eddy Hermawan, M.Sc (Meteorologi) – Dr. Bambang Cahyono, M.Sc (Kimia Organik)  
Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA (Teknologi Kimia) – Prof. Dr. Drs. Karna Wijaya, M.Eng (Kimia Energi dan  
Kimia Bahan)

***Dewan Redaksi***  
Ir. Nani Hariastuti, M.Si (Teknologi Lingkungan) – Dr. Aris Mukimin, S.Si, M.Si (Kimia Lingkungan)  
Cholid Syahroni, S.Si, M.Si (Kimia Lingkungan) – Silvy Djayanti, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan)  
Bekti Marlana, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan) – Dra. Muryati, Apt. (Simulasi dan Kontrol Proses)  
Ir. Marihati (Simulasi dan Kontrol Proses) – Ikha Rasti Juliasari, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan)  
Ir. Djarwanti (Teknologi Lingkungan)

***Redaksi Pelaksana***  
Hanny Vistanty, ST, MT  
Silvy Djayanti, ST, M.Si  
Farida Chrisnaningtyas, ST

***Sekretaris***  
Subandriyo, S.Si, M.Si  
Aniek Yuniati Sisworo, ST

***Setting / Tata Naskah dan Tata Kelola Website***  
Nur Zen, ST  
Rado Hanna Piala, ST  
Januar Arif Fatkhurrahman, ST

***Distribusi***  
Eko Widowati, SH  
Santoso

***Alamat Redaksi***  
Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI)  
Jl. Kimangunsarkoro No.6 Semarang, Telp. 024-8316315, Fax. 024-8414811  
email : jurnalrisetppi@kemenperin.go.id

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

---

**DAFTAR ISI**

<b>Hasil Penelitian</b>	<b>Halaman</b>
Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air ( <i>Method Development on Oil and Grease Analysis in Water Sample</i> ) – Setyani Hardiana S. dan Aris Mukimin .....	1 – 6
Pengaruh H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , pH, dan Sumber Sinar pada Degradasi Air Limbah Pewarna Indigo Menggunakan Katalis TiO <sub>2</sub> ( <i>Influence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pH, and Source Ray on Indigo Colour            Wastewater Degradation Using TiO<sub>2</sub> Catalyst</i> ) – Djarwanti dan Cholid Syahroni .....	7 – 14
Modifikasi Peralatan Sampling HVAS Portabel untuk Analisis Total Partikulat di Udara Ambien ( <i>Modification of Portable HVAS Sampling Equipment for Total Particulate            Matter Analysis in Ambient Air</i> ) – Agung Budiarto .....	15 - 20
Profil Sebaran Getaran di Lingkungan Industri Mesin Minuman ( <i>Vibration Distribution            Profile on Vending Machine Industry</i> ) – Januar Arif Fatkhurrahman dan Moch Syarif Romadhon .....	21 - 28
Aplikasi Sistem Vertical dan Horizontal Sub Surface Flow Wetland dalam Pengolahan Kembali Effluent IPAL Perusahaan Obat dan Obat Tradisional ( <i>Vertical and Horizontal            Sub Surface Flow Wetland System Application on Medicine and Traditional Medicine            Factory as Effluent WWT Retreatment</i> ) – Nikola Fibrian F., Hena Rya Sunoko dan Munifatul Izzati .....	29 - 36

### **PENGANTAR REDAKSI**

Industri dewasa ini sudah menjadi tulang punggung perekonomian Indonesia, dan disebut sebagai *engine of economic growth*, ditandai dengan semakin meningkatnya kontribusinya pada produk domestik bruto (PDB). Pemerintah terus mendorong pertumbuhan industri melalui pembangunan zona maupun kawasan industri dan selanjutnya menjadi pusat pertumbuhan ekonomi diberbagai wilayah di Indonesia. Pusat pertumbuhan ekonomi diharapkan dapat meningkatkan taraf kehidupan dan kesejahteraan masyarakat, berkurangnya angka kemiskinan di daerah dan semakin terbukanya partisipasi masyarakat dalam berbagai proses pembangunan. Namun perkembangan industri juga berdampak pada lingkungan seperti pencemaran air, udara, dan menurunnya keanekaragaman hayati.

Pembangunan industri kedepan harus didasarkan pada pengembangan industri yang berwawasan lingkungan. (*Green Industry*) industri hijau adalah industri yang efisien dan efektif menggunakan sumberdaya secara berkelanjutan serta dapat mensinergikan pembangunan industri dan fungsi lingkungan hidup. Industri hijau juga dapat dicapai dengan kegiatan pencegahan pencemaran industri melalui pemilihan teknologi proses yang ramah lingkungan.

Pada terbitan ini redaksi menyajikan artikel hasil penelitian para peneliti mengenai;

1. Pengembangan metode analisis parameter minyak dan lemak pada contoh uji air
2. Pengaruh  $H_2O_2$ , pH dan sumber sinar pada degradasi air limbah pewarna indigo menggunakan katalis  $TiO_2$
3. Modifikasi peralatan sampling HVAS portable untuk analisis total partikulat di udara ambien
4. Profil sebaran getaran di lingkungan industri mesin minuman
5. Aplikasi sistem vertikal dan horizontal sub surface flow wetland dalam pengolahan kembali effluent IPAL perusahaan obat dan obat tradisional

Kami masih menerima sumbangan naskah penelitian dari berbagai pihak untuk dipublikasikan, dan kritik serta saran untuk meningkatkan mutu Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

## **PEDOMAN PENULISAN NASKAH**

### **Ruang Lingkup Jurnal**

Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri adalah majalah ilmiah yang berdedikasi sebagai media diseminasi dari hasil penelitian atau kajian teknologi. Jurnal ini terbuka bagi semua peneliti dan semua pihak dengan kontribusi yang difokuskan pada studi eksperimental dan analisis teoritis fenomena yang terkait dengan teknologi lingkungan serta pengembangan proses dan simulasi, desain peralatan dan fabrikasi, bahan atau material yang digunakan dalam upaya pencegahan pencemaran industri. Artikel bertujuan untuk memecahkan masalah yang dihadapi dalam bidang teknologi pencegahan pencemaran industri melalui pengembangan dibidang: bioteknologi, teknologi industri hijau, konservasi energi, dan pemulihan sumber daya dan daur ulang.

Naskah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baik dan benar. Naskah tersebut belum pernah diterbitkan dan tidak direncanakan diterbitkan dalam publikasi yang lainnya.

### **Tata Cara Pengiriman**

Naskah disampaikan dalam bentuk softcopy dan dikirimkan ke redaksi Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri ke email: [jurnalrisetppi@kemenperin.go.id](mailto:jurnalrisetppi@kemenperin.go.id). Redaksi berhak menolak naskah atau artikel yang dianggap tidak layak untuk diterbitkan.

### **Petunjuk Penulisan**

1. Naskah ditulis menggunakan format file dengan ekstensi **.docx** atau **.doc**, font arial, spasi 1,5 pada kertas A4 (kwarto), margin kiri-kanan 30 mm bawah-atas 25 mm. Naskah tidak lebih dari 10.000 (sepuluh ribu) kata atau maksimal 15 halaman.
2. Format naskah yang berasal dari hasil penelitian adalah: Judul, Nama penulis dan alamat instansi, email koresponden, Abstraks Bahasa Indonesia, Kata kunci berbahasa Indonesia, Abstrak berbahasa Inggris, Keywords, Pendahuluan, Metode, Hasil dan pembahasan, Kesimpulan, Ucapan terimakasih (kalau ada) dan Daftar pustaka. Naskah yang bukan hasil penelitian maka formatnya disesuaikan dengan kaidah ilmiah yang berlaku.
3. Judul: ditulis dengan huruf besar font 14 pt bold, singkat, jelas, menggambarkan isi naskah dan maksimal 16 kata
4. Nama penulis: ditulis dengan font 12 pt bold yang berisi nama lengkap, tanpa gelar akademik. Apostrof ditulis dibelakang nama penulis dengan format superscript. Jika penulis lebih dari satu dan instansinya berbeda maka ditandai dengan contoh: Zen<sup>1</sup>, Rado<sup>2</sup>, Janu<sup>3</sup>. Jarak antara judul dengan nama penulis adalah 2 spasi.

5. Abstrak: ditulis dalam dua bahasa (Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris) dan maksimal 250 kata. Abstrak memuat perumusan masalah, tujuan, metode, hasil utama, kesimpulan hasil penelitian. Judul abstrak ditulis dengan font 11 pt bold. Isi abstrak dalam bahasa Inggris ditulis dengan font 11 pt italic dengan jarak 1 spasi. Jarak nama dengan abstrak adalah 2 spasi.
6. Kata kunci dan Key words: maksimal 5 kata. Judul kata kunci ditulis dengan font 11 pt bold. isi ditulis dengan font 11 pt italic. Jarak abstrak/*abstract* dengan kata kunci/*keywords* 2 spasi.
7. Isi naskah: ditulis dengan font arial 12 pt dan 1,5 spasi.
8. Gambar dan tabel diberi nomer urut. Judul tabel ditulis di atas tabel, sedangkan judul gambar ditulis di bawah gambar. Gambar hendaknya beresolusi tinggi. Jumlah gambar dan tabel tidak melebihi 30% dari keseluruhan naskah.
9. Sitasi: ditulis di dalam teks dengan identitas nama dan tahun dalam tanda kurung. Sitasi ditempatkan sebelum tanda baca, contoh
  - Bahan ini digunakan dalam berbagai macam aplikasi (Zen dkk.,2009)
  - Hasil ini kemudian dibantah oleh Becker dan Seligman (Hariastuti, 2007)
  - Efek ini telah banyak dipelajari (Subandrio, 2004; Marlina dkk., 2010; Hanny, 2011).
10. Daftar pustaka: disusun menurut contoh sebagai berikut:

**Buku**

Carter CB., Norton MG., 2013, Ceramic Materials: Science and Engineering , 2nd edn., Springer, New York

**Jurnal**

Hanaor DAH., Sorrell CC., 2011, Review of the anatase to rutile phase transformation, J Mater Sci 46(2):855-874.

**Artikel terpublikasi online**

Kaplan WD., Chatain D., Wynblatt P., Carter WC., 2013, A review of wetting versus adsorption, complexions, and related phenomena: the Rosetta stone of wetting, J Mater Sci. doi: 10.1007/s10853-- 009-3874-0

**Dokumen online**

Barthelmy D., 2007 Cryptomelane. <http://webmineral.com/data/Cryptomelane.shtml>. Accessed 28 July 2013

**Skripsi/thesis/Disertasi**

Blanford CF., 2000, Synthesis and electron microscopy of inorganic and hybrid organic-inorganic mesoporous and macroporous materials. PhD Dissertation, University of Minnesota

**Prosiding**

Moertinah S., 2009, Teknologi pengolahan air limbah tenun sintesis, Dalam prosiding Seminar Nasional HKI, Semarang

11. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh dewan redaksi dengan kriteria penilaian meliputi: kesesuaian ruang lingkup jurnal, kebenaran isi, orisinalitas dan kejelasan uraian. Naskah yang tidak dapat dimuat akan diberitahukan kepada penulis.
12. Pendapat atau pernyataan ilmiah merupakan tanggung jawab penulis
13. Hal-hal yang belum jelas dapat menghubungi redaksi

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

Hardiana S, S (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 1 – 6

Minyak dan lemak merupakan parameter yang konsentrasinya maksimumnya dipersyaratkan untuk air limbah industri dan air permukaan. Kelemahan metode-metode tersebut yaitu penggunaan pelarut  $CCl_4$  (metode IR) dan daerah konsentrasi analisis yang besar (metode gravimetri) sehingga penting dilakukan penelitian penggunaan pelarut lain dan penurunan limit deteksi, khususnya metode gravimetri. Pada pembacaan absorbansi pelarut  $C_2Cl_4$  dan S316 menunjukkan level respon yang sangat tinggi yaitu 18 mg/L ( $C_2Cl_4$ ) dan 15 mg/L (S316) sehingga tidak bisa digunakan untuk analisis minyak dengan metode infra merah. Pada metode gravimetri diperoleh persen *recovery* 92,28% (sampel minyak nabati) dan 99,25% (sampel minyak mineral) dengan konsentrasi analit sebesar 0,9 mg/L dan 0,88 mg/L.

(Setyani Hardiana S dan Aris Mukimin)

Kata Kunci : *Minyak dan Lemak, Ekstraksi, gravimetri, Infrared*

Djarwanti (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
Pengaruh  $H_2O_2$ , pH, dan Sumber Sinar pada Degradasi Air Limbah Pewarna Indigo Menggunakan Katalis  $TiO_2$   
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 7 – 14

Fotokatalisis menggunakan katalis  $TiO_2$  merupakan salah satu metode yang menjanjikan untuk mendegradasi polutan organik yang ada dalam air limbah karena mampu mendegradasi hingga tingkat mineralisasi, sehingga tidak meninggalkan residu (sludge) yang selama ini menjadi masalah serius bagi pengolahan sistem konvensional. Hasil degradasi secara fotokatalitik dengan variasi penambahan hidrogen peroksida menunjukkan hasil terbaik pada penambahan peroksida 0,1% volum. Prosentase penurunan COD 57,30% pada waktu 3 jam. Variasi pH tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap degradasi sampel limbah indigo baik itu pH asam maupun basa. Degradasi di bawah sinar matahari memberi efek lebih baik dibanding dengan lampu UV.

(Djarwanti dan Cholid Syahroni)

Kata Kunci : *fotokatalisis,  $H_2O_2$ , pH, air limbah indigo,  $TiO_2/Ti$*

Budiarto, A (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
Modifikasi Peralatan Sampling HVAS Portabel untuk Analisis Total Partikulat di Udara Ambien  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 15 – 20

High Volume Air Sampler (HVAS) adalah alat pengambil sampel partikulat di udara ambien yang memiliki prinsip kerja dengan sistem vakum dengan menarik udara lingkungan sekitar melalui inlet dengan ukuran-selektif dan melalui filter. HVAS modifikasi memiliki kemampuan yang tidak beda nyata dengan HVAS existing berdasarkan nilai Anova, dimana nilai  $P = 0,985$ . HVAS modifikasi yang didesain telah memenuhi standard dengan bentuk lebih kecil dan lebih ringan, sehingga bisa memudahkan dalam penyimpanan dan mobilisasi pengujian sampel partikulat ambien.

(Agung Budiarto)

Kata Kunci : *HVAS modifikasi, Partikulat, Portabel*

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

Hardiana S, S (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
*Method Development on Oil and Fatty Analysis in Water Sample*  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 1 – 6

*Oils and grease are the parameters of industrial waste water and surface water that the maximum concentration is required. Infrared and gravimetric are two analysis of methods standards that are still used. The weakness of these methods is the use of solvents  $CCl_4$  (IR method) and the range concentration of analysis (gravimetric method) so important to do research into the use of other solvents and decrease the detection limit, particularly the gravimetric method. In the gravimetric method percent recovery obtained 92.28% (vegetable oil sample) and 99.25% (mineral oil sample) with the concentration samples of 0.9 mg / L and 0.88 mg / L. The percent recovery values obtained in 2000 mL sample volume and extraction techniques 4 stages with a detection limit of 0.5639 mg / L and 0.4736 mg / L so that the gravimetric method development is feasible to used for the analysis of samples of waste water and surface water.*

(Setyani Hardiana S and Aris Mukimin)

Keywords : *Oil and grease, extraction, gravimetry, Infrared*

Djarwanti (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
*Influence of  $H_2O_2$ , pH, and Source Ray on Indigo Colour Wastewater Degradation Using  $TiO_2$  Catalyst*  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 7 – 14

*The photocatalytic degradation of indigo dye wastewater was studied by using photocatalytic rotating drum reactor. The effect of pH,  $H_2O_2$  and UV light sources on photocatalytic activity was investigated. This study consist of catalyst preparation, XRD and SEM characterization, followed by photocatalytic degradation. It was revealed that  $TiO_2$  film prepared by anodizing formed tube with pore diameter 100 nm. The structure was anatase with crystalite size 4-17 nm. Hydrogen peroxide addition, however, improved the photocatalytic activity, with the optimum concentration was 0,1% v/v. Modifications of initial pH between 4.0 and 10 do not affect the activity. Experiment under sun light give better result compared to using artificial UV light..*

(Djarwanti and Cholid Syahroni)

Keywords : *photocatalytic,  $H_2O_2$ , pH, indigo dye wastewater,  $TiO_2/Ti$*

Budiarto, A (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
*Modification of Portable HVAS Sampling Equipment for Total Particulate Matter Analysis in Ambient Air*  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 15 – 20

*High Volume Air Sampler ( HVAS ) is a particulate samplers equipment in ambient air which has the working principle of the vacuum system by pulling environment air through the selective- size inlet and through filters. The modify HVAS have capabilities that are not significantly different to the EPA standard HVAS based on the value of ANOVA, where the value of  $P = 0.985$ . HVAS modifications have been designed to meet the standard form smaller shape and lighter, so that it can facilitate the storage and mobilization of particulate sample testing. Based on the materials used for the manufacture of HVAS modification obtained a cheaper rate due to the reduction of the material forming the framework of HVAS.*

(Agung Budiarto)

Keywords : *HVAS Modification, Particulate, Portable*

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

Fatkhurrahman, JA (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
Profil Sebaran Getaran di Lingkungan Industri Mesin Minuman  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 21 – 27

Kinerja mesin produksi pada industri mesin minuman, terutama pada mesin pencetak menimbulkan getaran mekanik yang merambat ke lingkungan kerja. Efek getaran yang merambat pada lingkungan kerja dapat dianalisis berdasarkan gangguan terhadap kenyamanan kerja terhadap jarak rambat getaran. Dari hasil analisis efek getaran terhadap kenyamanan kerja, rambat getaran semakin melemah seiring dengan jarak, paparan tertinggi getaran terjadi pada jarak 6 – 12 meter dari sumber getaran, penggunaan matlab digunakan untuk melihat profil Rambat Getaran terukur dilihat dari persamaan matematis rambat getaran. Profil Rambat Getaran hasil pengukuran belum cukup equal dengan persamaan matematis rambat getaran, dikarenakan banyaknya traksumber gangguan getaran lain di sekitar lokasi pengukuran.

(Januar Arif Fatkhurrahman dan Moch Syarif Romadhon)

Kata Kunci : profil rambat getaran, frekuensi, matlab

Fibrian, N (Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang)  
Aplikasi Sistem Vertical dan Horizontal Sub Surface Flow Wetland dalam Pengolahan Kembali Effluent IPAL Perusahaan Obat dan Obat Tradisional  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 6 – 12

*Penelitian pengolahan kembali effluent IPAL salah satu perusahaan obat dan obat tradisional untuk meningkatkan kualitasnya dilaksanakan dengan menggunakan metode lahan basah buatan (wetland). Metode lahan basah yang digunakan meliputi lahan basah buatan aliran bawah permukaan vertikal (VSSF Wetland) dan lahan basah buatan aliran bawah permukaan horizontal (HSSF Wetland). serta mengkaji efisiensinya. Kualitas effluent setelah diolah menggunakan VSSF maupun HSSF Wetland lebih baik daripada sebelum dilakukan pengolahan menggunakan kedua metode tersebut. VSSF Wetland secara efektif dapat menurunkan BOD, COD, nitrit dan amonia dengan efisiensi berturut-turut sebesar 89.38%, 91.78%, 54.84% dan 71.58%; sedangkan efisiensi HSSF Wetland berturut-turut 93.56%, 94.64%, 74.19% dan 59.93%. Hasil uji statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan kualitas effluent yang diolah menggunakan sistem VSSF dan HSSF Wetland untuk variabel nitrit, amonia, COD dan BOD.*

(Nikola Fibrian F., Hena Rya Sunoko, dan Munifatul Izzati)

Kata Kunci : *effluent IPAL, efisiensi, VSSF dan HSSF Wetland.*

**JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI**  
**(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)**  
**Volume 5, Nomor 1, Mei 2014**

Fatkhurrahman, JA (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)  
*Vibration Distribution Profile on Vending Machine Industry*  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 21 – 27

*Production machine performance on vending machine industry implicate vibration effect to its environment and working amenities. This research works on several steps; vibration data mining, analysis of vibration effect among it frequency and vibration spreading, and mathematical approach, compared with matlab mathematical equation from vibration displacement equation. As the result of this research, vibration effect getting weaker as it range continues to the end, highest vibration effect happen within range 6 – 12 meters from vibration source, Matlab use to see, vibration profile from displacement equation. Vibration profile on measurement method unequal with Matlab displacement equation because of many interference on measurement location.*

(Januar Arif Fatkhurrahman and Moch Syarif Romadhon)

*Keywords : vibration spreading profile, frequency, matlab*

Fibrian, N (Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang)  
*Vertical and Horizontal Sub Surface Flow Wetland System Application on Medicine and Traditional Medicine Factory as Effluent WWT Retreatment*  
*JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI*, 5 (1) 2014 : 6 – 12

*Reuse of effluent industry of the drugs and traditional medicine to improved their quality and carried out by using the method of artificial wetlands (wetland). Wetlands methods used include artificial wetlands vertical subsurface flow (VSSF Wetland) and artificial wetlands horizontal subsurface flow (HSSF Wetland). and assess its efficiency. The results showed that the effluent quality when processed using HSSF Wetland VSSF or better than before the treatment is done using two methods. Wetland VSSF effectively reduce BOD, COD, nitrite, and ammonia with efficiency, respectively for 89.38%, 91.78%, 54.84% and 71.58%; whereas the efficiency of HSSF Wetland respectively 93.56%, 94.64%, 74.19% and 59.93%. Statistical analysis showed there was no difference in the quality of the treated effluent using VSSF and HSSF Wetland systems for variable nitrite, ammonia, COD and BOD.*

(Nikola Fibrian F., Hena Rya Sunoko, and Munifatul Izzati)

*Keywords : effluent WTPW, efficiency, VSSF and HSSF Wetland*



## PENGEMBANGAN METODE ANALISIS PARAMETER MINYAK DAN LEMAK PADA CONTOH UJI AIR

### *METHOD DEVELOPMENT ON OIL AND GREASE ANALYSIS IN WATER SAMPLE*

**Setyani Hardiana S. dan Aris Mukimin**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Jl. Ki Mangunsarkoro No 6, Semarang, 50136

Telp : (024) 8310216, Fax : (024) 8414811

Naskah diterima tanggal 10 Januari 2014, disetujui tanggal 3 Maret 2014

#### **ABSTRACT**

*Oils and grease are the parameters of industrial waste water and surface water that the maximum concentration is required. Infrared and gravimetric are two analysis of methods standards that are still used. The weakness of these methods is the use of solvents CCl<sub>4</sub> (IR method) and the range concentration of analysis (gravimetric method) so important to do research into the use of other solvents and decrease the detection limit, particularly the gravimetric method. Solvent C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> and S316 are recommended as the extraction solvent because they are relatively environmental friendly. Variation of the sample volume and extraction stages with n-hexane as a solvent made for the development of the gravimetric method so as to lower the detection limit below 10 mg/L. The type of oil is used as a sample i.e. the vegetable oil and mineral oil. Absorbance readings solvent C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> and S316 showed a very high level of response is 18 mg / L (C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>) and 15 mg / L (S316) so it not recommended to be used for the analysis of oil with an infrared method. In the gravimetric method percent recovery obtained 92.28% (vegetable oil sample) and 99.25% (mineral oil sample) with the concentration samples of 0.9 mg / L and 0.88 mg / L. The percent recovery values obtained in 2000 mL sample volume and extraction techniques 4 stages with a detection limit of 0.5639 mg / L and 0.4736 mg / L so that the gravimetric method development is feasible to used for the analysis of samples of waste water and surface water.*

**Keywords:** Oil and grease, extraction, gravimetry, Infrared

#### **ABSTRAK**

Minyak dan lemak merupakan parameter yang konsentrasinya maksimumnya dipersyaratkan untuk air limbah industri dan air permukaan. Analisis infra merah dan gravimetri adalah dua metode standar yang hingga saat ini digunakan. Kelemahan metode-metode tersebut yaitu penggunaan pelarut CCl<sub>4</sub>(metode IR) dan daerah konsentrasi analisis yang besar (metode gravimetri) sehingga penting dilakukan penelitian penggunaan pelarut lain dan penurunan limit deteksi, khususnya metode gravimetri. Pelarut C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> dan S316 digunakan sebagai pelarut ekstraksi pada metode IR karena tergolong pelarut yang masih direkomendasikan untuk penggunaannya. Variasi volume sampel dan tahapan ekstraksi dengan n-heksan sebagai pelarut dilakukan untuk pengembangan metode gravimetri sehingga mampu menurunkan limit deteksi di bawah 10 mg/L. Jenis minyak yang digunakan sebagai sampel yaitu minyak nabati dan minyak mineral. Pada pembacaan absorbansi pelarut C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> dan S316 menunjukkan level respon yang sangat tinggi yaitu 18 mg/L (C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>) dan 15 mg/L (S316) sehingga tidak bisa digunakan untuk analisis minyak dengan metode infra merah. Pada metode gravimetri diperoleh persen *recovery* 92,28% (sampel minyak nabati) dan 99,25% (sampel minyak mineral) dengan konsentrasi analit sebesar 0,9 mg/L dan 0,88 mg/L. Nilai persen *recovery* tersebut diperoleh pada volume sampel 2000 mL dan teknik ekstraksi 4 tahap dengan limit deteksi 0,5639 mg/L dan 0,4736 mg/L sehingga pengembangan metode gravimetri ini layak digunakan untuk analisis sampel air limbah dan air permukaan.

**Kata kunci:** Minyak dan Lemak, Ekstraksi, gravimetri, Infrared

#### **PENDAHULUAN**

Minyak dan Lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi.

Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan

menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu ketidakseimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri (Andreozzi dkk, 2000; Atlas dkk, 1992).

Peningkatan konsentrasi minyak dan lemak di Jawa Tengah telah teridentifikasi, salah satunya di Sungai Bengawan Solo. Hasil pemantauan tahun 2010 di sampel air sungai tersebut menunjukkan konsentrasi minyak dan lemak pada kisaran 2,6 – 8,6 mg/L. Bila dibandingkan dengan baku air sungai (1 mg/L) maka telah melampaui. Ridho (2010) menyatakan bahwa pencemaran air sungai tersebut disebabkan oleh pembuangan air limbah penduduk dan industri yang berada di sekitarnya.

Baku mutu yang mengatur batasan maksimal konsentrasi minyak dan lemak yang diperbolehkan untuk air limbah salah satunya ditetapkan dalam Perda Provinsi Jawa Tengah no. 5 tahun 2012. Kisaran konsentrasi yang disyaratkan adalah 2 – 25 mg/L. Baku mutu Kepmen LH No.51 tahun 2004 juga telah menetapkan konsentrasi maksimum untuk air permukaan dan laut. Konsentrasi maksimal yang dibolehkan lebih kecil dari effluent air limbah industri yaitu 1mg/L. Perairan lain seperti air laut pada perairan pelabuhan dipersyaratkan mempunyai konsentrasi minyak dan lemak maximum sebesar 5 mg/L.

Berdasarkan fakta tersebut, maka ketersediaan metode uji minyak dan lemak yang sesuai dengan batasan konsentrasi tersebut penting untuk dilakukan. Saat ini, terdapat dua metode uji standar yang telah digunakan untuk penentuan konsentrasi minyak dan lemak yaitu metode infra merah (APHA SM: 5520 C) dan metode gravimetri (APHA SM: 5520 B dan SNI 06-6989.10-2011). Metode Infra merah dilakukan dengan menggunakan pelarut  $CCl_4$  yang kemudian diukur dengan oil content meter. Jenis pelarut ini sudah dilarang karena sangat berbahaya untuk kesehatan (Recknagel dkk, 1989; Simeonava dkk, 2001). Sedangkan metode gravimetri dalam SNI 06-6989.10-2011 digunakan untuk penentuan minyak dan lemak dengan konsentrasi diatas 5 mg/L. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan pengembangan metode yaitu dengan penggantian solven yang lebih ramah lingkungan untuk metode FTIR dan pengembangan teknik analisa metode gravimetri sehingga diperoleh daerah analisis pada konsentrasi di kisaran 1 mg/L.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

$C_2Cl_4$  (karbon tetraklorida), S316 (poliklorofluoroetan),  $Na_2SO_4$  anhidrat, n-Heksan, Minyak, Solar, Aquades, HCl

### Alat

*Oil content Meter POC 100*, corong pisah, erlenmeyer, corong kaca, kertas saring, labu ukur, waterbath, pipet ukur, oven, beaker glass, kertas saring kasar, timbangan, desikator

### Prosedur

Analisis kandungan minyak dan lemak dilakukan dengan dua metode yaitu metode IR dan Gravimetri.

#### 1) Metode FTIR

Pelarut  $C_2Cl_4$  & S316 diukur pada serapan IR dengan *Oil Content Meter POC 100*, kemudian sampel yang mengandung minyak sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam corong pisah dan diekstrak menggunakan pelarut  $C_2Cl_4$  dan S316 sebanyak 50 mL, dan didiamkan. Setelah terbentuk dua lapisan pelarut, ekstrak disaring menggunakan kertas saring yang berisi  $Na_2SO_4$  sebanyak 10 gram pelarut ekstrak dibaca pada *Oil Content Meter POC 100*

#### 2) Metode Gravimetri

Analisis minyak dengan menggunakan metode gravimetri dilakukan dalam beberapa variasi berdasarkan tingkat ekstrak dan volume sampel. Selain itu, jenis minyak juga menjadi bagian yang diinvestigasi pengaruhnya terhadap kualitas metode.

### Tingkat Ekstraksi I Tahap

Sampel sebanyak 500 mL yang berisi minyak nabati 2,1 mg diasamkan dengan menambahkan HCl 1 : 1 hingga pH lebih kecil dari 2, kemudian di ekstrak dengan n-heksan sebanyak 100 mL selama 2 menit. Biarkan lapisan air dan n-heksan memisah. Fase air dipisahkan kedalam erlenmeyer, sedangkan lapisan fase n-heksan dilewatkan kertas saring yang berisi 10 gram  $Na_2SO_4$  anhidrat dan ditampung dalam labu destilasi yang telah diketahui beratnya ( $W_0$ ). Lapisan fase n-heksan didestilasi dengan penangas air pada suhu 70°C. Saat terlihat kondensasi pelarut terhenti, destilasi dihentikan. Dinginkan dan keringkan labu destilasi pada oven dengan suhu 70°C ± 2 °C selama 30-45 menit. Labu destilasi dimasukkan kedalam desikator selama 30 menit dan ditimbang labu destilasi sampai didapat berat tetap ( $W_1$ ). Kadar minyak dan lemak dihitung.

### **Tingkat Ekstraksi II Tahap**

Sampel sebanyak 500 mL yang berisi minyak nabati 2,1 mg diasamkan dengan menambahkan HCl 1 : 1 hingga pH lebih kecil dari 2. Tambahkan n-heksana sebanyak 50 mL kedalam corong pisah, yang berisi contoh uji sebanyak 250 mL kemudian dikocok kuat selama 2 menit. Setelah didiamkan dan terpisah, fase air dipisahkan kedalam erlenmeyer, sedangkan lapisan fase n-heksan dilewatkan ke kertas saring yang berisi 10 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dan ditampung dalam labu destilasi yang telah diketahui beratnya (W<sub>0</sub>). Masukkan kembali sampel sisa kedalam corong pisah untuk diekstraksi kembali dengan 50 mL n-heksan. Ekstraksi dilakukan 2 kali dengan masing – masing menggunakan n – heksan sebanyak 50 mL. Gabungkan ekstrak dalam labu destilasi dan lakukan destilasi dengan penangas air pada suhu 70°C. Saat terlihat kondensasi pelarut terhenti, hentikan destilasi, dinginkan dan keringkan labu destilasi dengan oven pada suhu 70°C ± 2 °C selama 30-45 menit. Labu destilasi dimasukkan kedalam desikator selama 30 menit dan ditimbang sampai didapat berat tetap (W<sub>1</sub>). Kadar minyak dan lemak dihitung. Lakukan langkah yang sama untuk volume sampel 1000 mL dengan contoh uji dibuat 500 mL.

### **Tingkat Ekstraksi IV Tahap**

Sampel sebanyak 500 mL yang berisi minyak nabati 2,1 mg diasamkan dengan menambahkan HCl 1 : 1 hingga pH lebih kecil dari 2. Tambahkan n-heksan sebanyak 25 mL kedalam corong pisah yang berisi contoh uji sebanyak 125 mL. Dikocok dengan kuat selama 2 menit kemudian didiamkan. Setelah memisah, fase air dipindahkan kedalam gelas piala, sedangkan lapisan fase n-heksan dilewatkan kertas saring yang berisi 10 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dan ditampung dalam labu destilasi yang telah diketahui beratnya (W<sub>0</sub>). Masukkan kembali sampel sebanyak 125 mL kedalam corong pisah untuk diekstraksi kembali dan ulangi tahapan ekstraksi hingga pemisahan. Ulangi langkah tersebut hingga volume total contoh uji yang terekstraksi menjadi 500 mL (4 kali ekstraksi) dengan menggunakan n – heksan masing – masing sebanyak 25 mL. Gabungkan ekstrak dalam labu destilasi dan lakukan destilasi dengan penangas air pada suhu 70°C. Saat terlihat kondensasi pelarut terhenti, destilasi dihentikan. Dinginkan dan keringkan labu destilasi pada oven dengan suhu 70°C ± 2 °C selama 30-45 menit. Labu destilasi dimasukkan kedalam desikator selama 30 menit dan ditimbang sampai didapat berat tetap (W<sub>1</sub>). Kadar minyak dan lemak dihitung. Ulangi

langkah keseluruhan 4 tahap untuk volume sampel 1000 mL dengan volume contoh uji dibuat 250 mL dan untuk volume sampel 2000 mL dengan contoh uji dibuat 500 mL.

### **Tingkat Ekstraksi VIII Tahap**

Sejumlah variasi volume sampel sebanyak 1000 mL yang berisi minyak nabati 2,1 mg diasamkan dengan menambahkan HCl 1 : 1 hingga pH lebih kecil dari 2. Tambahkan n-heksana sebanyak 12,5 mL kedalam corong pisah yang berisi contoh uji sebanyak 125 mL. Kocok kuat selama selama 2 menit, diamkan dan fase air pisahkan kedalam erlenmeyer atau gelas piala, sedangkan lapisan fase n-heksan dilewatkan kertas saring yang berisi 10 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dan ditampung dalam labu destilasi yang telah diketahui beratnya (W<sub>0</sub>). Masukkan kembali sampel sebanyak 125 mL kedalam corong pisah untuk diekstraksi kembali. Ulangi tahapan ekstraksi hingga tahap pemisahan. Ulangi langkah tersebut hingga didapatkan volume total yang terekstraksi sebanyak 1000 mL (8 tahap ekstraksi) dengan menggunakan n-heksan masing – masing sebanyak 12,5 mL. Gabungkan ekstrak dalam labu destilasi dan lakukan destilasi dengan penangas air pada suhu 70°C. Saat terlihat kondensasi pelarut terhenti, hentikan destilasi, dinginkan dan keringkan labu destilasi pada oven dengan suhu 70°C ± 2 °C selama 30 -45 menit. Labu destilasi dimasukkan kedalam desikator selama 30 menit dan ditimbang sampai didapat berat tetap (W<sub>1</sub>). Kadar minyak dan lemak dihitung. Ulangi langkah keseluruhan untuk sampel dengan volume 2000 mL dengan contoh uji dibuat 250 mL.

### **Tingkat Ekstraksi XVI Tahap**

Sampel sebanyak 2000 mL yang berisi minyak nabati 2,1 mg diasamkan dengan menambahkan HCl 1 : 1 hingga pH lebih kecil dari 2 (bilas elektroda pH dengan n-heksan). Tambahkan n-heksan sebanyak 6,25 mL kedalam corong pisah yang didalamnya terdapat 125 ml contoh uji. Kocok dengan kuat selama 2 menit. diamkan kemudian pisahkan fase air kedalam erlenmeyer atau gelas piala, sedangkan lapisan fase n-heksan ditampung dalam labu destilasi yang telah diketahui beratnya (W<sub>0</sub>). Masukkan kembali sampel sebanyak 125 mL kedalam corong pisah untuk diekstraksi kembali. Ulangi langkah tahapan ekstraksi hingga tahap pemisahan. Kemudian ulangi langkah tersebut hingga volume total contoh uji yang terekstraksi menjadi 2000 mL (16 kali ekstraksi) dengan menggunakan n-heksan masing – masing sebanyak 6,25 mL. Gabungkan ekstrak dalam labu destilasi dan

lakukan destilasi dengan penangas air pada suhu 70°C. Saat terlihat kondensasi pelarut terhenti, hentikan destilasi, dinginkan dan keringkan labu destilasi pada oven dengan suhu 70°C ± 2 °C selama 30 -45 menit. Labu destilasi dimasukan kedalam desikator selama 30 menit dan ditimbang sampai didapat berat tetap ( $W_1$ ). Kadar minyak dan lemak dihitung.

Perlakuan yang sama dilakukan untuk pengujian sampel yang mengandung minyak mineral sejumlah 2,0 mg pada masing – masing sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode FTIR

Analisis minyak dan lemak dengan metode FTIR telah dilakukan dengan jenis pelarut  $C_2Cl_4$  dan S316. Kedua pelarut ini dipilih dengan pertimbangan bahwa tidak terdapat ikatan C-H yang merupakan ciri utama senyawa minyak dan lemak. Hasil pembacaan pelarut  $C_2Cl_4$  dan S316 pada FTIR jenis instrumen *Oil Content Meter POC 100* sebagaimana disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Pelarut pada POC 100

No	Pelarut	Konsentrasi (mg/L)
1.	$C_2Cl_4$	18
2.	S316 ( $C_2CF_3$ )	15

Berdasarkan tabel 1 pelarut  $C_2Cl_4$  murni telah terbaca konsentrasinya sebesar 18 ppm. Tingginya serapan pelarut  $C_2Cl_4$  dimungkinkan karena adanya vibrasi di daerah panjang gelombang 3100 nm. Panjang gelombang di posisi ini merupakan vibrasi ikatan C-H (Ohno dkk, 2005). Sementara itu, Man dkk (1954) menyatakan bahwa etilen terhalogenasi mempunyai daerah vibrasi 3000 nm – 5200 nm. Kesamaan daerah vibrasi ini menjadi sebab tingginya absorbansi IR oleh pelarut  $C_2Cl_4$  ketika diukur dengan instrumen oil content meter.

Hasil pengukuran pelarut S316 juga sama yaitu sebesar 15 ppm. Nilai konsentrasi ini bisa menjadi indikator yang sama sebagaimana pelarut  $C_2Cl_4$  yaitu terjadinya vibrasi dari ikatan rangkap yang berada di panjang gelombang sama dengan vibrasi ikatan hidrokarbon. Fenomena ini dikuatkan oleh data penelitian Mann dkk tahun 1954 yang menyatakan bahwa tetrafluoroetilen mempunyai daerah vibrasi 2200 nm – 5200 nm. Hasil respon serapan ini menjadi bukti bahwa kedua jenis pelarut tersebut ( $C_2Cl_4$  dan S316)

tidak dapat digunakan dalam analisis minyak dengan metode infra merah.

### Metode Gravimetri

Metode gravimetri dengan variasi jumlah tahap ekstraksi dan volume sampel dilakukan untuk minyak nabati dan minyak mineral. Untuk analisa minyak dan lemak biasanya menggunakan pelarut n – heksan, ether atau kloroform (Rahma, 2011). Penelitian ini menggunakan pelarut n–heksan karena mempunyai koefisien distribusi yang besar dan selektifitas yang tinggi. Berat minyak nabati 2,1 gram dan minyak solar 2,0 gram diencerkan kedalam 500 mL, 1000 mL, dan 2000 mL aquades. Data hasil pengamatan konsentrasi minyak pada berbagai variasi tahap ekstraksi dan volume sampel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Minyak Nabati dengan Metode Gravimetri

Vs sampel Pelarut	500 mL	1000 mL	2000mL
<b>100</b>	5,3 mg	-	-
<b>1</b>			
<b>2</b>	5,8 mg	-	-
<b>50x2</b>			
<b>1</b>	4,7 mg	1,7 mg	-
<b>2</b>	4,0 mg	1,6 mg	-
<b>25x4</b>			
<b>1</b>	3,4 mg	3,5 mg	2,0 mg
<b>2</b>	3,9 mg	3,7 mg	1,9 mg
<b>12,5x8</b>			
<b>1</b>	-	2,5 mg	2,7 mg
<b>2</b>	-	2,4 mg	2,5 mg
<b>6,25x16</b>			
<b>1</b>	-	-	1,3 mg
<b>2</b>	-	-	1,3 mg

Berdasarkan Tabel 2., nilai *recovery* yang mendekati nilai benar didapatkan pada hasil analisis volume 2000 mL dengan tahapan ekstraksi 4 kali yaitu 2,0 mg dan 1,9 mg. Nilai *recovery* rata – rata hasil tersebut sebesar 92,85%.

Berdasarkan data hasil analisis pada tabel 3.2, khususnya untuk volume 2000 mL dengan tahapan ekstraksi 4 kali jika ditinjau dari aspek konsentrasi maka diperoleh nilai kandungan minyak dalam sampel sebesar 1 mg/L dan 0,95 mg/L untuk pengulangan 1 dan pengulangan 2 atau 0,975 mg/L hasil rata – ratanya.

**Tabel 3.** Hasil Analisa minyak Solar dengan Metode gravimetri

V samp	500 mL	1000 mL	2000mL
<b>Pelarut</b>			
<b>100</b>			
1	4,9 mg	-	-
2	4,5 mg	-	-
<b>50x2</b>			
1	5,6 mg	3,0 mg	-
2	7,0 mg	3,5 mg	-
<b>25x4</b>			
1	4,1 mg	3,5 mg	1,9 mg
2	3,7 mg	3,0 mg	1,8 mg
<b>12,5x 8</b>			
1	-	2,8 mg	2,7 mg
2	-	3,0 mg	1,9 mg
<b>6,25 x16</b>			
1	-	-	1,1 mg
2	-	-	0,7 mg

Berdasarkan hasil pengukuran di tabel 3, maka untuk analisa minyak mineral dalam volume 2000 mL dengan tahapan ekstraksi 4 kali mempunyai *recovery* yang terbaik atau mendekati nilai benar, yaitu 1,9 mg dan 1,8 mg untuk pengulangan 1 dan 2. Tahapan ekstraksi pada metode tersebut sebanyak 4 kali. Hasil ini memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil analisis untuk minyak nabati. Rata – rata persen *recovery* yang dihasilkan sebesar 92,5%.

Konsentrasi sampel dengan nilai *recovery* di atas relatif cukup rendah, yaitu 0,975 mg/L untuk minyak nabati dan 0,925 mg/L untuk minyak mineral. Nilai konsentrasi tersebut lebih rendah dari konsentrasi maksimal dibeberepa baku mutu perairan (sungai dan laut). Berdasarkan hasil pengukuran dan data perhitungan *recovery* metode ini berpotensi digunakan untuk menganalisa contoh perairan dan juga industri.

Nilai persen *recovery* yang relatif akurat ketika ekstraksi dilakukan dengan 4 tahap ekstraksi dan volume sampel 2000 mL baik untuk minyak nabati maupun mineral sangatlah menarik. Fakta pengukuran ini bisa difahami oleh faktor efektivitas kontak antara pelarut pengeksrak dengan analit minyak. Meningkatnya jumlah tahapan ekstraksi berarti menurunkan rasio volume antara pelarut dengan analit. namun disisi lain, memperbesar frekuensi kontak yang didorong oleh gaya fisik ekstraksi. Relativitas kedua faktor tersebut optimal diperoleh pada teknik ekstraksi 4 tahap dengan volume sampel 2000 mL.

### Jaminan Mutu

Jaminan mutu metode gravimetri ditentukan dengan uji akurasi dan presisi (Harmita,2004). Akurasi metode diperoleh melalui perhitungan persen *recovery*. Adapun presisi didapatkan dengan melakukan pengulangan uji sampel sebanyak 7 kali. Teknik ekstraksi dan volume sampel yang dipilih adalah 4 tahap dengan volume sampel 2000 mL. Hal ini didasarkan pada nilai *recovery* terbaik yang dihasilkan. Data pengulangan sampel minyak nabati dan minyak mineral disajikan pada tabel 4 dan tabel 5.

**Tabel 4.** Repeatibilitas hasil analisis minyak nabati

Pengulangan	Hasil Analisis (mg)
1	2,2
2	2
3	1,8
4	1,7
5	1,8
6	2,1
7	2
jumlah total	13,6
Rata - rata	1,9429
SD	0,1813
%RSD	9,3198

**Tabel 5.** Repeatibilitas hasil analisis minyak mineral

Pengulangan	Hasil Analisa (mg)
1	1,8
2	1,7
3	1,9
4	1,6
5	1,6
6	1,7
7	2
jumlah total	12,3
Rata – rata	1,7571
SD	0,1512
RSD	8,6041

Berdasarkan data Tabel 4 maupun Tabel 5 diketahui bahwa nilai *recovery* masing-masing adalah 92,38% dan 88%. Perbedaan nilai *recovery* tersebut menunjukkan tingkat kestabilan yang berbeda antar kedua sampel. Sifat minyak nabati yang cenderung lebih stabil secara fisik dapat menjadi faktor lebih tingginya nilai *recovery* dibanding minyak mineral.

Nilai presisi diketahui dari persen RSD untuk kedua sampel. Berdasar data tabel di atas maka didapat persen RSD 9,3198% untuk sampel minyak nabati dan 8,6041% untuk sampel minyak mineral. Jika dibandingkan dengan Tabel Horwitz maka persen RSD tersebut lebih kecil, dimana untuk konsentrasi 1 mg/L nilai maksimal yang diperbolehkan sebesar 10,72%.

Persen RSD sampel minyak nabati yang tidak sama dengan sampel minyak mineral menunjukkan perbedaan sifat konsistensi matrik dari keduanya. Nilai persen RSD minyak nabati yang lebih tinggi merupakan indikator sulitnya menjaga konsistensi jumlah analit dalam tahapan analisa. Sifat viskositas minyak nabati yang lebih besar menjadi faktor kesulitan dalam keseragaman analit.

Berdasarkan nilai akurasi dan presisi yang diperoleh maka validitas pengembangan metode gravimetri telah terbukti. Nilai akurasi yang relatif besar dan persen RSD yang lebih kecil dari tabel Horwitz menguatkan bahwa metode pengembangan ini mempunyai jaminan mutu analisis yang valid untuk digunakan pada pengukuran minyak dengan konsentrasi rendah (1 mg/L)

Batas deteksi jumlah analit yang masih dapat dideteksi dan tetap memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko menjadi bagian investigasi yang dilakukan. Kuantitas analit terkait hal ini diperoleh pada berat 1,1278 mg untuk minyak nabati dan 0,9472 mg untuk minyak mineral. Nilai massa tersebut jika dikonversikan berdasarkan volume sampel maka diperoleh konsentrasi sampel minyak sebesar 0,5639 mg/L dan 0,4736 mg/L. Fakta hasil uji ini semakin memperbesar pertimbangan penggunaan metode gravimetri dengan tehnik ekstraksi 4 tahap dan volume sampel 2000 mL.

## KESIMPULAN

Pelarut  $C_2Cl_4$  dan S316 tidak dapat menggantikan  $CCl_4$  dalam analisis minyak dan lemak dengan metode infra merah. Respon pembacaan kedua pelarut tersebut pada alat *Oil Content Meter POC 100* mencapai 18 ppm dan 15 ppm. Metode gravimetri dengan tingkat ekstraksi 4 tahap dan volume sampel 2000 mL dapat menghasilkan recovery 92,85% untuk sampel minyak nabati dan 99,25% untuk sampel minyak mineral. Selain itu presisi pengembangan metode uji ini memenuhi keberterimaan karena pada konsentrasi 1 mg/L di dapatkan persen RSD sebesar 9,32 % dan 8,60%. Tabel horwitz untuk konsentrasi tersebut sebesar 10,72%. Limit deteksi yang didapatkan juga rendah, yaitu 0,5639 mg/L

(minyak nabati) dan 0,4736 mg/L (minyak mineral).

## DAFTAR PUSTAKA

- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Maritta, R., Sanchirico, R., 2000, Advanced oxidation processes for the treatment of mineral oil-contaminated wastewater, *Water Resource* 34, No.2, 620-628
- Atlas, R.M., Bartha, R., 1992, Hydrocarbon biodegradation and oil spill bioremediation, *Advances in Microbial Ecology* 12, 287-338
- Harmita, 2004, Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya, Departemen Farmasi UI, Jakarta
- Mardika.Siti Fauziah, 2012, *Ekstraksi caircair*, <http://sitifauziahmardika.blogspot.com> (diakses tanggal 25 Mei 2014)
- Mann, D.E., Ecquista, N., Plylen, E.K., 1954, Vibrational spectra of tetrafluoroethylene and tetrachloroethylene, *Journal of Research of The National Bureau Standards* 52, 67-72
- Netti, H., Ginting, M.H.S., 2002, Lemak dan Minyak, Fakultas Teknik USU, Sumatra Utara
- Ohno, K., Okimura, M., Akai, N., 2005, The effect of cooperative hydrogen bonding on the OH stretching-bond shift for water clusters studied matrix-isolation infrared spectroscopy and density furetime, *Physical Chemistry* 16, 3005-3014
- Rahma, 2011, Analisis minyak dan lemak, <http://Rahmaalchemist.blogspot.com> (diakses pada tanggal 8 Juni 2014)
- Recknagel, R.O., Glender Jr, E.A., Dolak, J.A., Waller, R.L., 1989, Mechanisms of carbon tetrachloride toxicity, *Pharmacology & Therapeutic* 43, 139-154
- Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S., 1012, *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 22nd, American Public Health Association, APHA Washington
- Ridho, M.R., 2010, Pencemaran di Sungai Bengawan Solo antara Solo dan Sragen Jawa Tengah, <http://eprints.unsri.ac.id/1671/> (diakses pada tanggal 15 Mei 2014)
- Sieonova, P.P., Callveci, R.M., Hulderman, T., Wilson, R., Komonineral, C., Rao, M., Luster, M.I., 2001, The role of tumor recrosis factor- $\alpha$  in liver toxicity, inflammation, and fibrosis induced by carbon tetrachloride, *Toxicity and Applied Pharmacology* 177, 112-120

**PENGARUH H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, PH DAN SUMBER SINAR  
PADA DEGRADASI AIR LIMBAH PEWARNA INDIGO  
MENGUNAKAN KATALIS TiO<sub>2</sub>**

***INFLUENCE OF H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, PH, AND SOURCE RAY  
ON INDIGO COLOUR WASTEWATER DEGRADATION USING TiO<sub>2</sub> CATALYST***

**Djarwanti dan Cholid Syahroni**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Jl. Ki Mangunsarkoro No 6, Semarang, 50136

Telp : (024) 8310216, Fax : (024) 8414811

E-mail : wanti235@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 23 Januari 2014, disetujui tanggal 12 Maret 2014

**ABSTRACT**

*The photocatalytic degradation of indigo dye wastewater was studied by using photocatalytic rotating drum reactor. The effect of pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and UV light sources on photocatalytic activity was investigated. This study consist of catalyst preparation, XRD and SEM characterization, followed by photocatalytic degradation. It was revealed that TiO<sub>2</sub> film prepared by anodizing formed tube with pore diameter 100 nm. The structure was anatase with crystalite size 4-17 nm. Hydrogen peroxide addition, however, improved the photocatalytic activity, with the optimum concentration was 0,1% v/v. Modifications of initial pH between 4.0 and 10 do not affect the activity. Experiment under sun light give better result compared to using artificial UV light.*

**Keywords :** photocatalytic, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pH, indigo dye wastewater, TiO<sub>2</sub>/Ti

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian adalah mengkaji sampai sejauh mana pengaruh peroksida, pH dan sumber sinar lampu UV dan sinar matahari dalam proses degradasi fotokatalisis terhadap air limbah indigo menggunakan reaktor *rotating drum*. Tahapan penelitian adalah : pembuatan katalis TiO<sub>2</sub>/Ti secara anodizing, karakterisasi katalis melalui uji XRD dan SEM dilanjutkan dengan degradasi fotokatalisis air limbah pewarna indigo Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa struktur kristal adalah anatase dengan ukuran 4 – 17 nm. Bentuk Kristal nanotube berdiameter 100 nm. Hasil degradasi secara fotokatalitik dengan variasi penambahan hidrogen peroksida menunjukkan hasil terbaik pada penambahan peroksida 0,1% volum. Variasi pH tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap degradasi sampel limbah indigo baik itu pH asam maupun basa. Degradasi di bawah sinar matahari memberi efek lebih baik dibanding dengan lampu UV.

**Kata kunci :** fotokatalisis, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pH, air limbah indigo, TiO<sub>2</sub>/Ti

**PENDAHULUAN**

Fotokatalisis menggunakan titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) telah terbukti menjadi salah satu metode yang efektif untuk mendegradasi polutan organik yang ada dalam air limbah (Chong,dkk, 2010), termasuk air limbah industri tekstil (Alinsafi,dkk, 2007 dan Damodor,dkk, 2007). Senyawa organik mampu didegradasi hingga tingkat mineralisasi, sehingga tidak meninggalkan residu (sludge) yang selama ini menjadi masalah serius bagi pengolahan sistem konvensional. Sumber cahaya yang digunakan bisa berasal dari lampu UV atau

dapat memanfaatkan sinar matahari, sehingga sangat cocok untuk diterapkan di negara tropis seperti Indonesia, yang sepanjang tahun terpapar oleh sinar matahari dengan intensitas yang tinggi.

Fotokatalitik adalah suatu proses transformasi kimia yang memerlukan bantuan cahaya dan katalis yang bersifat semikonduktor (Fujisima,dkk, 1997). Semikonduktor tersebut jika terkena oleh sinar UV atau sinar matahari yang mempunyai foton lebih dari *energy* bahan semikonduktornya ( $h\nu \geq EG$ ) akan menghasilkan electron (e<sup>-</sup>) di pita konduksi yang dapat mereduksi senyawa logam dan hole

( $h+$ ) di pita valensi yang dapat mengoksidasi senyawa organik yang berada di permukaan. Selain TiO<sub>2</sub> semikonduktor yang banyak digunakan untuk proses fotokatalisis antara lain Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, ZnO, ZnS, CuS, CeO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> dan WO<sub>3</sub> (Linsebigler, dkk, 1995). Tetapi hingga saat ini TiO<sub>2</sub> lebih sering digunakan dalam aplikasi fotokatalisis khususnya pengolahan limbah, karena banyak terdapat di alam mempunyai sifat stabil terhadap cahaya, tidak beracun, kemampuan untuk mengoksidasi yang tinggi dan tidak larut dalam kondisi eksperimen (Linsebigler, dkk, 1995).

Fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO<sub>2</sub> dapat dijelaskan sebagai berikut. Jika suatu semikonduktor tipe n dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi ( $vb$ ) akan pindah ke pita konduksi ( $cb$ ), dan meninggalkan lubang positif ( $h+$ ) pada pita valensi, disebut eksitasi. Sebagaimana besar ( $e^-/h+$ ) ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam bulk partikel, disebut de-eksitasi. Sedangkan sebagian lain dari ( $e^-/h+$ ) dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya, ( $h+$ ) dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan dilain pihak ( $e^-$ ) akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor. Dalam hal ini semikonduktor tersebut adalah titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>). Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donasi elektron dari substrat ke ( $h+$ ). Apabila potensi oksidasi yang dimiliki oleh ( $h+$ ) pada pita valensi ini cukup besar untuk mengoksidasi air pada permukaan partikel, maka akan dihasilkan gugus hidroksil. Radikal hidroksil merupakan spesi pengoksidasi kuat dan memiliki potensial redoks sebesar 2,8 Volt. Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi sebagian besar zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida. (Linsebigler, dkk, 1995, Fujisima, dkk, 1997).

Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa faktor yang berpengaruh dalam proses fotokatalisis menggunakan TiO<sub>2</sub> antara lain adalah pH, penambahan hidrogen peroksida, intensitas sinar UV, konsentrasi awal air limbah, dan jenis air limbah. Dalam penelitian ini akan diamati sampai seberapa jauh pengaruh pH, konsentrasi peroksida dan sumber sinar UV terhadap laju degradasi air limbah tekstil pewarna indigo secara fotokatalisis.

Beberapa peneliti telah melaporkan metode pembuatan katalis TiO<sub>2</sub>, serta penggunaannya dalam proses fotokatalisis. Metode tersebut diantaranya adalah *dip coating* menggunakan TiO<sub>2</sub> powder (Zhang, dkk, 2001), *sol gel-dip coating* menggunakan prekursor Ti-

organik (Xu, 2008), *anodizing* plat titanium (Quan, dkk, 2005 dan Chen, dkk 2007), serta oksidasi termal dengan memanaskan plat titanium (Harper, dkk, 2001). Dari beberapa metode tersebut, *anodizing* plat titanium merupakan metode yang relatif murah, sederhana dan reproduisibel. Terlebih lagi metode ini menghasilkan film yang memiliki aktifitas tinggi dan daya rekat yang kuat terhadap penyangga. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan katalis TiO<sub>2</sub> yang dibuat secara *anodizing* dipermukaan plat Titanium (TiO<sub>2</sub>/Ti).

Tujuan dari penelitian adalah mempelajari pengaruh peroksida, pH dan sumber sinar lampu UV dan sinar matahari dalam proses degradasi fotokatalisis terhadap air limbah indigo menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>/Ti.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan alat penelitian

Bahan yang digunakan adalah plat Ti kemurnian 99,9% dan ketebalan 0,2 mm. Plat Cu ketebalan 0,3 mm, etilen glikol, asam fluorida, asam nitrat, natrium nitrat dan amonium nitrat. Sampel air limbah berasal dari industri tekstil pewarna indigo di Jawa Tengah. Lampu UV merk Sankyo Denki 20W.

Alat yang digunakan adalah: bak kaca, power supply, *furnace*, pHmeter dan reaktor fotokatalisis

### Preparasi katalis

Plat Ti dipotong dengan ukuran 20 x 25 cm kemudian diampelas dengan kertas amplas halus, dicuci dengan larutan deterjen dan dibilas dengan akuades. Selanjutnya plat Ti direndam (*etching*) dalam larutan asam (campuran HNO<sub>3</sub> : HF: H<sub>2</sub>O = 3:1:6) selama 2 menit, kemudian dibilas dengan akuades dan dibiarkan kering alami. *Anodizing* dilakukan dengan menempatkan plat Ti sebagai anoda (kutub positif) dan plat Cu sebagai katoda (kutub negatif). Proses *anodizing* dilakukan dalam bak kaca bersekat. Suhu dijaga tidak lebih dari 20°C. Komposisi elektrolit : NH<sub>4</sub>F 1% + Air 3% dalam etilen glikol. Waktu *anodizing* 2 jam pada voltase 40 V. Setelah selesai *anodizing* plat Ti dikalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam

### Karakterisasi Katalis

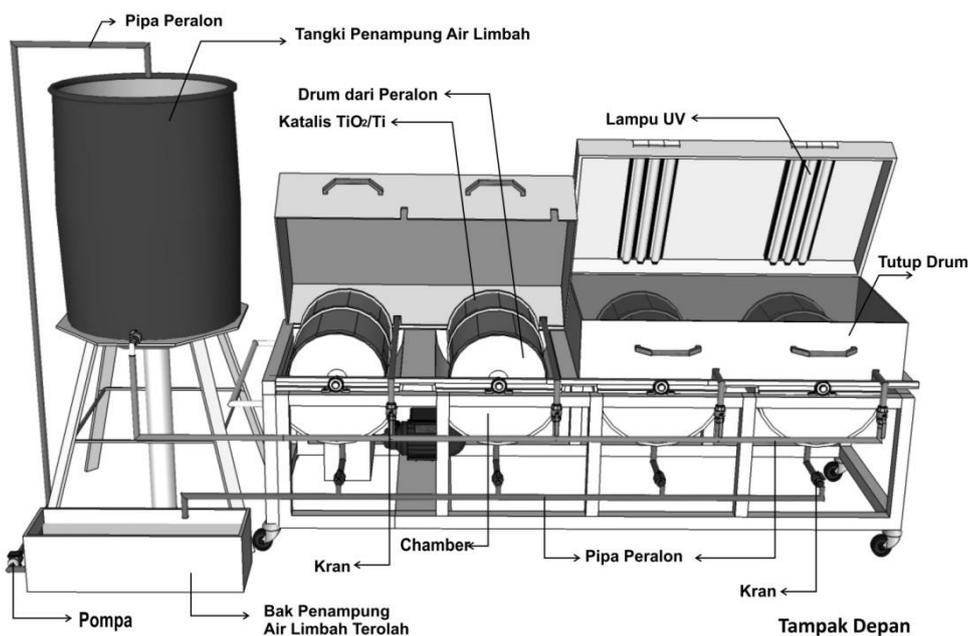
Katalis TiO<sub>2</sub>/Ti yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) Phillips PW-1710 serta *Scanning Electron Microscope* (SEM) JEOL JSM-6390.

### Reaktor fotokatalisis

Reaktor yang dibuat untuk mendegradasi air limbah secara fotokatalitik ini

berbentuk *rotating drum* (Gambar 1). Reaktor fotokatalitik ini merupakan 1 (satu) unit peralatan yang terdiri dari beberapa bagian. Bagian utama dari alat ini adalah 4 (empat) buah drum dari tabung pralon PVC yang

dipasang paralel. Diseluruh permukaan luar drum ditutup dengan plat Titanium yang telah dikenakan proses *anodizing* membentuk lapisan tipis TiO<sub>2</sub>.



Gambar 1. Reaktor Fotokatalitik

Bagian lainnya adalah bak (*chamber*) berbentuk tabung setengah silinder terbuat dari *stainless steel* yang diletakkan dibawah drum. Cairan yang akan didegradasi dimasukkan kedalam tabung setengah silinder melalui tangki feeding dengan sistim spray. Drum dipasang sedemikian rupa sehingga sebagian drum bagian bawah tercelup cairan tersebut. Masing-masing drum diputar secara paralel digerakkan oleh motor dengan kecepatan 60 – 70 rpm. Proses degradasi dilakukan dengan sumber cahaya dari sinar matahari ataupun dari lampu UV. Oleh karena itu disetiap 2 drum dipasang penutup yang dilengkapi dengan lampu UV yang bisa difungsikan pada saat reaktor beroperasi tanpa sinar matahari. Penutup drum masing-masing berukuran panjang 98 cm, lebar 62,5 cm dan tinggi 25 cm. Lampu UV berjumlah 12 buah, 20 watt, 352 nm. Merk lampu adalah Sankyo Denky Blacklight Blue. Reaktor bisa dioperasikan sistim *batch* maupun kontinyu. Ukuran masing-masing drum yang dilapisi katalis TiO<sub>2</sub> adalah panjang 50 cm dan diameter 32 cm. Chamber penampung air limbah yang terletak dibawah drum berbentuk setengah silinder dengan ukuran panjang 54 cm, diameter 40 cm.

### Degradasi Air Limbah Indigo Secara Fotokatalitik

Percobaan Proses degradasi air limbah menggunakan katalis TiO<sub>2</sub> dilakukan secara bertahap. Proses Degradasi menggunakan reaktor dengan komponen utama lapisan katalis TiO<sub>2</sub> nano partikel dengan system air limbah sebagai sampel disemprotkan pada drum yang berputar secara kontinu. Luas permukaan 4 (empat) drum seluruhnya adalah kurang lebih 18.800 cm<sup>2</sup>. Sampel yang digunakan adalah limbah yang berasal dari industri tekstil unit *Dying* Indigo. Sebagai sumber sinar digunakan lampu UV merk Sankyo Denki 20W Variabel yang diamati adalah :

pH : alami, 4; 5; 6; 7; 8; 9 dan 10  
 Kadar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : 0% v/v , 0,1% v/v, 0,5% v/v, 1% v/v, dan 2% v/v

Sampel yang digunakan sebanyak 60 liter, jadi untuk variasi kandungan peroksida 0,1%; 0,5%; 1% dan 2% masing-masing sampel ditambahkan peroksida berturut-turut : 60ml; 300ml, 600ml dan 1200ml

### Evaluasi hasil penelitian

Untuk mengetahui efisiensi kinerja katalis dan reaktor fotokatalitik maka selama proses degradasi dilakukan pengambilan

sampel selang waktu 1 jam, yaitu pada jam ke 0; 1; 2 dst sampai 8 jam. Terhadap sampel tersebut diuji kandungan COD. Efisiensi dihitung dari prosentase penurunan COD sebelum dan sesudah degradasi menggunakan rumus :  $(C_0 - C_n) / C_0 \times 100\%$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakterisasi katalis dengan uji XRD dan SEM**

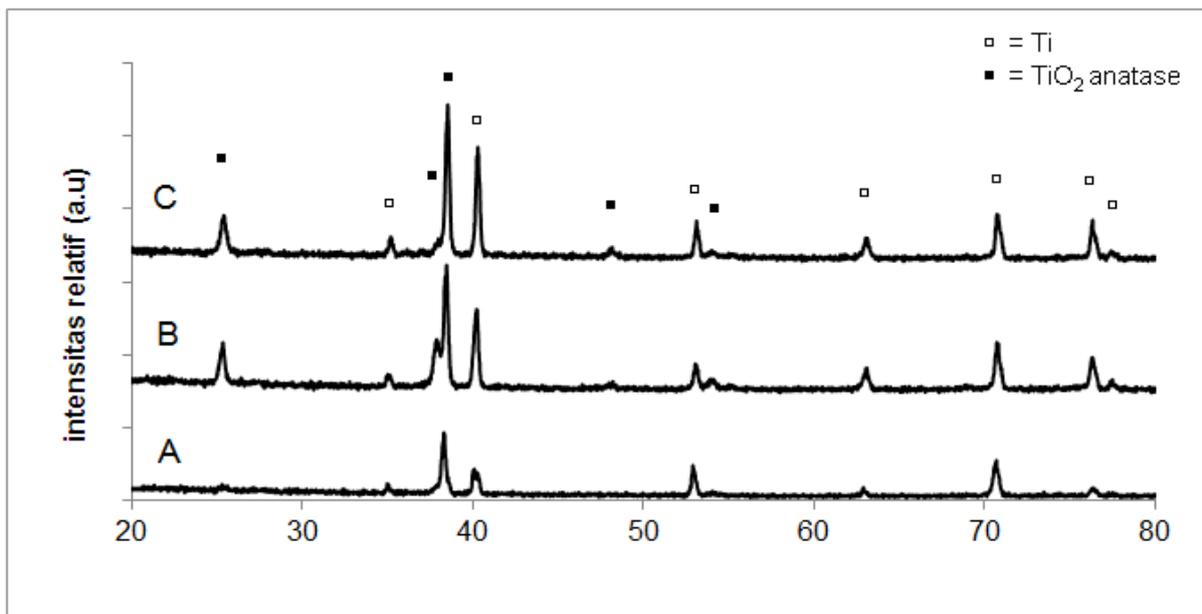
Uji XRD terhadap katalis TiO<sub>2</sub>/Ti yang dibuat secara *anodizing* pada 40 V/2 jam diperlihatkan pada Gambar 2. Dari tiga buah sampel A, B dan C yang diuji terlihat bahwa hanya terdapat struktur kristal *anatase*, tidak ada kristal *rutile* maupun *brookite* dalam katalis tersebut. Dalam aplikasinya pada fotokatalis, umumnya digunakan TiO<sub>2</sub> pada fasa *anatase* karena mempunyai kemampuan fotokatalitik yang tinggi. Kinerja TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis

berdasarkan proses kimia yang terjadi di permukaan akibat transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga luas permukaan spesifik, ukuran partikel dan tipe struktur memiliki peran penting (Hagfeldt & Grätzel, 1995, dalam Hari Sutrisno, 2009).

Ukuran kristalit dapat diperkirakan menggunakan data pelebaran puncak XRD sesuai dengan persamaan Scherer:

$$r = \frac{K \lambda}{\beta \cos \alpha}$$

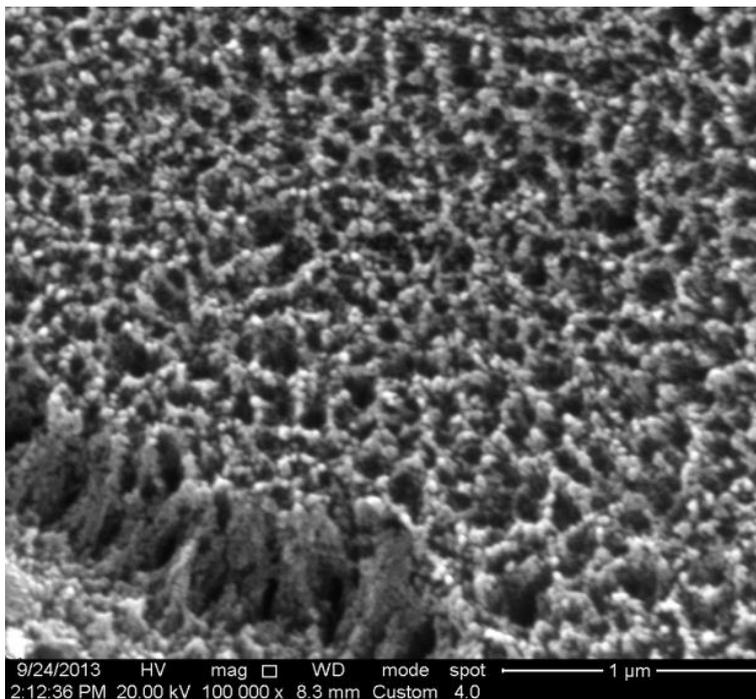
dengan r adalah ukuran kristalit, K adalah tetapan, λ adalah panjang gelombang sinar-X, β adalah lebar setengah-puncak dan θ adalah setengah sudut difraksi dalam derajat. Dengan perhitungan menggunakan software X Powder, diperoleh ukuran kristalit TiO<sub>2</sub> sampel A, B dan C berturut-turut adalah 17 nm, 8 nm dan 4 nm.



**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X film tipis TiO<sub>2</sub>/Ti yang dipreparasi secara *anodizing* pada bias potensial 40 V selama 2 jam

Hasil foto SEM permukaan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 3. Dari gambar tersebut tampak bahwa susunan kristal sudah berbentuk tube, walaupun sebagian dindingnya telah larut. Diameter porinya berukuran sekitar 100 nm. Terbentuknya tube ini memang

diharapkan, karena tingkat porositasnya lebih tinggi dibanding bentuk pejal atau rod. Menurut Paulose dkk (2006), adanya unsur fluor dalam elektrolit pada proses *anodizing* menentukan dimensi nanotube.

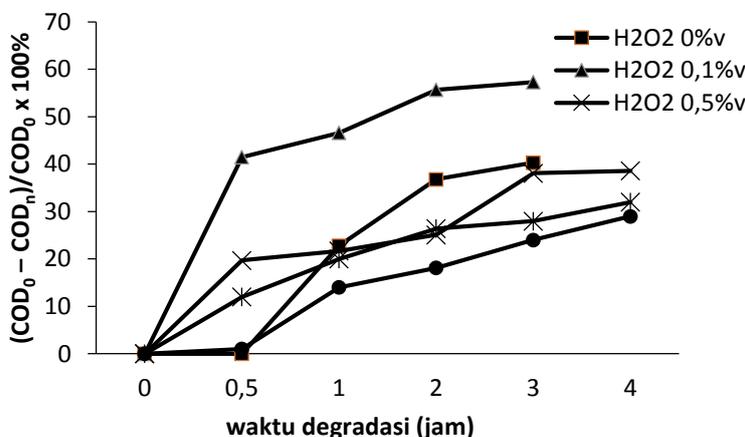


Gambar 3. Hasil foto SEM permukaan film TiO<sub>2</sub>

**Pengaruh konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

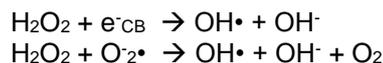
Prosentase penurunan COD pada variasi penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa dilihat pada gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penambahan peroksida 0,1% v/v adalah

kondisi paling bagus. Dalam waktu 3 jam, kandungan COD awal 239,4 mg/l turun menjadi 102,2 mg/l. Prosen penurunan COD sebesar 57,3%.



Gambar 4. Prosentase Penurunan COD pada Variasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Tanpa penambahan peroksida hasilnya kurang optimal. Degradasi sampai dengan waktu 3 jam untuk penambahan peroksida 0%; 0,1%; 0,5%; 1% dan 2% prosentase penurunan COD berturut-turut 40,3%; 57,3%; 38,1%; 28,0% dan 24,0%. Peroksida dalam proses degradasi air limbah ini menambah timbulnya OH• radikal dari intereaksi katalis TiO<sub>2</sub> nanopartikel dan sinar UV. Persamaan reaksinya sebagai berikut (Chin, dkk, 2004):



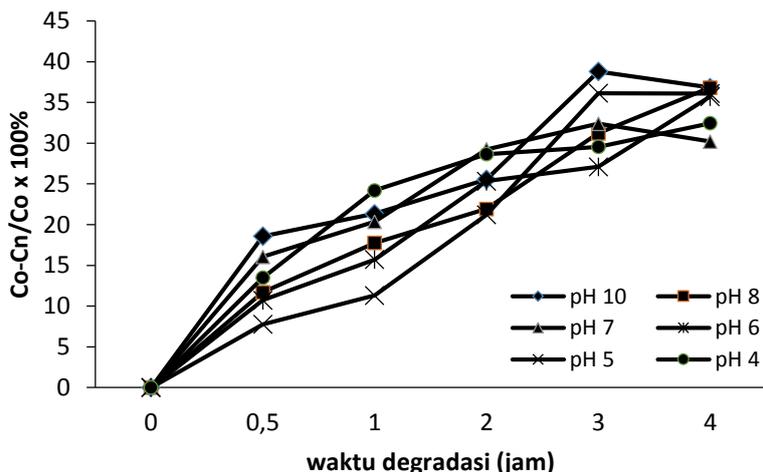
Penambahan peroksida lebih besar dari 0,1% volum juga tidak memberikan hasil yang bagus. Disisi lain kelebihan peroksida juga sebagai salah satu zat yang mengganggu proses uji kadar COD dengan metode Kalium Bichromat. Oleh karena itu dapat dimengerti jika penamabhan peroksida dalam kadar

terkecil tersebut dapat member efek terbesar dalam penurunan kadar COD. Penambahan peroksida yang berlebihan akan berefek pada gangguan proses uji kadar COD. Sehingga makin besar penambahan peroksida makin tidak efektif menurunkan kadar COD (Anonim, 2010). Bahkan Kang, dkk, 1999 dalam Anonim (2010) mengatakan bahwa pengaruh peroksida didalam analisa COD bisa mencapai 45 – 50%.

**Pengaruh pH**

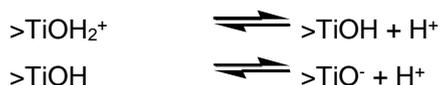
Pengaruh pH dipelajari dengan melakukan percobaan terhadap sampel limbah

dengan beberapa variasi pH yaitu 4, 5, 6, 7, 8, dan 10, yang hasilnya disajikan pada Gambar 5 .Dari grafik tersebut terlihat bahwa variasi pH larutan sampel tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap degradasi sampel. Terlihat hingga jam ke 4, penurunan nilai COD memberikan hasil yang hampir sama untuk semua variasi pH yang dicoba, yaitu antara 30 – 36 %. Hasil tersebut juga tidak menunjukkan kecenderungan tertentu terhadap penurunan ataupun kenaikan pH sampel.



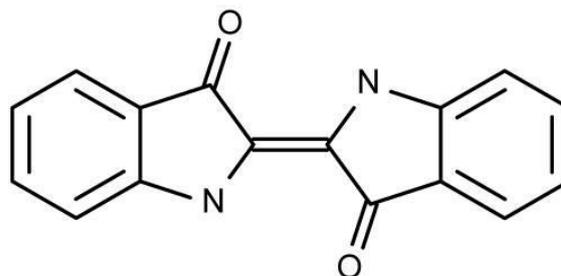
Gambar 5. Presentase penurunan COD pada variasi pH

Kondisi pH larutan sampel diketahui akan mempengaruhi muatan permukaan dari katalis TiO<sub>2</sub>. Permukaan TiO<sub>2</sub> dapat bermuatan positif, negatif atau tidak bermuatan. pH dimana permukaan suatu oksida tidak bermuatan disebut *Zero Point Charge* (pH<sub>zpc</sub>) yang untuk TiO<sub>2</sub> berada disekitar 7. Bila pH larutan lebih kecil dari pH<sub>zpc</sub> maka permukaan TiO<sub>2</sub> akan bermuatan positif, sebaliknya bila pH larutan lebih besar dari pH<sub>zpc</sub> maka permukaan TiO<sub>2</sub> akan bermuatan negatif, sesuai dengan kesetimbangan berikut (Galves, 1999):



Proses degradasi fotokatalisis diawali dengan adsorpsi senyawa yang didegradasi ke permukaan katalis TiO<sub>2</sub>. Dalam suasana asam, permukaan katalis akan bermuatan positif dan akan cenderung mengadsorpsi spesi yang bermuatan negatif, sebaliknya jika dalam suasana basa permukaan katalis akan bermuatan negatif dan akan cenderung

mengadsorpsi spesi yang bermuatan positif. Indigo adalah jenis zat warna yang tidak bermuatan, seperti terlihat dari struktur molekulnya sebagai berikut:



Oleh karena itu muatan pada permukaan katalis TiO<sub>2</sub> tidak berpengaruh terhadap degradasi indigo, karena adsorpsi yang terjadi di permukaan katalis bukan adsorpsi kimia akan tetapi hanya adsorpsi fisika saja.

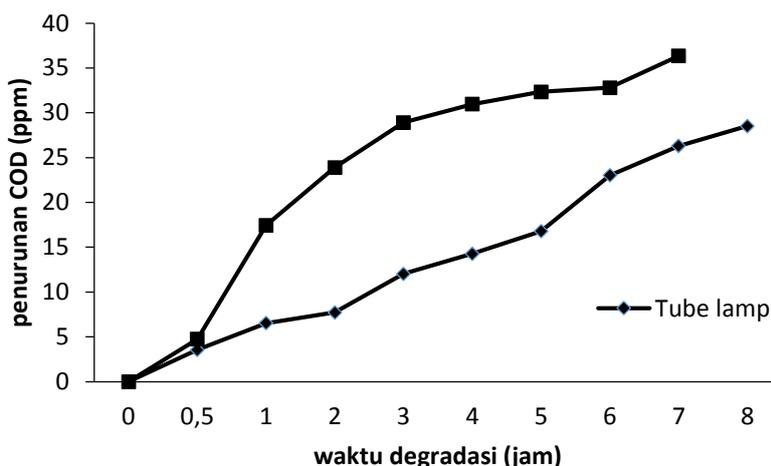
**Degradasi dengan variasi sumber sinar UV**

Sumber sinar UV yang digunakan adalah sinar matahari dan lampu UV jenis *tube lamp*. Percobaan dilakukan pada kondisi optimum yaitu dengan penambahan hidrogen peroksida 0,1% V/V dan pH diatur pada pH 10. Proses degradasi dimulai ketika matahari

sudah cukup tinggi sehingga intensitas sinarnya dianggap cukup, yaitu mulai sekitar jam 09.00. Percobaan diakhiri ketika sinar matahari sudah tidak memberi sinar yang cukup yaitu menjelang sore hari.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa sinar UV dari matahari memberi efek lebih baik dibanding dengan dari lampu. Pada durasi 7 jam degradasi menggunakan lampu UV hanya mampu menurunkan COD 26,30% sedangkan menggunakan sinar matahari mampu menurunkan COD 36,35%. Pengukuran intensitas sinar UV menggunakan lampu tercatat sekitar 540  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Pengukuran

intensitas sinar UV matahari selama rentang waktu percobaan (jam 09.00 sampai dengan jam 16.00) berkisar antara 640 - 3300  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Aktifitas fotokatalis TiO<sub>2</sub> berbanding lurus dengan intensitas sinar UV yang sampai ke permukaan katalis. Semakin tinggi intensitas sinar UV, maka akan semakin banyak partikel TiO<sub>2</sub> yang terkena sinar UV, sehingga populasi pasangan hole dan e<sup>-</sup> juga semakin banyak. Akibatnya, aktifitas fotokatalisis TiO<sub>2</sub> juga akan semakin meningkat. Hal inilah yang menyebabkan laju degradasi menggunakan sinar matahari lebih tinggi dibanding menggunakan lampu UV.



Gambar 6. Presentase penurunan COD pada variasi sumber sinar UV

## KESIMPULAN

Penambahan hidrogen peroksida memberikan pengaruh pada degradasi fotokatalisis air limbah pewarna indigo menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>/Ti. Hasil degradasi secara fotokatalisis dengan variasi penambahan hidrogen peroksida menunjukkan hasil terbaik pada penambahan peroksida 0,1% V/V. Persentase penurunan COD 57,30% pada waktu 3 jam. Variasi pH tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap degradasi sampel limbah indigo baik itu pH asam maupun basa. Degradasi dibawah sinar matahari memberi hasil lebih baik dibanding dengan dari lampu UV.

## DAFTAR PUSTAKA

A. Alinsafi, F. Evenou, E.M. Abdulkarim, M.N. Pons O. Zahraa, A. Benhammou, A. Yaacoubi, A. Nejmeddine, 2007, Treatment of textile industry wastewater by supported photocatalysis, *Dyes and Pigments*, Vol 74, 439-445.

Anonim, 2010, Peroxide Interference in the PeCOD and Dichromate Method for

COD, www. Aquadiagnostic.com, Application Note 004 v01 p 1-4.

Chen, X., Mao, S., S., 2007, Titanium Dioxide Nanomaterial: Synthesis, Properties, Modification and Application, *Chem Rev*, 107: 2891-2959.

Chin Mei Ling, Abdul Rahman Mohamed & Subhash Bhatia, 2004, Photodegradation of methylene blue dye in Aqueous stream using immobilized tio2 film, *Catalyst: synthesis, characterization and Activity studies*, *Jurnal Teknologi*, 40(F) Jun. 2004: 91-103 © Universiti Teknologi Malaysia

Chong, M.N., B. Jin, C.W.K. Chow, C. Saint, 2010, Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review, *Water Research*, Vol 44, 2997-3027.

Damodar, K. Jagannathan, T. Swaminathan 2007, Decolourization of reactive dyes by thin film immobilized surface photoreactor using solar irradiation, *Solar Energy*, , 81, 1-7.

Fujishima, A., K. Hashimoto, T. Watanabe, 1997, TiO<sub>2</sub> photocatalysis fundamental and applications, BKC Inc., Tokyo.

- Galves, J.B., 1999, Solar detoxification, UNESCO WSP Program
- Hagfeldt, A. & Grätzel, M. (1995). Light-Induced Redox Reactions in Nanocrystalline Systems. *Chemical. Review.* (95): 49-68.
- Harper J.C., Christensen P. A., Egerton T. A., Curtis T. P. and Gunlazuardi J.; 2001, Effect of catalyst type on the kinetics of the photoelectrochemical disinfection of water inoculated with E.coli, *Journal Applied Electrochemistry*, 31, Vol. 6: 623-628.
- Hari Sutrisno, 2009, Tinjauan Mikrostruktur Kereaktifan Anatas Dan Rutil Sebagai Material Superfotohidrofil Permukaan, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009
- Paulose, et al, 2006, "Anodic Growth of Highly Ordered TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays to 134 ím in Length", *The Journal of Physical Chemistry B Letters*, 2006, 110, 16179-16184, Published on Web 07/28/2006
- Quan, X., Yang, S., Ruan, X., Zhao, H., 2005, Preparation of titania nanotubes and their environmental applications as electrode, *Environ. Sci. Technol*, 39: 3770-3775
- Xu, Y., He, Y., Cao, X., Zhong, D., Jia, J., 2008, TiO<sub>2</sub>/Ti rotating disk photoelectrocatalytic (PEC) reactor: a combination of highly effective thin-film PEC and conventional PEC processes on a single electrode, *Environ. Sci. Technol.*, 42: 2612-2617
- Zhang, L., Kanki, T., Sano, N., Toyoda, A., 2001, Photocatalytic degradation of organic compounds in aqueous solution by a TiO<sub>2</sub>-coated rotating-drum reactor using solar light, *Solar Energy*, 70, Vol. 4:331-337

## **MODIFIKASI PERALATAN SAMPLING HVAS PORTABEL UNTUK ANALISIS TOTAL PARTIKULAT DI UDARA AMBIEN**

### **MODIFICATION OF PORTABLE HVAS SAMPLING EQUIPMENT FOR TOTAL PARTICULATE MATTER ANALYSIS IN AMBIENT AIR**

**Agung Budiarto**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri  
Jl. Kimangunsarkoro No.6, Semarang, Jawa Tengah 50136  
e-mail : aghatoo@gmail.com

Naskah diterima tanggal 5 Februari 2014, disetujui tanggal 10 April 2014

#### **ABSTRACT**

*High Volume Air Sampler ( HVAS ) is a particulate samplers equipment in ambient air which has the working principle of the vacuum system by pulling environment air through the selective- size inlet and through filters measuring 20.3 x 25.4 cm ( 8 " x 10 " ) at a flow rate of 1,132 liters / min. As US-EPA (United States – Environmental Protection Agency) Standard often used to meet the sampling tool has a huge form about 45.5" x 22.5" x 20" and weigh about 15-20 kg, which raised the idea of research to make design modifications ambient particulate sampling tool with a more flexible, lightweight and compact storage using the test method Gravimetry. The initial phase of this research was identify HVAS standard equipment and regulations governing particulate testing. Then modify the outer shape (minimize) without changing the existing functionality in it and tested its performance simultaneously. The trial results processed using statistics.*

*By using EPA standard high volume air samplers identified results, the importance of the design modified HVAS main unit portable with dimensions of 15.35 "x 15.35" x 10 "(LxWxH), knockdown feet along the 4.5" of as many as 12 pieces 4x4cm hollow, and has total weight of approximately 23 lbs / 10.58 kg. The entire process of making this tool only requires cost of Rp. 11.35 million, -. The modify HVAS have capabilities that are not significantly different to the EPA standard HVAS based on the value of ANOVA, where the value of P = 0.985. HVAS modifications have been designed to meet the standard form smaller shape and lighter, so that it can facilitate the storage and mobilization of particulate sample testing. Based on the materials used for the manufacture of HVAS modification obtained a cheaper rate due to the reduction of the material forming the framework of HVAS. Modified HVAS can be used as a sampling tool for testing particulate matter in ambient air samples*

**Keywords :** HVAS Modification, Particulate, Portable

#### **ABSTRAK**

High Volume Air Sampler (HVAS) adalah alat pengambil sampel partikulat di udara ambien yang memiliki prinsip kerja dengan sistem vakum dengan menarik udara lingkungan sekitar melalui inlet dengan ukuran-selektif dan melalui filter berukuran 20,3 x 25,4 cm (8" x 10") pada laju alir 1.132 liter/menit. Pada standar US-EPA (United States Environmental Protection Agency) sering menemui alat sampling yang digunakan memiliki bentuk yang besar (45,5" x 22,5" x 20") dan berat sekitar 15-20 kg, sehingga timbul ide penelitian untuk membuat desain modifikasi alat pengambil sampel partikulat ambien dengan bentuk yang lebih fleksibel, ringan dan ringkas dengan menggunakan metode uji Gravimetri. Tahap awal penelitian ini adalah melakukan identifikasi peralatan HVAS standard dan peraturan yang mengatur tentang pengujian partikulat. Kemudian merubah bentuk fisik luarnya (memperkecil) tanpa merubah fungsi yang ada didalamnya dan diuji coba bersamaan kinerjanya. Hasil uji coba diolah menggunakan statistik.

Dengan menggunakan hasil identifikasi HVAS standard EPA, maka didapat desain modifikasi HVAS dengan dimensi unit utama 15,35" x 15,35" x 10" (PxLxT), kaki knockdown sepanjang 4,5" dari hollow 4x4cm sebanyak 12 buah, dan memiliki berat total sekitar 23 lbs / 10,58 kg. Keseluruhan proses pembuatan alat ini hanya memerlukan biaya sebesar Rp. 11.350.000,-. HVAS modifikasi memiliki kemampuan yang tidak beda nyata dengan HVAS existing berdasarkan nilai Anova, dimana nilai P = 0,985. HVAS modifikasi yang didesain telah memenuhi standard dengan bentuk lebih kecil dan lebih ringan, sehingga bisa memudahkan dalam penyimpanan dan mobilisasi pengujian sampel partikulat ambien. Berdasarkan penggunaan material untuk pembuatan HVAS modifikasi didapatkan angka yang lebih murah karena reduksi material pembentuk rangka HVAS. HVAS modifikasi dapat dipergunakan sebagai alat sampling untuk pengujian sampel partikulat di udara ambien.

**Kata kunci :** HVAS modifikasi, Partikulat, Portabel

---

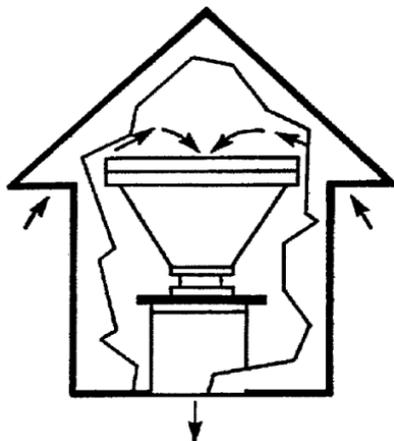
**PENDAHULUAN**

Zat pencemar udara yang sering menimbulkan masalah di masyarakat sekitar lingkungan industri adalah partikulat di Ambien. Partikulat adalah material berbentuk padat yang tersuspensi di dalam gas. Untuk mengetahui kadar partikulat yang ada di udara dipergunakan metode Gravimetri dengan menggunakan alat sampling *High Volume Air Sampler* (HVAS). (Lodge Peter, etc, 1988) HVAS adalah merupakan salah satu alat sampling udara dasar yang dipergunakan. Pada kenyataannya, pemeliharaan alat menjadi hal yang penting. (Fred C. Wadnola, 2012)



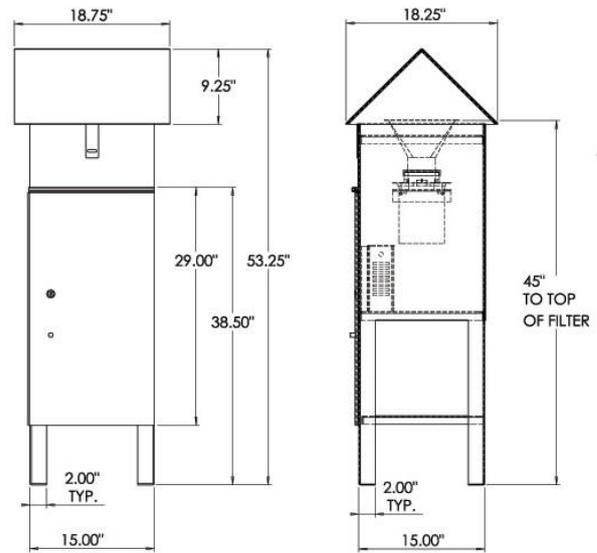
**Gambar 1.** Contoh salah satu lokasi sampling dengan medan yang sulit (titik pantau berada di pematang sawah dengan jarak dari jalan raya ± 300 meter)

Pada pelaksanaannya, titik lokasi pantau tidak selalu berada pada lokasi yang mudah di jangkai, bahkan seringkali ditemui lokasi yang sangat sulit dijangkau dan jauh dari sumber listrik. Diantaranya seperti gambar dibawah menjelaskan bahwa lokasi sampling ada di tengah pematang sawah yang jalannya tidak rata dengan jarak ±300meter dan hanya bisa dilalui dengan berjalan kaki.



**Gambar 2.** Prinsip Kerja HVAS

Mengingat lokasi yang sedemikian sulit dan metode pemantauan dengan menggunakan alat yang relatif besar dan berat, maka timbul ide untuk melakukan penelitian untuk membuat desain modifikasi alat pengambil sampel partikulat yang mempunyai bentuk lebih kecil, lebih ringan dan lebih ringkas, sesuai standard EPA tanpa mengesampingkan kinerja prinsip utama yang ada didalamnya. Diharapkan dengan modifikasi alat pengambil sampel partikulat ambien ini akan memudahkan dalam *handling* dan pemaparan di lapangan.



**Gambar 3.** Unit Standard HVAS

**METODE PENELITIAN**

**1. Persiapan**

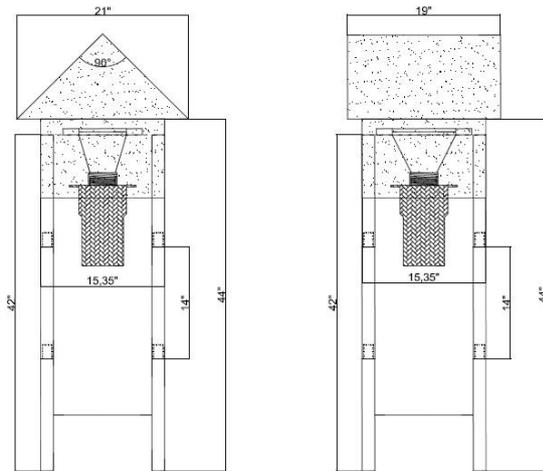
Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahap. Tahap awal pembuatan melalui identifikasi spesifikasi teknis dari HVAS yang ada di laboratorium. Identifikasi tersebut meliputi dimensi Shelter (badan HVAS) dan Penutup Shelter, tabung pompa vacum dan penyangga media filter (Filter Cassete). Bahan yang dipilih untuk pembuatan shelter dan penutupnya adalah plat aluminium dengan ketebalan 2mm. Aluminium memiliki sifat yang kuat, tidak korosif, tidak beracun dan mudah difabrikasi (Wancik, 2009).

**2. Desain Modifikasi HVAS**

Prinsip kerja alat HVAS adalah dengan menarik udara lingkungan sekitar melalui inlet dengan ukuran-selektif dan melalui filter berukuran 20,3 x 25,4 cm (8" x 10") dengan menggunakan pompa vacum yang memiliki laju alir 1.132 L/min (40ft / menit). Visi-float rotameter telah digunakan selama bertahun-tahun untuk mengukur laju aliran udara melalui HVAS. Metode ini adalah

prinsip dasar untuk digunakan dalam HVAS, perangkat lain yang sama akuratnya diijinkan. (Hardial S. Chalal dan Donald C.Hunter, 1976)

Partikel dengan diameter aerodinamis dikumpulkan oleh filter serat kaca yang dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter 100 µm sampai dengan 0,1 µm (efisiensi 99,95 % untuk ukuran partikel 0,3 µm). Massa partikel-partikel ini ditentukan oleh perbedaan bobot penyaring sebelum dan sesudah pemaparan. Konsentrasi partikel tersuspensi dalam berbagai ukuran yang ditunjuk dihitung dengan cara membagi berat dari filter dengan volume udara sampel.



Gambar 4. Rancangan Modifikasi HVAS

### 3. Uji banding

Uji coba alat dengan cara sampling di lapangan. Sampling dilakukan di beberapa lokasi yang berbeda. Sampling dilakukan secara bersamaan antara HVAS yang ada di laboratorium (Tisch) dan HVAS hasil penelitian. Pengambilan contoh dilakukan bersamaan dengan contoh udara ambien yang sama, selama beberapa kali sesuai dengan kebutuhan. Contoh yang berupa filter dianalisis di laboratorium dengan metode gravimetri.

Data diperoleh dari identifikasi HVAS yang ada di laboratorium (merk "Tisch") dan uji coba yang dilaksanakan lingkungan sekitar laboratorium dan di lingkungan luar. Cara pengambilan contoh uji dalam jumlah volume udara yang besar di atmosfer, dengan nilai rata-rata laju alir pompa vacum 1,13-1,70 m<sup>3</sup>/menit (1130-1700 ltr/menit).

### 4. Evaluasi

Evaluasi dilakukan meliputi Evaluasi Fisik, Evaluasi Ekonomis dan Evaluasi teknis. Evaluasi Fisik dilakukan dengan cara membandingkan dimensi fisik luar dan metode mobilisasi. Evaluasi Ekonomis

dilakukan dengan cara membandingkan biaya pembuatan alat HVAS Portabel dengan biaya pembelian HVAS yang ada di laboratorium (Tisch). Evaluasi teknis dilakukan dengan cara membandingkan dua nilai fraksi berat yang didapat pada filter HVAS Tisch dan HVAS portabel setelah uji coba bersama. Pengambilan contoh partikulat dengan menggunakan kedua alat di lokasi yang sama pada waktu dan kondisi yang sama dibandingkan untuk mengetahui efektifitas dan kelayakan dari HVAS portabel. Jumlah minimum partikel yang terdeteksi oleh metode ini adalah 3 mg (tingkat kepercayaan 95%). Pada saat alat dioperasikan dengan laju alir rata-rata 1,7 m<sup>3</sup>/menit selama 24 jam, maka berat massa yang didapatkan antara 1 sampai 2 µg/m<sup>3</sup>. Penggunaan filter serat kaca dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter 100 µm sampai dengan 0,1 µm (efisiensi 99,95 % untuk ukuran partikel 0,3 µm). Pengendalian mutu dilakukan terhadap analisa gravimetri, dimana penimbangan dilakukan sebelum dan sesudah pengambilan contoh uji dengan hasil simpangan masing-masing ± 5%. (SNI 19-7119.3-2005)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Dimensi HVAS Modifikasi

Desain modifikasi HVAS yang dibuat berdasarkan HVAS standard EPA telah dihasilkan sebagaimana table berikut.

Tabel 1. Perbandingan Dimensi HVAS Standard EPA dan HVAS Modifikasi

No	Uraian	HVAS Standard EPA	HVAS Modifikasi
1	Panjang Penutup	18,75"	21"
2	Lebar Penutup	18,25"	19"
3	Panjang Unit Sampler	15"	15,35"
4	Lebar Unit Sampler	15"	15,35"
5	Tinggi Unit Sampler	45"	45"
6	Kaki HVAS	Kaki termasuk dalam satu segmen unit utama	Kaki 3 segmen (per segmen 14" knockdown)
7	Berat Unit HVAS	58 lbs / 26,68 kg	23 lbs / 10,58 kg
8	Dimensi Penyimpanan (PxLxT)	20" x 20" x 50"	17" x 15" x 19"

Dari data didapatkan informasi dimensi unit sampler HVAS modifikasi didesain dan dipersiapkan sedemikian rupa sehingga bias dihubungkan dengan Unit Canister PM10 maupun PM2,5. Dari segi berat dan dimensi penyimpanan didapatkan reduksi berat dan volume ruang penyimpanan, sehingga unit akan lebih ringan dan mudah saat dibawa kelapangan selain itu juga lebih ringkas dalam penyimpanan karena tidak memerlukan luas ruangan yang besar.

**2. Biaya Pembuatan Alat HVAS**

Untuk mengadakan alat sampling HVAS ini dibutuhkan dana, baik dana itu untuk membuat (membeli dalam bentuk *spare part*) atau membeli secara utuh (*built up*). Untuk pembelian satu Unit HVAS standard EPA dibutuhkan dana kurang lebih sebesar Rp. 39.000.000,- (Tiga Puluh Sembilan Juta Rupiah) diluar biaya kirim dan pajak dari distributor maupun produsen. Sedangkan alat yang dihasilkan dalam penelitian ini memerlukan biaya produksi sekitar Rp. 11.350.000,- (Sebelas Juta Tiga Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah) untuk satu unit alat diluar biaya kirim dan pajak pembelian. HVAS Modifikasi ini bernilai lebih ekonomis karena mempunyai selisih yang cukup signifikan terhadap nilai jual alat HVAS standard EPA.

Apabila alat tersebut diproduksi dalam jumlah banyak, diperkirakan biaya produksinya akan menjadi lebih murah karena terdapat sisa material yang masih bisa dimanfaatkan untuk membuat bagian bagian kecil dari HVAS modifikasi.

**3. Uji Coba Sampling Partikulat Udara Ambien 24 Jam**

Proses pengambilan data partikulat 24 jam diambil sebanyak 6 kali dilokasi yang berbeda, diharapkan di tiap lokasi setiap variable yang berpengaruh pada perhitungan dalam kondisi yang sama. Variable tersebut antara lain suhu, tekanan, kelembaban, dan laju alir. Alat uji dipasang di titik yang sama secara berdekatan dengan jarak sekitar 5mtr antara alat satu dengan lainnya. Pengambilan contoh memperhatikan kondisi suhu, tekanan, kelembaban, dan laju alir yang sama di setiap titiknya.

Waktu Pemaparan : 1440 Menit (24 Jam)  
 Laju Alir : 1304 Liter/menit (SNI 19-7119.3-2005 = 1,13–1,70 m<sup>3</sup>/mnt)

**Tabel 2.** Perbandingan Pengambilan Partikulat Udara Ambien antara HVAS Standard EPA dengan HVAS Modifikasi

No	Lokasi	Tanggal Sampling	Berat partikulat (µg/m <sup>3</sup> )	
			HVAS Standard EPA	HVAS Modifikasi
1	Titik A	06 Okt 2013	177,55	172,69
2	Titik B	21 Okt 2013	33,96	35,51
3	Titik C	22 Okt 2013	42,23	43,88
4	Titik D	23 Okt 2013	120,21	124,86
5	Titik E	24 Okt 2013	85,33	83,27
6	Titik F	25 Okt 2013	190,47	185,31

Pengambilan data partikulat 24 jam di Titik A, Titik E dan Titik F didapat berat partikel debu hasil pengambilan contoh menggunakan HVAS Modifikasi kurang dari hasil pengambilan contoh dengan menggunakan HVAS Standard EPA. Sebaliknya untuk pengambilan contoh di Titik B, Titik C dan Titik D pengambilan contoh menggunakan HVAS Modifikasi lebih besar daripada hasil pengambilan contoh dengan menggunakan HVAS Standard EPA. Perbedaan ini disebabkan karena adanya kegiatan yang variatif di sekitar titik pengambilan contoh partikulat ambien, seperti jumlah kendaraan yang lalu lalang di sekitar titik uji atau yang bersifat alami seperti perubahan arah angin dan kecepatan angin yang berhembus di sekitar titik uji.

Berdasarkan hasil perhitungan sampling tersebut, data yang diperoleh di olah kembali dengan menggunakan program statistik menggunakan metode ANOVA untuk melihat signifikansi perbedaan yang nyata atau tidak antara HVAS Standard EPA dengan HVAS Modifikasi.

Dari hasil pengolahan data statistik dapat di interpretasikan hasil sebagai berikut :

- a. Dari tabel *Descriptives* nampak bahwa rata-rata hasil uji partikulat menggunakan HVAS standard EPA adalah 108,2917 µg/m<sup>3</sup>, sedangkan HVAS modifikasi adalah 107,5867. Selanjutnya untuk melihat uji kita lihat di tabel ANOVA. Sebelum melanjutkan uji perlu diingat bahwa salah satu asumsi uji *Anova* adalah variannya sama. Dari tabel *Test of Homogeneity of Variances* terlihat bahwa hasil uji menunjukkan bahwa varian kedua kelompok tersebut sama (*P-value* = 0,947), sehingga uji *Anova* valid untuk menguji hubungan ini.

**Tabel 3. Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					Standard EPA	6		
Modifikasi	6	107,5867	63,91027	26,09126	40,5169	174,6564	35,51	185,31
Total	12	107,9392	62,18208	17,95042	68,4306	147,4478	33,96	190,47

**Tabel 4. Test Of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,005	1	10	,947

**Tabel 5. ANOVA**

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,491	1	1,491	,000	,985
Within Groups	42531,235	10	4253,123		
Total	42532,726	11			

b. Selanjutnya untuk melihat apakah ada perbedaan dari ketiga kelompok unit alat tersebut, kita lihat tabel ANOVA, dari tabel itu pada kolom Sig. diperoleh nilai P (*P-value*) = 0,985. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil uji partikulat dengan menggunakan alat sampling HVAS standard EPA dengan HVAS modifikasi tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**KESIMPULAN**

HVAS hasil penelitian telah memenuhi harapan dengan memiliki bentuk yang lebih kecil dan lebih ringan, sehingga bisa lebih mudah dalam penyimpanan dan mobilisasi pengujian sampel partikulat. Berdasarkan penggunaan material untuk pembuatan HVAS modifikasi didapatkan angka yang lebih murah karena reduksi material pembungkus pompa vacum HVAS. HVAS Modifikasi memiliki kemampuan yang tidak beda nyata dengan HVAS standard EPA berdasarkan nilai Anova, dimana nilai P = 0,985. HVAS Modifikasi dapat dipergunakan sebagai alat sampling untuk pengujian sampel partikulat di udara ambien.

**SARAN**

Diperlukan kalibrasi external (uji kelayakan operasi) sehingga hasilnya dapat diakui kebenarannya dan dapat dilakukan penelitian

lebih lanjut untuk mengefektifkan penggunaan daya listrik.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ahira Anne, 2013, Zat yang Menimbulkan Pencemaran Lingkungan Udara <http://www.anneahira.com/pencemaran-lingkungan-udara.htm>, 4 September 2013

Fred C. Wadnola, 2012, Modification to High Volume Air Sampler Brushes, Journal of the Air Pollution Control Association, 14:2, 66-66

Hardial S. Chalal dan Donald C. Hunter, 1976, High Volume Air Sampler: An Orifice Meter as a Substitute for the Rotameter, Journal of the Air Pollution Control Association, 6:12, 1171-1172

Hidayat Anwar, 2013, Uji One Way Anova, <http://statistikian.blogspot.com/2012/11/one-way-anova-dalam-spss.html>, 6 Februari 2014

Lodge Peter, etc, 1988, Methods of Air Sampling and Analysis 3rd Edition, Lewis Publishers. New York.

Pusat Sarana Pengendali Dampak Lingkungan, 2011, Pengkajian Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Lampiran PP. 41 Tahun 1999, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta

Tim Penyusun. SNI.19-7119.3-2005, 2005, Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume

Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetri, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Wancik, 2009, Kelebihan dan Kekurangan Material (Bahan Bangunan) <http://wancik.wordpress.com/2009/03/28/kelebihan-dan-kekurangan-material-bahan-bangunan/>, 29 Agustus 2013

## PROFIL SEBARAN GETARAN DI LINGKUNGAN INDUSTRI MESIN MINUMAN

### *VIBRATION DISTRIBUTION PROFILE ON VENDING MACHINE INDUSTRY*

**Januar Arif Fatkhurrahman dan Moh Syarif Romadhon**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri  
Jl. Kimangunsarkoro No.6, Semarang, Jawa Tengah 50136  
e-mail : januarfa@kemenperin.go.id

Naskah diterima tanggal 10 Maret 2014, disetujui tanggal 21 April 2014

#### **ABSTRACT**

*Production machine performance on vending machine industry implicate vibration effect to its environment and working amenities. This research works on several steps; vibration data mining, analysis of vibration effect among its frequency and vibration spreading, and mathematical approach, compared with matlab mathematical equation from vibration displacement equation. As the result of this research, vibration effect getting weaker as it range continues to the end, highest vibration effect happen within range 6 – 12 meters from vibration source, Matlab use to see, vibration profile from displacement equation. Vibration profile on measurement method unequal with Matlab displacement equation because of many interference on measurement location.*

**Keywords :** *vibration spreading profile, frequency, matlab*

#### **ABSTRAK**

Kinerja mesin produksi pada industri mesin minuman, terutama pada mesin pencetak menimbulkan getaran mekanik yang merambat ke lingkungan kerja. Efek getaran yang merambat pada lingkungan kerja dapat dianalisis berdasarkan gangguan terhadap kenyamanan kerja terhadap jarak rambat getaran. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan; pengambilan data getaran, analisis efek getaran terhadap ukur kenyamanan kerja berdasar frekuensi dan jarak rambat getaran, dan pendekatan persamaan matematis terhadap tingkat getaran pada profil mesin pencetak di industri mesin minuman. Dari hasil analisis efek getaran terhadap kenyamanan kerja, rambat getaran semakin melemah seiring dengan jarak, paparan tertinggi getaran terjadi pada jarak 6 – 12 meter dari sumber getaran, penggunaan matlab digunakan untuk melihat profil Rambat Getaran terukur dilihat dari persamaan matematis rambat getaran. Profil Rambat Getaran hasil pengukuran belum cukup equal dengan persamaan matematis rambat getaran, dikarenakan banyaknya traksumber gangguan getaran lain di sekitar lokasi pengukuran.

**Kata kunci :** profil rambat getaran, frekuensi, matlab

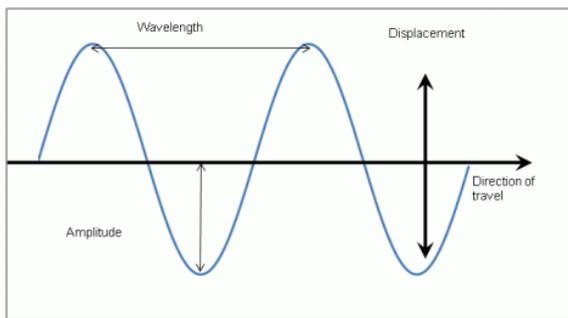
#### **PENDAHULUAN**

Pesatnya perkembangan industri di Indonesia, menyebabkan mekanisasi peralatan proses menjadi bagian penting dalam peningkatan kualitas dan kuantitas produksi. Hal tersebut menyebabkan berbagai efek terhadap lingkungan kerja, salah satunya getaran dari proses mekanik peralatan produksi. Getaran adalah gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (Anurlita, 2009). Getaran mekanik yang terjadi secara kontinu pada sumber getaran, memberikan efek ke seluruh arah pada bidang

rambat getaran tersebut, dan beberapa diantaranya menyebabkan ketidaknyamanan lingkungan dan pekerja, bahkan keamanan bangunan (Bachman, 1995). Pada industri pembuatan mesin minuman (*vending machines*), mesin – mesin pencetak digunakan untuk membentuk plat maupun bagian pembentuk mesin, dengan intensitas proses yang kontinu dan melibatkan banyak pekerja di sekitar area proses. Adanya pekerjaan yang kontinu dan melibatkan banyaknya pekerja, dampak negatif berupa getaran mesin produksi akan langsung dirasakan oleh para pekerja. Sebaran getaran dapat diidentifikasi sebagai rambatan gelombang sinusoidal, sebuah rambatan gelombang dapat dimodelkan dengan pendekatan matematis. Dengan pendekatan

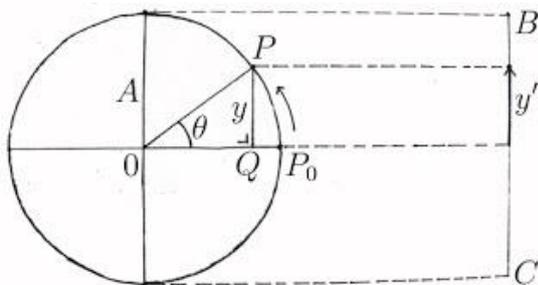
matematis, dapat dianalisis sebuah profil yang akan membantu pihak industri melakukan aksi awal yang bersifat pencegahan terhadap efek getaran tersebut, pada tiap sumber getaran yang bersumber dari peralatan proses produksi.

Getaran merupakan sebuah pola gelombang transversal, dimana arah rambatnya tegak lurus dengan getarannya seperti terlihat pada gambar 1. (Morin, 2007). Dengan melihat pola gelombang transversal tersebut terlihat bahwa getaran merambat dengan grafik sinusoidal. Sementara, pada kegiatan penelitian ini akan dilihat hubungan antara tingkat sebaran getaran sebagai fungsi jarak, sehingga persamaan matematis yang digunakan adalah persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) (Carlo, 1998).



Gambar 1. Gelombang Transversal

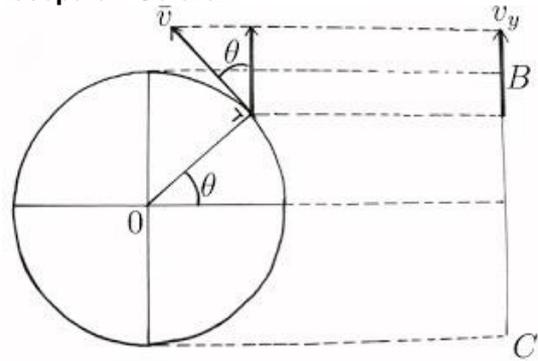
Karena gerak gelombang merupakan gerak harmonik, maka penurunan persamaan geraknya dapat dilakukan dengan menganalisa gerak melingkar (Gambar 2).



Gambar 2. Gerak Harmonik Gelombang (Narasoma, 2011)

Sebuah titik pada saat  $t = 0$  berada di  $P_0$ , kemudian bergerak ke titik  $P$ . Lintasan gerak ini diproyeksikan ke garis  $BC$ , sehingga menghasilkan simpangan  $y$  atau proyeksinya  $y'$ . Nilai  $y$  paling tinggi adalah jari – jari lingkaran,  $A$ . Kita peroleh  $\frac{y}{A} = \sin \theta$ . Untuk berputar penuh, dibutuhkan waktu sebesar  $T$ .  $P_0$  bergerak menuju  $P$ , maka waktu tempuh yang diperlukan titik ini adalah  $\frac{T}{2\pi} \theta$ . Maka  $\theta = \omega t$ . Simpangan ( $y$ ), dapat disimpulkan menjadi persamaan  $y = A \times \sin \omega t$ .

**Kecepatan Getaran**

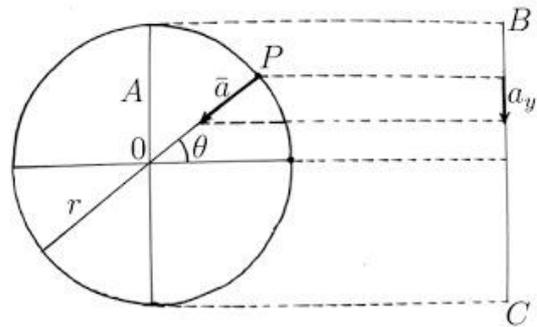


Gambar 3. Kecepatan Getaran

Laju partikel yang bergerak melingkar adalah tetap, sedangkan arahnya selalu berubah. Dilukiskan oleh vektor  $v$ , dimana  $v = \frac{2\pi A}{T}$ . Kecepatan getar dilukiskan oleh proyeksi  $v$  pada garis  $BC$ , yaitu  $v_y$ . Dijabarkan dengan rumus :

$$v_y = \frac{2\pi A}{T} \times \cos \theta \text{ atau } v_y = \frac{2\pi A}{T} \times \cos \frac{2\pi}{T} t \dots\dots (1)$$

**Percepatan Getaran**



Gambar 4. Percepatan Getaran

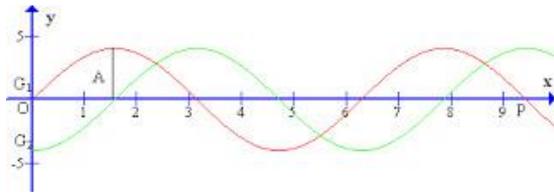
Titik  $P$  bergerak dengan kecepatan sebesar  $v$ , mengelilingi pusat lingkaran, yang didefinisikan sebagai percepatan yang besarnya tetap sedangkan arahnya menuju pusat lingkaran. Percepatan ini disebut percepatan sentripetal. Besarnya diberikan oleh rumus

$$a = \frac{v}{A} = \frac{\frac{2\pi}{T^2}}{A} = \frac{2\pi^2 A}{T^2} \dots\dots (2)$$

Persamaan kecepatan dan persamaan percepatan merupakan diferensial dari fungsi posisi / simpangan, seperti dijabarkan dalam persamaan berikut;

- Fungsi simpangan / posisi  
 $y = \omega A. \sin \omega t$
- Fungsi kecepatan / diferensial pertama  
 $v_y = \omega A. \sin \omega t$
- Fungsi percepatan / diferensial kedua  
 $a_y = -\omega^2 A \sin \omega t$

**Persamaan Gelombang Berjalan**



**Gambar 5.** Rambatan Gelombang

Garis merah G1 menggambarkan gelombang yang merambat dari kiri ke kanan pada saat tertentu, misalkan cepat rambat gelombang ini adalah  $v$ . sedangkan garis hijau G2 merupakan keadaan gelombang tadi setelah  $t$  detik. Perhatikan juga, di sana terdapat titik pembatas untuk memudahkan analisa. Titik O di pusat koordinat dan titik P di ujung gelombang berimpit dengan sumbu-x. Saat O mulai bergetar, P masih diam. Hingga beberapa saat kemudian, ketika O telah bergetar selama  $t$  detik barulah P mulai bergetar. Kesimpulannya, ketika O telah beresilasi selama  $t$  detik maka P juga beresilasi selama kurang dari  $t$  detik.

Simpangan di titik O diberikan oleh persamaan :  

$$y_0 = A \cdot \sin \omega t \quad \dots(3)$$

Sementara titik P yang waktu getarnya kurang dari O, yakni sebesar  $x/v$  detik akan memiliki simpangan :

$$y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left( \omega t - \omega \frac{x}{v} \right) \quad \dots(4)$$

$$y_p = A \sin(\omega t - kx)$$

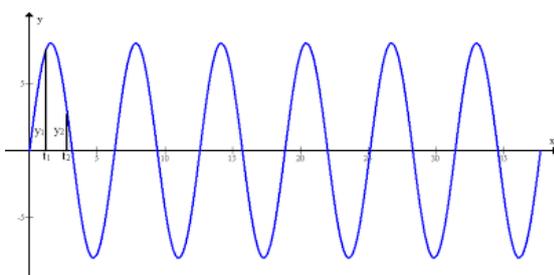
Jika gelombang bergerak dari kanan ke kiri, ketika O sudah bergetar selama  $t$  detik maka P telah bergetar selama  $t + \frac{x}{v}$  detik. Dengan cara yang sama diperoleh :

$$y_p = A \sin(\omega t + kx)$$

Karena kedua persamaan hanya berbeda tanda, maka kita dapat membuat rumusan yang lebih umum :

$$y_p = A \sin(\omega t \pm kx)$$

**Persamaan Gerak Gelombang Klasik**



**Gambar 6.** Gerak Gelombang Klasik

Perhatikan bahwa nilai  $y$  tergantung pada posisinya dalam sumbu- $x$ , dan tentu saja waktu. Maka fungsi gelombang secara umum adalah  $y = f(x,t)$ . Sekaligus juga memenuhi persamaan

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad \dots (5)$$

dimana suku  $dx^2$  setara dengan  $v^2 \cdot dt^2$ . Dan, tanda  $\partial$  diganti dengan  $d$  karena persamaan tersebut merupakan fungsi dengan variabel tunggal. Perasamaan inilah yang selanjutnya digunakan oleh Schrodinger untuk mendasari teorinya tentang fisika kuantum. Grafik fungsi sinus membentuk gelombang berjalan, karena itulah dinamakan gelombang sinusoidal.

Melihat perilaku getaran sebagai gelombang, dan melihat bahwa pada ruang produksi di industri mesin minuman, terutama mesin pencetak merupakan lokasi dengan banyak pekerja, pada kegiatan penelitian ini dimaksudkan untuk membuat profil Rambat Getaran pada tiap frekuensi yang mempengaruhi kenyamanan (KepmenLH/48, 1996) terhadap lokasi pekerja yang digambarkan pada jarak. Pada kegiatan penelitian ini, penggunaan matlab digunakan untuk melihat profil Rambat Getaran terukur dilihat dari persamaan matematis rambat getaran (persamaan 4).

**METODE PENELITIAN**

Kegiatan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu;

- 1) Pengukuran data getaran  
 Data getaran diukur dari sumber getaran mesin pencetak di industri mesin minuman. Kecenderungan lokasi pekerja sebagai penentu kenyamanan pekerja diukur berdasarkan jarak, dengan interval 2 meter, sampai 16 meter (batas dengan unit proses lain). Data diukur menggunakan vibration level meter Onno Sokki VR6100
- 2) Pembuatan profil Rambat Getaran  
 Profil Rambat Getaran, dibatasi hanya untuk kenyamanan terhadap pekerja sesuai pada KepmenLH KEP-49/MENLH/11/1996.
- 3) Analisis matlab terhadap profil Rambat Getaran  
 Persamaan (4) rambat getaran, digunakan sebagai uji silang dengan profil Rambat Getaran data hasil pengukuran terhadap jarak terhadap tingkat getaran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengambilan data getaran dilaksanakan di area mesin Pencetak di industri mesin

minuman, pengambilan data getaran dilakukan dengan variasi jarak, untuk merepresentasikan titik kecenderungan lokasi pekerja dari sumber getaran, seperti terlihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Lokasi Pengambilan Data Getaran

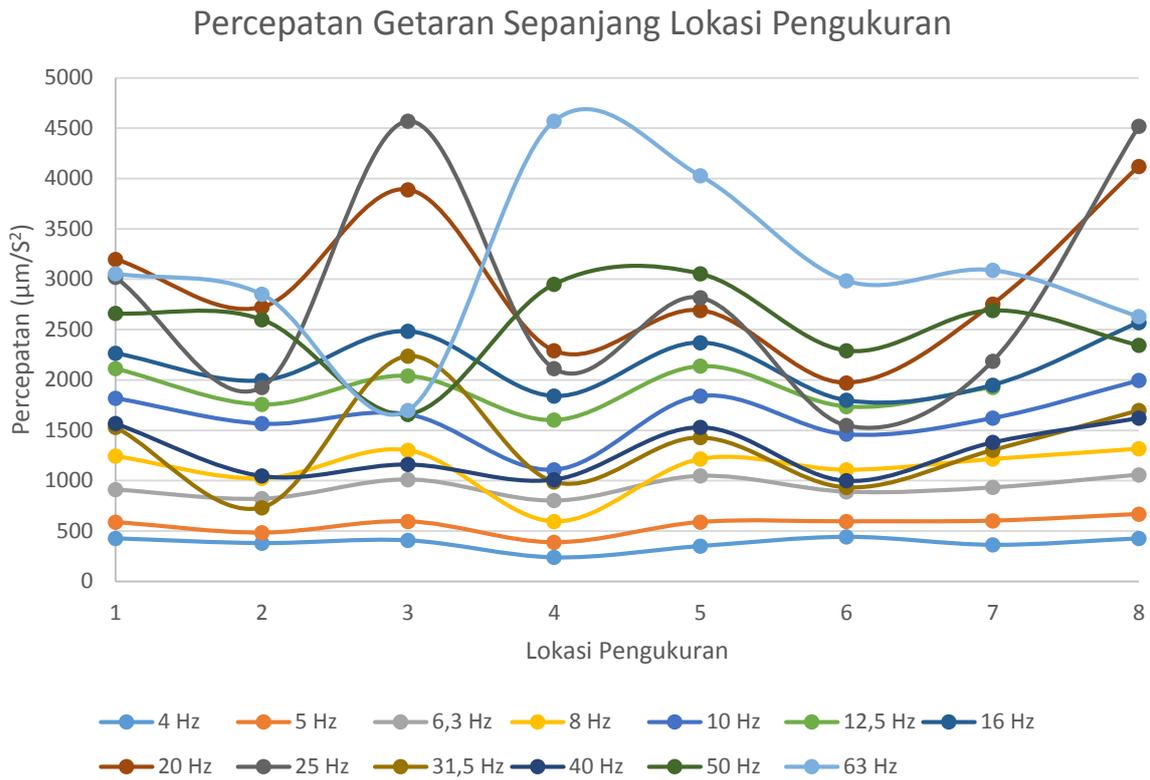
Data getaran pada tiap interval jarak dari sumber getaran, diunduh dari vibration meter Onno Sokki VR-6100, seperti terlihat pada tabel 1.

Data yang diukur merupakan tingkat getaran (dB).

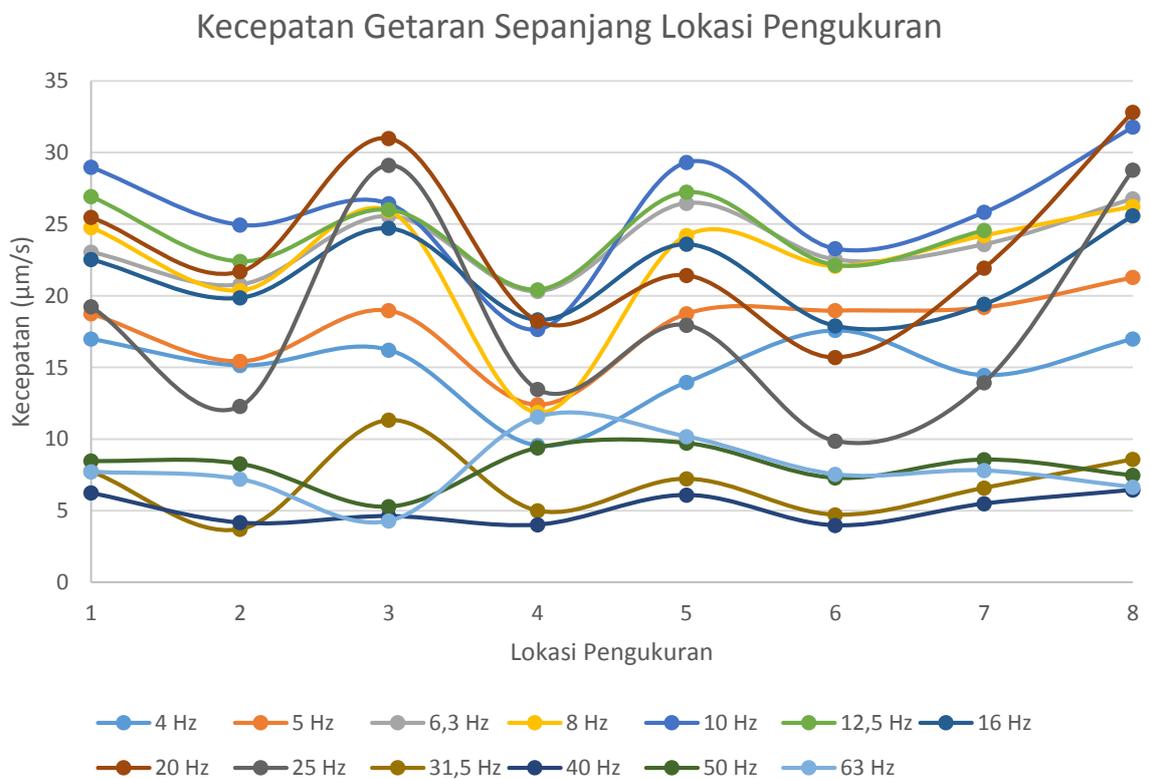
**Tabel 1.** Tingkat Getaran (dB) pada Interval Jarak dari Sumber Getaran

		<b>TINGKAT GETARAN PADA INTERVAL JARAK DARI SUMBER</b>							
<b>NO</b>	<b>FREKUENSI (HZ)</b>	<b>GETARAN (DB)</b>							
		2 meter	4 meter	6 meter	8 meter	10 meter	12 meter	14 meter	16 meter
1	4	32,6	31,6	32,2	27,6	30,9	32,9	31,2	32,6
2	5	35,4	33,7	35,5	31,8	35,4	35,5	35,6	36,5
3	6,3	39,2	38,3	40,1	38,1	40,4	39	39,4	40,5
4	8	41,9	40,2	42,3	35,5	41,7	40,9	41,7	42,4
5	10	45,2	43,9	44,4	40,9	45,3	43,3	44,2	46
6	12,5	46,5	44,9	46,2	44,1	46,6	44,8	45,7	47
7	16	47,1	46	47,9	45,3	47,5	45,1	45,8	48,2
8	20	50,1	48,7	51,8	47,2	48,6	45,9	48,8	52,3
9	25	49,6	45,7	53,2	46,5	49	43,8	46,8	53,1
10	31,5	43,7	37,3	47	39,9	43,1	39,4	42,3	44,6
11	40	43,9	40,4	41,3	40,1	43,7	40	42,8	44,2
12	50	48,5	48,3	44,4	49,4	49,7	47,2	48,6	47,4
13	63	49,7	49,1	44,6	53,2	52,1	49,5	49,8	48,4

Data tingkat getaran, selanjutnya diolah menggunakan persamaan rambat getaran, kecepatan getaran, dan percepatan getaran.

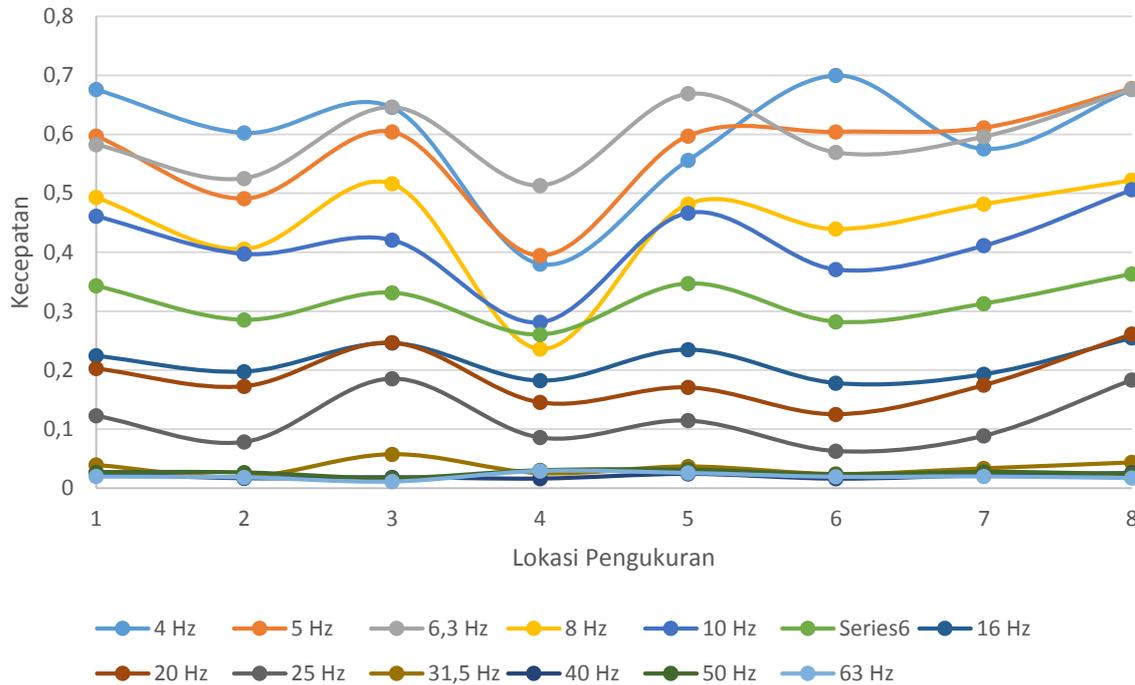


**Gambar 8.** Percepatan Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran



**Gambar 9.** Kecepatan Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran

### Rambat Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran



Gambar 10. Rambat Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran

Gambar 8, 9, dan 10 menunjukkan kecenderungan rambat getaran pada masing – masing frekuensi. Pada frekuensi rendah, rambat getaran cenderung landai, sementara pada frekuensi yang lebih tinggi, rambat getaran mempunyai amplitudo yang lebih tinggi. Amplitudo yang lebih menunjukkan kuantitas paparan getaran yang lebih tinggi. Dari tiga gambar tersebut juga terlihat konsentrasi paparan getaran banyak terjadi pada jarak 6 – 12 meter dari sumber getaran, sehingga dapat disimpulkan pekerja pada jarak 6 – 12 meter

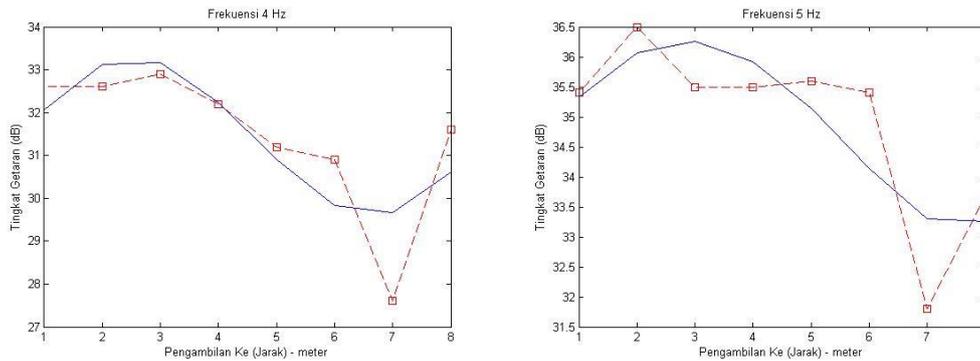
lebih banyak terpapar efek getaran daripada di jarak lainnya. Rambat getaran seperti terlihat pada gambar 10, bergerak menurut gerak sinusoidal, semakin jauh dari sumber getaran, untuk keseluruhan frekuensi pengukuran terlihat efek getaran semakin melemah. Untuk melihat profil getaran tersebut dibandingkan dengan Rambat Getaran sesuai persamaan (4), digunakan Matlab.

$$y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left( \omega t - \omega \frac{x}{v} \right)$$

```

1 clear
2 dataGetar;
3 ambil_amplitude;
4 xdata= linspace(1,jumlah_titik,jumlah_titik);
5 %xdat= linspace(1,2*jumlah_titik,2*jumlah_titik);
6
7 for iter=1:4
8     campil=iter+2;
9     ydata=frekuensi(tampil);
10    x0 = [10; -1:1:1]; % Starting guess
11    [x,rsnorm] = lsqcurvefit(@myfun,x0,xdata,ydata);
12    F = x(1)*exp(x(2)*xdata) + (1+x(3))*sin(x(4)*xdata);
13
14    subplot(2,2,iter);
15    plot(xdata,ydata,'--rs');
16    a=freq(tampil);
17    title(['Frekuensi ',num2str(a),' Hz']);
18    hold on
19
20    plot(xdata,F,'-');
21
22 end
    
```

Gambar 11. Plotting Persamaan Rambat Getaran dengan Matlab



**Gambar 12.** Contoh Tingkat Getaran pada Frekuensi 4Hz dan 5Hz

Hasil plotting persamaan Rambat Getaran dengan bantuan matlab selanjutnya diplot dengan hasil pengukuran Rambat Getaran, seperti terlihat pada gambar 1, pada frekuensi 4Hz dan 5Hz, kurva rambatan gelombang pada persamaan (4) – warna biru, dan kurva rambatan gelombang hasil pengukuran – warna merah, hasil pengukuran menunjukkan kurva sinusoidal yang tidak sempurna, hal ini disebabkan adanya gangguan sumber getaran lain pada saat pengukuran. Hal ini mempengaruhi equalitas antara dua kurva tersebut. Gangguan sumber getaran yang cukup dominan berada di area produksi selain dari mesin produksi adalah banyaknya lalu lalang forklift, terutama pada area sekitar 10 meter sampai 14 meter dari sumber getaran, hal ini dapat terlihat dari gambar 12, dimana pada titik pengukuran nomor 5 – 7 (jarak 10 meter sampai 14 meter), kurva sinusoidal hasil pengukuran tidak equal dengan persamaan rambat getaran. Keterbatasan alat (Tobing, 2009) dalam hal ini untuk pengukuran getaran dengan variasi jarak untuk menghasilkan akurasi data menggunakan dua pengukuran dalam waktu yang bersamaan, sehingga kecenderungan penggunaan satu alat untuk membandingkan dua variasi jarak juga menyebabkan kesulitan saat memproyeksikan dalam grafik.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Rambat Getaran, seperti digambarkan pada gambar 8,9, dan 10 yang menyatakan percepatan, kecepatan, dan simpangan getaran menunjukkan bahwa, efek getaran makin melemah berbanding lurus dengan jarak dari sumber getaran. Profil Rambat Getaran hasil pengukuran belum cukup equal dengan persamaan matematis rambat getaran,

dikarenakan banyaknya sumber gangguan getaran lain di sekitar lokasi pengukuran.

**Saran**

Keterbatasan peralatan yang digunakan belum mampu mengukur dua interval jarak dalam satu waktu, perlu dilaksanakan pengukuran data getaran pada satu waktu untuk dua interval jarak yang berbeda

**DAFTAR PUSTAKA**

Anurlita, 2009. *Getaran dan Gelombang*. <http://anurlita.wordpress.com/sains/getaran-dan-gelombang/>. Diakses 12 Agustus 2014.

Bachman, Hugo, 1995. *Vibration Problems in Structures: Practical Guidelines*. Springer Science and Media. Jerman.

Carlo G. Lai, PhD, 1998 . *Simultaneous Inversion of Rayleigh Phase Velocity and Attenuation for Near-Surface Site Characterization*. Georgia Institute of Technology.

Heaton, 2006. *Engineering Seismic Notes*. Caltech Institute of Technologies.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep-49/Menlh/11/1996 Tentang Baku Tingkat Getaran*. 1996

K. Madsen, dkk. *Methods For Non-Linear Least Squares Problems, 2nd Edition. Informatics and Mathematical Modelling*. Technical University of Denmark. 2004.

Morin, David. 2006. *Introduction do Classical Mechanics, Chapter 4. Transverse Waves on string*. University of Harvard.

Narasoma, 2011. *Analisa Gelombang Mekanik*. <http://narasomanotebook.blogspot.com/2011/05/analisa-gelombang->

*mekanik-bagian-2.html*. Diakses 12 Agustus 2014

Tobing, David. 2009. *Pemantauan Tingkat Keadaan Getaran Bantalan Backward Inclined Curve Centrifugal Fan Tipe 2 Swsi Akibat Perubahan Tarikan Sabuk-V Sebagai Pendekatan Teknik Pemeliharaan Di Pabrik Kelapa Sawit*. USU Repository : Medan.

**APLIKASI SISTEM *VERTICAL* DAN *HORIZONTAL SUB SURFACE FLOW WETLAND*  
DALAM PENGOLAHAN KEMBALI *EFFLUENT IPAL*  
PERUSAHAAN OBAT DAN OBAT TRADISIONAL**

***VERTICAL AND HORIZONTAL SUB SURFACE FLOW WETLAND SYSTEM APPLICATION  
ON MEDICINE AND TRADITIONAL MEDICINE FACTORY AS EFFLUENT WWT RETREATMENT***

**Nikola Fibrian F, Hena Rya Sunoko, Munifatul Izzati**

Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

Jalan Imam Bardjo No 5 Semarang

Fakultas MIPA Program Studi Biologi Universitas Diponegoro

e-mail : nikola.fibrianfirstikesuma@gmail.com

Naskah diterima tanggal 27 Februari 2014, disetujui tanggal 6 Mei 2014

**ABSTRACT**

*This research conducted to treat the WWTP effluent of medicine and traditional medicine company that has met the quality standards for water bodies to dispose of. The treatment is done to improve the quality of the WWTP effluent water in order to be classified as class III refer to Regulation No. 82 Year 2001. Re-treatment of WWTP effluent was conducted using artificial wetlands method that differs from the used prior treatment viz. WWTP which consists of physical and chemical treatment. The aims of the study are to assess the quality improvement of the WWTP effluent and its efficiency which has been treated using the vertical subsurface flow wetland (VSSF Wetland) and horizontal subsurface flow wetland (HSSF Wetland).*

*The selected parameters i.e. BOD, COD, nitrite and ammonia considering surpass the class III of water quality standards. Research conducted by the lab-scale experiments were performed using two similar sizes of reactors. The reactor was filled with planting medium of sand and gravel, as well as the use of Mendong plants (*Frimbistylis globulosa*). Sampling conducted over fourteen days where the sample quality testing performed seven times.*

*Result indicated that the effluent quality of recovered wastewater which have been treated by VSSF Wetland and HSSF Wetland are superiorly compared with before treatment is performed. VSSF Wetland is effectively able to degrade the value of BOD, COD, nitrite and ammonia approximately amounted by 89.38 %, 91.78 %, 54.84 % and 71.58 %, respectively; while HSSF Wetland approximately amounted by 93.56%, 94.64%, 74.19% and 59.93%, respectively. The statistical results represented no differences of recovered wastewater effluent which treated using VSSF Wetland and HSSF Wetland on variables of BOD, COD, nitrite and ammonia.*

**Keywords** : wastewater effluent, efficiency, VSSF and HSSF Wetland.

**ABSTRAK**

Penelitian ini mengolah effluent IPAL perusahaan obat dan obat tradisional yang telah memenuhi baku mutu untuk di buang ke badan perairan. Pengolahan dilakukan untuk meningkatkan kualitas effluent IPAL agar dapat memenuhi klasifikasi air kelas III pada PP No 82 Tahun 2001. Pengolahan kembali effluent IPAL ini dilakukan dengan menggunakan metode yang berbeda yakni metode lahan basah buatan (wetland) karena pengolahan sebelumnya telah menggunakan IPAL dengan metode pengolahan secara fisika dan kimia. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengkaji peningkatan kualitas effluent IPAL perusahaan obat yang telah diolah dengan menggunakan metode lahan basah buatan aliran bawah permukaan vertikal (VSSF Wetland) dan lahan basah buatan aliran bawah permukaan horizontal (HSSF Wetland) serta mengkaji efisiensinya.

Parameter-parameter air limbah yang digunakan adalah BOD, COD, nitrit dan amonia yang masih melebihi baku mutu air kelas III. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan skala lab yang dilakukan menggunakan dua buah reaktor yang berukuran sama. Reaktor diisi dengan media tanam berupa pasir dan kerikil, serta menggunakan tanaman mendong (*Frimbistylis globulosa*). Pengambilan sampel dilakukan selama empat belas hari dimana pengujian kualitas sampel tersebut dilakukan sebanyak tujuh kali

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas effluent setelah diolah menggunakan VSSF maupun HSSF Wetland lebih baik daripada sebelum dilakukan pengolahan menggunakan kedua metode tersebut. VSSF Wetland secara efektif dapat menurunkan BOD, COD, nitrit dan amonia dengan

efisiensi berturut-turut sebesar 89.38%, 91.78%, 54.84% dan 71.58%; sedangkan efisiensi HSSF Wetland berturut-turut 93.56%, 94.64%, 74.19% dan 59.93%. Hasil uji statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan kualitas effluent yang diolah menggunakan sistem VSSF dan HSSF Wetland untuk variabel nitrit, amonia, COD dan BOD.

**Kata kunci** : effluent IPAL, efisiensi, VSSF dan HSSF Wetland.

## PENDAHULUAN

Metode pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dalam sistem *constructed wetland* (lahan basah buatan) telah banyak digunakan di beberapa Negara (Vymazal et al, 2009). Vymazal telah melakukan *review* pada lebih dari 400 sistem *Constructed wetlands* dari 36 negara di dunia diantaranya Amerika Serikat, Jerman, Perancis, Tiongkok dsb. Hasilnya, sistem *constructed wetland* berhasil digunakan untuk pengolahan sekunder maupun tersier. Akan tetapi metode ini belum begitu populer di negara berkembang karena kajian dan publikasi mengenai metode ini masih kurang. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa kurang berkembangnya penggunaan teknologi lahan basah buatan untuk pengolahan limbah cair di negara berkembang karena kurangnya pengetahuan dan kurangnya pengalaman dalam desain dan manajemen dari teknologi ini (UN-HABITAT, 2008). Penelitian yang dilakukan Kurniade (2011) menunjukkan bahwa penggunaan sistem *wetland* di Indonesia sebagai alternatif dari teknologi konvensional sangat menjanjikan. Karena sistem ini efektif, sederhana, berumur panjang, pemeliharaan mudah dan menggunakan bahan-bahan lokal yang mudah didapat.

Keuntungan dari penggunaan lahan basah buatan untuk mengolah air limbah adalah sebagai berikut:

1. Pembuatannya membutuhkan biaya yang lebih murah dibanding dengan sistem pengolahan yang lain
2. Pemanfaatan proses alami
3. Konstruksinya sederhana (dapat dibangun dengan menggunakan bahan-bahan lokal)
4. Sistem pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah
5. Efisiensi biayanya efektif (biaya pembuatan dan operasi murah)
6. Prosesnya stabil.

Sedangkan batasan dari sistem lahan basah buatan ini adalah kriteria desain yang belum dikembangkan untuk pengolahan air limbah yang berbeda dan di daerah dengan iklim yang berbeda (Davis, 1994). Penelitian menggunakan metode *VSSF Wetland* dan *HSSF Wetland* dengan menggunakan tanaman mendong (*Fimbristylis globulosa*) untuk mengolah *effluent* air limbah pabrik kertas yang dilakukan Purwati (2006) dapat menurunkan konsentrasi pencemar air limbah TSS, BOD, COD, lignin dan

Na dengan efisiensi yang cukup tinggi. Menurut Purwati, mendong dapat tumbuh di tanah basah, mempunyai akar serabut yang sangat lebat dan cara penanamannya mudah. Menurut Sohair (2012) tanaman dengan akar yang lebat dapat menahan limbah cair lebih lama sehingga dapat meningkatkan efisiensi.

Ada beberapa tipe dari sistem lahan basah buatan, di antaranya *Sub Surface Flow Wetland*, *Surface Flow Wetland* dan *Hybrid Flow Wetland*. Di antara ketiga tipe tersebut, pada penelitian ini dipilih *Sub Surface Flow Wetland* karena memiliki keunggulan kebutuhan lahan yang lebih kecil daripada jenis lahan buatan yang lain. Selain itu lahan basah tipe ini tidak ramah terhadap nyamuk karena tidak ada genangan air pada permukaannya. *Sub Surface Flow Wetland* sendiri ada dua macam, yaitu *Vertical Sub Surface Flow Wetland* dan *Horizontal Sub Surface Flow Wetland* (UN-HABITAT: 2008).

Penelitian dengan menggunakan sistem *wetland* untuk mengolah *effluent* limbah industri obat dan obat tradisional belum pernah dilakukan sebelumnya. Dengan mempertimbangkan keuntungan dari sistem *Sub Surface Flow Wetland*, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan *Vertical Sub Surface Flow Wetland* dan *Horizontal Sub Surface Flow Wetland* untuk mengolah *effluent* IPAL perusahaan obat dan obat tradisional. Dalam mengolah limbah cairnya, perusahaan ini menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah cair yang diolah merupakan limbah cair yang berasal dari masing-masing unit produksi maupun non produksi. IPAL yang digunakan untuk mengolah limbah cair terdiri bak equalisasi, unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi 1, aerator, sedimentasi 2, filtrasi dan outlet.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peningkatan kualitas *effluent* IPAL perusahaan obat yang telah diolah dengan menggunakan sistem *Vertical* dan *Horizontal Sub Surface Flow Wetland* dan mengkaji efisiensi kedua sistem *sub surface wetland* yang lebih efisien dalam mengolah *effluent* IPAL perusahaan obat. *Effluent* IPAL yang diolah menggunakan *VSSF* dan *HSSF* diharapkan dapat dimanfaatkan kembali sesuai dengan

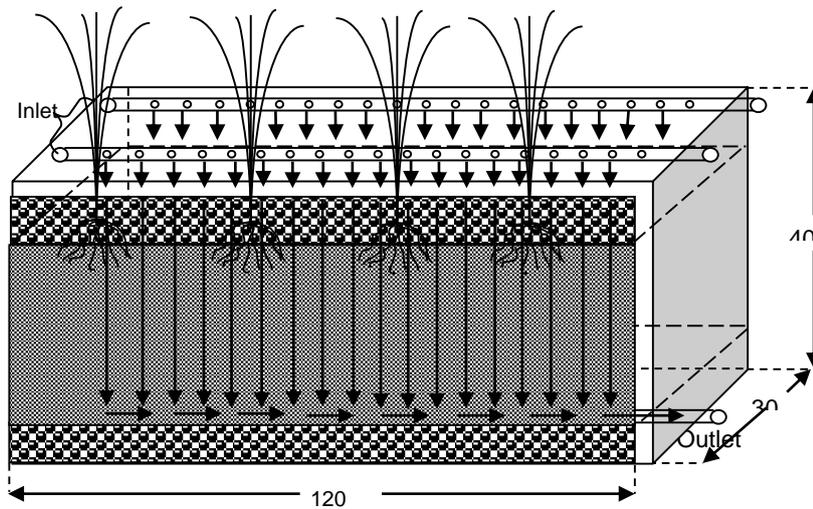
peruntukan pada kualitas air kelas III PP No 82 Tahun 2001.

Penggunaan kembali limbah cair adalah salah satu usaha konservasi air dan merupakan alat yang sangat penting untuk meminimalkan masalah kelangkaan air di daerah perkotaan dan industri. Pemahaman penuh dari semua proses yang ada dalam suatu industri merupakan langkah penting untuk mengurangi konsumsi air dari alat-alat yang digunakan, seperti sebagai perubahan proses operasional dan kontrol yang efektif dari kegiatan penggunaan air (Matsurama, 2007).

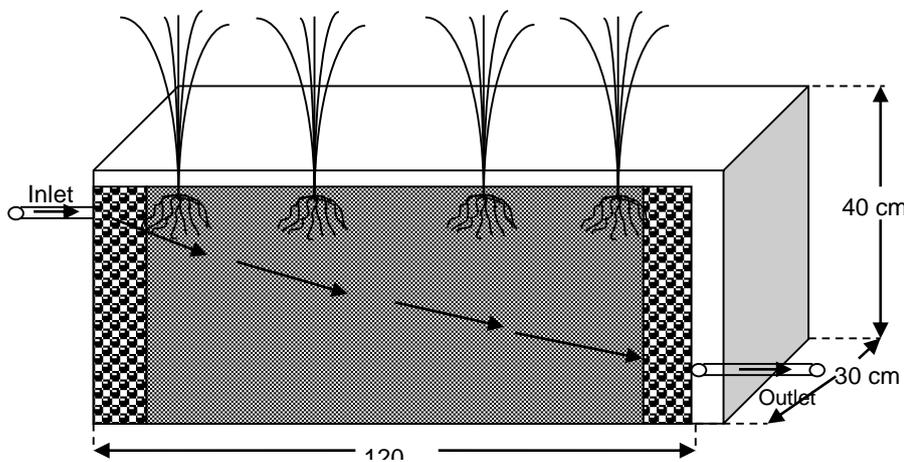
**METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan dengan mengolah *effluent* IPAL salah satu perusahaan obat dan obat tradisional yang ada di Semarang dengan

menggunakan *vertical sub surface flow wetland* (VSSF *Wetland*) dan *horizontal sub surface flow wetland* (HSSF *Wetland*). Penelitian ini adalah penelitian eksperimen skala laboratorium dengan *pre* dan *post test* yang menggunakan dua buah reaktor *batch*. Reaktor pertama digunakan untuk sistem VSSF *Wetland* dan reaktor yang lain untuk HSSF *Wetland*. Kedua reaktor berukuran sama yaitu 120 cm x 30 cm x 40 cm dan terbuat dari rangka kayu dan triplek yang dilapisi dengan plastik. Sistem *wetland* menggunakan tanaman Mendong (*Fimbristylis globulosa*) dan media tanam berupa pasir dan kerikil (*split*) yang disusun sesuai dengan sistem *wetland* yang digunakan. Penelitian dilakukan selama empat belas hari dan dilakukan pengujian kualitas sampel sebanyak tujuh kali. Adapun desain reaktor yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 1 dan gambar 2 berikut ini.



**Gambar 1.** Desain reaktor *Vertical Sub Surface Flow Wetland* tampak dari samping.



**Gambar 2.** Desain reaktor *Horizontal Sub Surface Flow Wetland* tampak dari samping.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Uji pendahuluan dilakukan pada tanggal 15 Januari 2013, hasil uji tersebut digunakan untuk menentukan parameter-parameter air limbah yang akan digunakan pada penelitian. Pengujian sampel mengacu pada PP No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air

dan Pengendalian Pencemaran Air karena pada PP tersebut terdapat empat kelas air sesuai dengan peruntukannya. Hasil penelitian dibandingkan dengan empat kelas air tersebut sehingga dapat diketahui peruntukannya. Adapun hasil uji pendahuluan dan hasil eksperimen adalah sebagai berikut.

**Tabel 1.** Hasil uji pendahuluan *effluent* IPAL Perusahaan obat tanggal 15 Januari 2013.

No	Parameter	Satuan	Hasil	Kelas 1	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
1	Ammonia	mg/l	4.99	0,5	-	-	-
2	Nitrit	mg/l	16.77	0,06	0,06	0,06	-
3	pH	mg/l	6.78	6-9	6-9	6-9	5-9
4	Total Zat padat terlarut (TDS)	mg/l	497	1000	1000	1000	2000
5	BOD	mg/l	44.16	2	3	6	12
6	COD	mg/l	75.26	10	25	50	100
7	Fosfat	mg/l	0.16	0,2	0,2	1	5
8	Total coliform	Jml/100ml	3	1000	5000	10000	10000

*Keterangan : kelas 1, 2, 3 dan 4 adalah baku mutu kelas air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001.*

**Tabel 2.** Hasil Percobaan Penurunan Bahan Pencemar dengan Aplikasi Wetland

NO	HARI KE-	AMONIA (MG/L)		NITRIT (MG/L)		BOD (MG/L)		COD (MG/L)	
		VSSF	HSSF	VSSF	HSSF	VSSF	HSSF	VSSF	HSSF
1	0	2.403	2.403	0.31	0.31	45.84	45.84	78.48	78.48
2	2	1.362	0.938	0.26	0.30	30.21	33.26	63.25	66.35
3	4	1.152	0.597	0.18	0.13	19.57	25.31	47.32	44.42
4	7	0.926	0.535	0.17	0.11	17.78	16.69	34.42	26.87
5	9	0.695	0.449	0.16	0.08	10.84	12.93	16.74	21.52
6	11	0.333	0.379	0.13	0.07	9.15	8.55	10.58	13.87
7	14	0.683	0.963	0.14	0.08	4.87	2.95	6.45	4.21
<b>EFISIENSI</b>		71.58%	59.93%	54.84%	74.19%	89.38%	93.56%	91.78%	94.64%

Hasil uji pendahuluan ditunjukkan oleh Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, ammonia hanya mempunyai satu baku mutu kelas 1 dan

konsentrasinya masih melebihi baku mutu. Amonia juga masih melebihi baku mutu baik kelas 1, kelas 2 maupun kelas 3 dengan baku

mutu yang sama. COD melebihi baku mutu kelas 4 dan BOD melebihi baku mutu kelas 3. Maka parameter yang digunakan dalam penelitian adalah BOD, COD, nitrit dan amonia.

Tabel 2 menunjukkan hasil eksperimen, pada masing-masing parameter air limbah dilakukan uji statistik

**Tabel 3.** Hasil analisis statistik menggunakan SPSS

- **Nitrit**

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nitrit	Equal variances assumed	1.078	.324	-.501	10	.627	-.05500	.10972	-.29947	.18947
	Equal variances not assumed			-.501	7.826	.630	-.05500	.10972	-.30900	.19900

- **Amonia**

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Amonia	Equal variances assumed	.619	.450	.344	10	.738	.12667	.36772	-.69266	.94599
	Equal variances not assumed			.344	9.649	.738	.12667	.36772	-.69672	.95005

- **COD**

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COD	Equal variances assumed	.398	.542	-.289	10	.778	-.02667	.09218	-.23206	.17873
	Equal variances not assumed			-.289	8.173	.780	-.02667	.09218	-.23846	.18513

- BOD

**Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
BOD Equal variances assumed	.080	.783	-.516	10	.617	-.04500	.08713	-.23914	.14914
Equal variances not assumed			-.516	9.937	.617	-.04500	.08713	-.23931	.14931

Uji statistik berupa analisis statistik awal dan analisis statistik akhir. Analisis statistik awal berupa uji normalitas untuk mengetahui sebaran nilai variabel. Uji normalitas yang dilakukan dengan metode Kolmogorof-Smirnov. Pada *VSSF Wetland*, nilai p dari parameter nitrit, amonia, COD dan BOD berturut-turut sebesar 0.992; 0.353; 0.973 dan 0.753 yang lebih besar dari 0.05 sehingga data terdistribusi normal. Pada *HSSF Wetland*, nilai p dari parameter nitrit, amonia, COD dan BOD berturut-turut sebesar 0.872; 0.297; 0.865 dan 0.469 yang lebih besar dari 0.05 sehingga data terdistribusi normal. Karena semua variabel terdistribusi normal, maka analisis statistik akhir digunakan statistik parametrik. Statistik parametrik yang di gunakan adalah *independent sampel t test* karena dua kelompok sampel yang di uji tidak saling berhubungan. Uji *independent sampel t test* dengan membandingkan rata-rata efisiensi dari *VSSF* dan *HSSF Wetland*. Uji statistik ini menggunakan  $H_0$  tidak terdapat perbedaan kualitas *effluent* IPAL perusahaan obat antara pengolahan menggunakan metode *VSSF*

*Wetland* dengan *HSSF Wetland*.  $H_0$  diterima jika nilai  $p > 0.05$  dan ditolak jika nilai  $p \leq 0.05$ . Berdasarkan tabel 3, nilai p dari parameter nitrit, amonia, COD dan BOD pada metode berturut-turut sebesar 0.627; 0.787; 0.778 dan 0.617 yang lebih besar dari 0.05 sehingga  $H_0$  untuk semua parameter tersebut diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kualitas *effluent* IPAL PT Phapros antara pengolahan dengan menggunakan *VSSH* dan *HSSF Wetland* untuk parameter BOD, COD, nitrit dan amonia.

Hasil eksperimen pada tabel 2 juga menunjukkan bahwa metode pengolahan *effluent* IPAL perusahaan obat dengan menggunakan *VSSF* dan *HSSF Wetland* dapat menurunkan konsentrasi bahan pencemar air limbah. Ini ditunjukkan dengan Efisiensi penurunan konsentrasi BOD, COD, nitrit dan amonia untuk *VSSF Wetland* berturut-turut sebesar 89.38%, 91.78%, 54.84% dan 71.58%; dan untuk *HSSF Wetland* berturut-turut 93.56%, 94.64%, 74.19% dan 59.93%.

**Tabel 4.** Perbandingan hasil eksperimen dengan baku mutu kelas III

No	Variabel	Hasil Eksperimen (mg/l)	Baku mutu kelas III	Keterangan
1	Nitrit	0.14	0.06	Baik VSSF dan HSSF belum memenuhi baku mutu kelas III
	a. VSSF	0.08		
2	Amonia	0.683	-	Amonia tidak ada baku mutu kelas III
	a. HSSF	0.963		
3	COD	6.45	50	Baik VSSF dan HSSF telah memenuhi baku mutu kelas III
	a. VSSF	4.21		
4	BOD	4.87	6	Baik VSSF dan HSSF telah memenuhi baku mutu kelas III
	a. VSSF	2.95		
	b. HSSF			

Tabel 4 menyajikan hasil pengolahan *effluent* limbah yang telah diolah dengan menggunakan *VSSF* dan *HSSF Wetland* dan dibandingkan dengan baku mutu kelas III sesuai dengan PP No 82 Tahun 2001. Berdasarkan tabel tersebut, hanya COD dan BOD yang telah memenuhi baku mutu kelas III, sedangkan nitrit belum memenuhi baku mutu kelas III dan amonia tidak terdapat baku mutu kelas III. Hasil dari penelitian ini belum dapat menyimpulkan bahwa pengolahan dengan menggunakan *VSSF* dan *HSSF* telah dapat memenuhi baku mutu kelas III karena ada salah satu variabel penelitian yang belum memenuhi baku mutu kelas III.

Menurut UN-HABITAT (2008) suatu sistem *wetland* pada dasarnya terdiri dari air limbah, substrat, vegetasi, serta organisme / bakteri. Masing-masing komponen pada sistem ini mempunyai peran. Proses penghapusan polutan pada sistem *wetland* terjadi melalui beberapa proses yang meliputi proses fisik, kimia dan biologi. Ketika air limbah mulai dimasukkan ke dalam sistem *wetland*, terjadi proses filtrasi dan sedimentasi. Padatan yang masih ada di dalam air limbah akan tertahan dan terjebak pada substrat. Kemudian ketika air limbah sudah mencapai dasar reaktor, terjadi proses sedimentasi yang akan mengendapkan padatan yang masih lolos dari substrat.

Mikroba yang hidup di dalam sistem *wetland* berperan terhadap penghilangan senyawa organik terlarut, yaitu melalui mekanisme degradasi biologis aerob maupun anaerob. Sedangkan untuk mekanisme penghapusan nitrit dan amonia mencakup penguapan, amonifikasi, nitrifikasi / denitrifikasi, dan penyerapan tanaman. Pada proses nitrifikasi, amonia diubah menjadi nitrit kemudian diubah kembali menjadi nitrat oleh bakteri pada kondisi aerob. Selain diubah menjadi nitrit, amonia juga diserap oleh tumbuhan. Sehingga berkurangnya amonia dapat dijelaskan oleh kedua proses ini. Pengurangan nitrit juga dapat dijelaskan oleh proses nitrifikasi tersebut serta penyerapan oleh tanaman (Handayanto: 2007).

## KESIMPULAN

1. Kualitas *effluent* IPAL perusahaan obat dan obat tradisional sesudah diolah menggunakan sistem *VSSF* dan *HSSF Wetland* lebih baik daripada sebelum diolah menggunakan sistem tersebut. Peningkatan kualitas air dengan jalan menurunkan nitrit sebesar 54.84% pada *VSSF Wetland* dan 74.19% pada *HSSF Wetland*, amonia sebesar 71.58% pada *VSSF Wetland* dan 59.93% pada *HSSF Wetland*, COD sebesar 91.78% pada *VSSF Wetland* dan 94.64%

pada *HSSF Wetland* serta BOD sebesar 89.38% pada *VSSF Wetland* dan 93.56% pada *HSSF Wetland*.

2. Berdasarkan hasil eksperimen, hanya COD dan BOD yang telah memenuhi baku mutu kelas III. Untuk variabel nitrit belum memenuhi baku mutu kelas III dan amonia tidak terdapat baku mutu kelas III.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pendidikan Nasional atas Program Beasiswa Unggulan yang diberikan kepada penulis dalam melanjutkan studi jenjang S2 Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang. PT Phapros atas pemberian izin pengambilan *effluent* limbah dan pemberian data hasil uji BBT PPI.

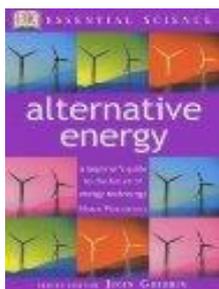
## DAFTAR PUSTAKA

- Davis, L. 1994. *A Handbook of Constructed Wetlands*. USDA-Natural Resources Conservation Service and the US Environmental Protection Agency-Region III
- Handayanto, E., dan Hairiah, K. 2007. *Biologi Tanah*. Pustaka Adipura: Yogyakarta.
- Kurniade, D. 2011. *Wastewater Treatment Using Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland in Indonesia*. American Journal of Environment Science 7 (1): 15-19.
- Maturama, E.M., Mierzwa, J.C. 2007. *Water Conservation and Reuse in Poultry Processing Plant – A Case Study*. Journal Resources, Conservation and Recycling 52: 835-842.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 Tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Purwati, S., Surachman, A. 2006. *Potensi dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas dengan Sistem Lahan Basah*. Berita Selulosa Vol. 42 (2): 45-53.
- Sohair, I. A., and Hellal, M.S. 2012. *Minicipal Wastewater Treatment Using Vertical Flow Constricted Wetlands Planted with Canna, Phragmites and Cyprus*. Ecological engineering 47: 209-213.
- UN-HABITAT, 2008. *Constructed Wetlands Manual*. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme Nepal, Kathmandu.

Vymazal, J., and Kröpfelová, L. 2009. *Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review of the field experience*. *Science of The Total environment* 407: 3911-3922.

## INDEKS PENULIS

Budiarto, Agung .....	15
Djarwanti .....	7
Fibrian F., Nikola .....	29
Fatkhurrahman, Januar Arif .....	21
Izzati, Munifatul .....	29
Hardiana S., Setyani .....	1
Mukimin, Aris .....	1
Romadhon, Moch Syarif.....	21
Sunoko, Hena Rya .....	29
Syahroni, Cholid.....	7



## JUDUL BUKU :

### **Alternative Energy/ Energi Alternatif**

Penulis : Marek Walisiewicz  
Alih Bahasa : Dwi Satya Palupi, M.Si  
Penerbit : Dorling Kindersley Limited, London ( 2002 )  
Copyright : Penerbit Erlangga, Indonesia ( 2003 )  
Jumlah Halaman : 72 halaman

Pengetahuan tentang energi dan energi alternatif sangat penting pada masa kini maupun masa mendatang. Ketergantungan pemakaian energi fosil untuk bahan bakar pada saat ini masih sangat besar. Bahan bakar tersebut antara lain batubara, minyak dan gas alam. Bahkan para pakar energi telah meramalkan bahwa cadangan batubara dunia akan habis sekitar 250 tahun, minyak bumi 40 tahun, dan gas alam sekitar 70 tahun. Maka perlu dilakukan usaha untuk mencari teknologi alternatif seperti energi angin, energi air, energi matahari, energi biomassa dan energi geothermal akan lebih ekonomis dan kemungkinan akan digunakan pada skala besar di dunia Industri.

Penggunaan bahan bakar fosil pada skala kecil maupun besar akan menimbulkan kerusakan lingkungan. Ketika bahan bakar fosil dibakar, akan mengeluarkan gas CO<sub>2</sub> sebagai produk sisa pembakaran. Secara alamiah, gas ini akan menyelimuti bumi dan menghambat panas yang keluar ke atmosfer sehingga menimbulkan kenaikan suhu di bumi. Hal ini sering disebut dengan efek rumah kaca. Suhu bumi ini telah diprediksi oleh IPCC ( Intergovernmental Panel on Climate Change ) pada tahun 2100 suhu permukaan bumi akan naik 1,5-3,5°C.

Selain energi alternatif dan dampak penggunaan bahan bakar fosil diatas, buku ini juga menjelaskan tentang suatu teknologi untuk menghasilkan energi yang sangat besar yang dapat membebaskan manusia dari ketergantungan energi fosil, yaitu energi nuklir. Di dalam buku ini dijelaskan proses nuklir di dalam reaktor yang menggunakan isotop Uranium 235 sampai terbentuk energi yang bisa dimanfaatkan oleh umat manusia. Keuntungan dari penggunaan energi nuklir ini emisi yang dihasilkan sangat kecil, penggunaan bahan isotop cenderung lebih sedikit untuk menghasilkan energi yang jauh lebih besar ( 1 kg bahan bakar nuklir dapat menghasilkan energi sebanyak membakar 12.000 barel minyak ). Tentunya dibalik keuntungan ada pula kerugian dari bahan bakar nuklir ini, limbah nuklir yang dihasilkan dari proses fisi nuklir memerlukan penanganan yang serius dan bersifat radioaktif membutuhkan waktu yang lama untuk bisa di buang di lingkungan.

Secara umum buku ini sangat bagus dalam memberikan gambaran tentang energi baik keuntungan maupun kerugiannya. Cara menyiasati dan mengefisienkan energi juga banyak dibahas pada bagian buku ini, seperti penataan bangunan yang memaksimalkan pencahayaan dan sirkulasi udara sehingga meminimalkan penggunaan penerangan dan pengkondisian udara. Buku ini secara eksplisit juga menyediakan sebuah panduan pemula tentang berbagai konsep ilmiah dan topikal isu-isu yang mempengaruhi kehidupan sehari-hari. "Energi alternatif" dalam mengkaji energi dari sudut ekonomi, lingkungan dan politik masalah energi dunia dan meneliti bagaimana masalah ini sedang dibahas (Silvy Djayanti ).

