

Kerjasama antara:
Jurusan Teknologi Pertanian UNHAS, dan
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia



Prosiding
SEMINAR NASIONAL
PERTETA 2015

Makassar, 5 - 7 Agustus 2015

Peran PERTETA dalam Mendukung
Swasembada Pangan Nasional 2017



**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
PERHIMPUNAN TEKNIK PERTANIAN
INDONESIA 2015**

**“Peran PERTETA dalam Mendukung
Swasembada Pangan Nasional 2017”
Makassar, 5-7 Agustus 2015**

ISBN : 978-602-73478-0-9

Panitia Seminar Nasional PERTETA Makassar 2015

Penerbit

Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin
bekerjasama dengan
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Prosiding Seminar Nasional
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia 2015
ISBN : 978-602-73478-0-9
© 2015 Panitia Seminar Nasional PERTETA Makassar 2015

Penyusun : Panitia Seminar Nasional PERTETA Makassar 2015

Tim Penyunting :
Dr. Iqbal, STP, M.Si.
Muhammad Tahir Sapsal., STP. M.Si
Samsuar, STP, M.Si
Nursadrina, STP, M.Si

Penerbit :
Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin dan Perteta Cab.
Sulselbar
Kampus Unhas Tamalanrea, Jalan Perintis Kemerdekaan km. 10,
Makassar 90245
Telp/fax . (0411) 586014
e-mail : nsaemakasar@gmail.com
website: <http://tekpert.unhas.ac.id/>

Buku ini dilindungi oleh undang-undang hak cipta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala nikmat yang telah dilimpahkan kepada kita semua sehingga kegiatan Seminar Nasional PERTETA 2015 dapat terselenggara. Seminar Nasional Teknik Pertanian merupakan kegiatan rutin Perhimpunan Teknik Pertanian (PERTETA) Indonesia. Kegiatan ini dimaksudkan sebagai wadah penyebarluasan informasi hasil penelitian, ajang pertemuan ilmiah para peneliti, dan sarana tukar informasi di kalangan peneliti dan masyarakat. Buku Prosiding ini berisikan kumpulan makalah peserta seminar yang dipresentasikan pada Seminar Nasional PERTETA 2015 di Makassar.

Kegiatan Seminar Nasional PERTETA 2015 yang diselenggarakan di kampus Universitas Hasanuddin Makassar mengangkat tema “Peran PERTETA Dalam Mendukung Swasembada Pangan Nasional 2017”. Tema ini sangat relevan dengan program pemerintah Republik Indonesia dalam upayanya untuk berswasembada pangan di tahun 2017.

Seminar Nasional PERTETA 2015 diikuti oleh peserta dari kalangan peneliti, akademisi, praktisi, pengambil kebijakan, dan mahasiswa yang berasal dari berbagai provinsi di Indonesia. Semoga hasil penelitian yang dipresentasikan pada seminar ini dapat memberikan kontribusi terhadap kemajuan bidang pertanian guna mewujudkan swasembada pangan nasional pada tahun 2017. Semoga Seminar Nasional PERTETA 2015 di Makassar dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Makassar, 5 Oktober 2015

Panitia Semnas PERTETA 2015

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Hak Cipta	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
 Makalah Seminar Nasional PERTETA Makassar 2015	
 ALAT DAN MESIN PERTANIAN (AMP)	
Kinerja Pengering Pati Sagu Model <i>Agitated Fluidized Bed</i> Bertenaga Listrik Dan Biomassa (Abadi Jading ,,et al)	1
Pengembangan Mesin Pengupas Kopi Dengan Adjustable Clearance Dan Spesifik Groove Silinder Pengupas Di Desa Kelaisi, Pulau Alor, Nusa Tenggara Timur (Arustiarso , Puji Wdodo , dan Atika Hamaisa)	6
Implementasi Total Productive Maintenance Untuk Analisis Efektifitas Mesin Penggiling Tebu Pada Pg Jatitujuh, Majalengka (Wahyunanto A. Nugroho , Bambang D. Argo ² dan Agus Jiwantoro)	12
Penentuan Kedalaman Bajak Lorong Pada Pembuatan Saluran Pengatus Dangkal Di Lahan Sawah (Bambang Purwantana ,,et al)	22
Karakteristik Pengeringan Krosok Edamane (<i>Glycine Max (L) Merril</i>) Dalam Mesin Pengering Tipe Bak Skala Produksi Dengan Bahan Bakar Kayu (Edy Suharyanto dan Lutfi Anggi Trihidayat)	33
Rancang Bangun Reaktor Ultrasonik Untuk Produksi Pupuk Cair Berukuran Nano (Yusron Sugiarto , Aginta Friska, Reinhardt A.)	48
Pengukuran Antropometri Tubuh Manusia Dengan Mempergunakan Metode Golden Ratio (Indah Widanarti dan Yosefina Mangera)	56
Rancangan Penyimpanan Produk Hortikultura Segar Dengan Suhu Dan Rh Terkontrol (Kartika ,Sandra Malin Sutan , dan Sadam Febrianto)	63
Torsi Pemoangan Tunggul Tebu Pada Berbagai Sudut Kemiringan Pisau Piring Tipe Coak Dan Tipe Rata (Lisyanto)	76
Modifikasi Dan Kinerja Mesin Pengupas Kulit Bawang Tipe Vakum-Pneumatik (M Ade M. Kramadibrata , Totok Herwanto, Ardhany Prima Darwin)	83
Pengembangan Desain Penepung Bola Untuk Penepungan Porang (<i>Amorphophallus Muelleri</i> Blume) (Mochamad Bagus Hermanto , Simon Bambang Widjanarko, Wahyono Suprpto, Agus Suryanto)	92
Mesin Pemilah (<i>Grader</i>) Buah-Buahan Dan Umbi-Umbian Berdasarkan Berat (Sandra Malin Sutan dan Kartika)	101

Uji Kinerja Bajak Piring Pada Lahan Tadah Hujan (Muhammad Zainal Arifin , Iqbal , Suhardi)	114
Rancangan Alat Panen Dengan Pemungut Gabah Sistem Sedot Mekanis (Zaimar , Reta dan Muhammad Fitri)	122
Pengaruh Bahan Organik Terhadap Pematatan Tanah Dan Produksi Tanaman Tebu Pada Lahan Kering (Iqbal)	133
Kinerja Hasil Modifikasi Prototipe Mesin Ekstraksi Pati Sagu Tipe Rotary Blade Bertenaga Motor Bakar (Wilson Palelingan Aman , Darma, P. Istalaksana, S.M. Sho'Imah)	143
Rancangan Alat Tanam Benih Kacang Kedelai Yang Terintegrasi Dengan Insektisida Granuler (Rahmat Ahmad , Iqbal , Abdul Waris)	155
Uji Kinerja Mesin Pengering Benih Edamame (<i>Glycine Max (L) Merril</i>) Tipe Bed Skala Produksi Dengan Bahan Bakar Kayu (Edy Suharyanto)	163
Pemrograman Otomasi Sistem Kemudi Untuk Traktor 4 Roda (Muhammad Sjahrul Annas)	174
Disain Tungku Biomasa Untuk Pengolahan Beras Pratanak Terintegrasi Dengan Penggilingan Padi Kecil (Rokhani Hasbullah., et. al)	184
Modifikasi Mesin Penghancur Sisa Tanaman Untuk Menghancurkan Pelepah Kelapa Sawit (Tri Tunggal , Tamaria Panggabean , dan Hilda Agustina)	195
Rancang Bangun Sistem Trek Metal Untuk Transporter Tbs Sawit Fastrex CT02 (Desrial dan Ruli Adi Setiawan)	203
Pengembangan Reaktor Biodiesel Dengan Sistem Elektrokoagulasi Pada Proses Pemisahan Biodiesel Dengan Gliserol (Sri Markumningsih , Bambang Purwantana, Mradipta Nindya Tama)	213
Modifikasi Unit Pengumpan Untuk Mesin Grading Tomat 3 Jalur (Totok Herwanto , Muhammad Saukat , Tantan Hadiansyah)	225
PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN (PPHP)	
Pengaruh Suhu Udara Inlet Dan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Sifat Fisik Bubuk Jeruk Nipis (<i>Citrus Aurantifolia</i>) Dengan Spray Dryer (Joko Nugroho W.K. , Dewi Kusumaningrum, Nursigit Bintoro)	239
Pengaruh Lama Pengenaan Dan Frekuensi Pada Susu Kambing Etawah Menggunakan Pef Tipe Kontinyu (Dina Wahyu Indriani , Utami Ardini, Sumardi Hadi Sumarlan)	254
Pengolahan Serat Batang Tembakau Sebagai <i>Soundproofing Material</i> : Alternatif Penanggulangan Limbah Batang Tembakau (Dimas Firmanda Al Riza., et. al)	262
Pengaruh <i>Degreening</i> Terhadap Perubahan Warna Kulit Jeruk Siam Jember (Nurfitri Ramadhani , Y. Aris Purwanto, dan Roedhy Poerwanto)	268

Pembuatan Bumbu Bubuk Kari Dari Daging Dan Kulit Biji Buah Kluwak (Mulyati M Tahir , Andi Mariska Ufti)	280
Studi Disain Kemasan Dan Pendugaan Waktu Kadaluwarsa Produk Abon Ikan Menggunakan Pendekatan <i>Accelerated Storage Studies</i> (Rindam Latief)	291
Model Matematika Perubahan Kadar Air Pasta Ubijalar Dalam Pengerinan <i>Drum Dryer</i> Bermedia Air Panas (Devi Yuni Susanti , Joko Nugroho Wahyu Karyadi and Pristyaningtyas Leonita)	298
Pemetaan Profil Lemak, Polifenol Dan Asam Lemak Dari Biji Kakao (<i>Theobroma Cacao. L.</i>) Di Sulawesi Barat (Jumriah Langkong., et. al)	309
Karakteristik Mekanik Plastik <i>Biodegradable</i> Berbahan Ubi Garut (<i>Marantha Arundinacea L.</i>) Menggunakan Gliserol (Musthofa Lutfi , Sumardi Hadi Sumarlan, Wartiwan, Masrurroh)	318
Kajian Suhu Ekstraksi Pada Proses Pembuatan Oleoresin Cabai Merah (<i>Capsicum Annum L.</i>) (Sarifah Nurjanah., et. al)	326
Karakterisasi Ekstrak Etanolik Daun Sirih Merah (<i>Piper Crocatum</i>) (Shinta Rosalia Dewi., et. al)	338
Studi Karakteristik Pengerinan Vakum Buah Belimbing (<i>Averrhoa Carambola L.</i>) Dengan Pra-Perlakuan Dehidrasi Osmosis (Rini Yulianingsih dan Supriyono)	348
Uji Organoleptik Produk Ekstrak Keringmarkisahasil Pengerinan Beku (Ansar)	356
Analisis Laju Perubahan Kadar Air Irisan Buah Nanas Pada Proses Dehidrasi Osmotik (A. Wulandari, Hanim Z. Amanah , Joko Nugroho)	362
Karakteristik Pengerinan Biji Kopi Menggunakan <i>Rotary Dryer</i> (Hanim Z. Amanah , Pandu Y. Prawira, Sri Rahayoe)	377
Inovasi Olahan Pangan Kesehatan Berbasis Ikan Gabus (<i>Channa Striata</i>)(Review) (Abu Bakar Tawali)	389
Pengaruh Penyimpanan Benih Sistem Hermetis Terhadap Daya Kecambah Dan Tingkat Serangan Hama Di Lahan Pasang Surut (Budi Raharjo., et. al)	395
Produksi Sirup Glukosa Dari Tapioka Secara Semi Kontinyu Dengan Imobilisasi Enzim Amiloglukooksidase Dan Pullulanase Pada Matriks Zeolit (Amran Laga., et. al)	402
Pengaruh Kondisi Proses Ekstraksi Karaginan Dihilkan Dengan Menggunakan Pemanas Ohmik (Supratomo dan Salengke)	411
Analog Bakso Sehat Dari Protein Kacang Merah (<i>Phaseolus Vulgaris L.</i>) (H. Jalil Genisa)	419

Kajian Sederhana Populasi Bakteri Asam Laktat Selama Fermentasi Cabe Secara Spontan (Maryati Bilang)	431
Uji Kimia Dan Kestabilan Isoflavon Susu Kedelai Bubuk Yang Diproses Dengan Pengeringan Beku Dan Vakum (Zainal, Wildan Erfandi Rahman, dan Salengke)	442
Analisa Mutu Biji Kopi Arabika Malakaji Berbasis Teknologi Ohmic (Reta)	453
Pengaruh Jenis Adsorben Dan Waktu Perendaman Pada Proses Pemurnian Bioetanol (I Wayan Arnata dan I Wayan Gede Sedana Yoga)	457
Kajian Fitokimia Pada Minyak Biji Carica Dieng (<i>Carica Candamarcensis Hok</i>) Sebagai Alternif Minyak Makan (Dewi Larasati)	465
Pengaruh Lama Pengeringan Daun Salam Terhadap Rendemen Dan Komponen Minyak Daun Salam (Ery Pratiwi)	471
Pembuatan Keju Dan Yogurt Dari Susu Sapi Afkir Menggunakan Bakteri <i>Indigenous</i> (Wiludjeng Trisasiwi., et. al)	476
SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN (SAL)	
Analisis Korelasi Antara Suhu Permukaan Laut Dan Indeks Osilasi Selatan Dengan Curah Hujan Musiman Di Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Yogyakarta (Putu Sudira, Bayu Dwi Apri Nugroho, Ahmad Denim)	482
Pengembangan Modul Padi Sawah Untuk Analisis Hasil Air (<i>Water Yield</i>) Menggunakan <i>Swat</i> (Asep Sapei., et. al)	498
Konservasi Tanah Dengan Sawah Berpetak Di Lahan Rawa Lebak (Edward Saleh dan M. Umar Harun)	508
Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>) Untuk Memprediksi Kejadian Erosi (Estri Pamungkasih., et.al)	514
Penerapan Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pengeringan Kakao (<i>Theobroma Cacao L.</i>) (Bambang Purwantana., et.al)	527
Pengembangan Telemetry Ketinggian Permukaan Air Pada Sungai Ta'deang Kab. Maros (Suki Mariadi, Iqbal, Muhammad Tahir Sapsal)	540
Sistem Telemetry Pemantau Kualitas Air Tambak (Ariesman, Ahmad Munir dan Sitti Nur Faridah)	553
Konsep Modernisasi Irigasi Indonesia (Sigit Supadmo Arif., et.al)	563

“Sensoram” Inovasi Sensor Kadar Garam Di Udara Dengan Metode <i>Electrical Conductivity</i> Untuk <i>Early Warning Irrigation System</i> Pada Pertanian Lahan Pantai (Fathi A Rizqi., et.al)	580
Inovasi Sosial Pada Kegiatan Operasi Dan Pemeliharaan Irigasi: Studi Kasus Gerakan Irigasi Bersih Di Bantul, DIY (Dede Sulaeman, Sigit Supadmo Arif dan Sudarmadji)	589
Strategi Peningkatan Penghidupan Berkelanjutan Sebagai Dampak Deforestasi Dan Degradasi Lahan Di Bantul (Studi Kasus Desa Selopamioro) (Rizki Maftukhah, Sigit Supadmo A, dan Murtiningrum)	602
Pra-Pengolahan Air Baku Dengan Proses Biofiltrasi Untuk Penyisihan Bahan Organik Dan Amonium Dalam Air Baku (Suprihatin, Muhammad Syifa, dan Mohamad Yani)	611
Studi Tentang Pemisahan Aliran Dasar: Perbandingan Metode Grafis Dan Filter (Indarto., et. al)	622
Penentuan Strategi Pelaksanaan Pengelolaan Irigasi Dengan Metode <i>SWOT Balanced Scorecard</i> (Murtiningrum., et.al)	640
Efisiensi Penyisihan Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>) Pada Aliran Kontinu (Rusnam, Efrizal dan Suarni)	650
Sebaran Dan Frekuensi Kemunculan Burung Elang Sulawesi (<i>Spizaetus (Nisaetus) Lanceolatus</i>) Di Hutan Pendidikan Unhas (Amran Achmad., et.al)	661
Sudut Horizontal Sudu-Sudu Terhadap Arah Aliran Air Pada Kincir Air Irigasi (Mohammad Agita Tjandra dan Meza Eka Putri)	669
Aplikasi Irigasi Tetes Pada Tanaman Holtikultura (Sitti Nur Faridah)	676
Kajian Fluktuasi Debit Sungai Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Model Mwsat Pada Das Citarum Hulu (Nora H. Pandjaitan., et.al)	682
Studi Potensi Pemanenan Air Hujan Di Kampus Unpad Kawasan Jatinangor (Sophia Dwiratna NP., et.al)	697
Residu Pestisida Jenis Paraquat Dalam Biji Kakao Asalsulawesi Barat Dan Tenggara (Suprpti)	708
Pola Penyebaran Panas Air Limbah PLTU Nii Tanasa, Kendari (Totok Prawitosari)	717
BUDIDAYA PERTANIAN (BP)	
Penerapan Sri Dan Sistem Tanam Jajar Legowo Pada Budidaya Padi Beras Merah Di Subak Suala, Desa Pitera, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Bali (Sumiyati., et.al)	727

Kajian Mutu Dan Keamanan Produk Sayuran Segar Di Sumatera Selatan (Renny Utami Somantri , Budi Raharjo dan Syahri)	736
Overview: Residu Pestisida Pada Buah Cabai Akibat Penggunaan Pestisida Yang Kurang Tepat (Kasus: Desa Tanjung Baru Kec. Indralaya Utara Kab. Ogan Ilir, Sumatera Selatan) (Syahri , Budi Raharjo dan Sri Harnanik)	748
Penerapan Aeroponik Dan Floating Hydroponic System Pada Budidaya Baby Kailan Dengan Variasi Electric Conductivity (Ec) (Eni Sumarni , Ardiansyah, Krissandi Wijaya)	761
Pendugaan Hasil Panen Padi Menggunakan Analisis <i>Image Processing</i> (Made Anom Sutrisna Wijaya , Made Arya Bhaskara Putra, I dan Yohanes Setiyo)	769
Economic Study On Rice Production In Vietnam And Indonesia (Takeo Matsubara)	783
Kajian Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus Tricolor</i>) Dan Iklim Mikro Di Rumah Kaca (Edy Suryadi , Chay asdak , Rosi Siti Nurjanah)	795
Prediksi Cuaca Menggunakan Model Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Backpropagation Di Kabupaten Maros (Ainun Ayu Lestari , Ahmad Munir, Suhardi)	806
Modifikasi Program Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Tingkat Kenyamanan Anak Ayam (M. Muhaemin., et.al)	819
Analisis Keseimbangan Energi Pada Rumah Kaca Berventilasi Alami Yang Menggunakan Sistem Pendinginan Pengabutan (Handarto., et.al)	826
Prediksi Dan Simulasi Perubahan Iklim Pada Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model Jaringan Syaraf Tiruan (Hermantoro , Slamet Suptayogi dan Ari Astuti)	834
ENERGI ALTERNATIF DAN TERBARUKAN (EAT)	
Pemisahan Fosfolipid Dari Minyak Jagung Sebagai Bahan Baku Biodisel Menggunakan Membran Ultrafiltrasi (Yusuf Wibisono , Richard Q. Chu, Tsair Wang Chung)	840
Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Tipe <i>Down Draft</i> (Siswoyo Soekarno dan Tasliman)	847
Daya Tahan berbagai Bentuk Formulasi Pellet sebagai suplemen predator <i>Coccinella</i> sp. untuk Pengendalian Hama Wereng Padi (Nurariaty Agus., et.al)	853

SAL-11
PRA-PENGOLAHAN AIR BAKU DENGAN PROSES
BIOFILTRASI UNTUK PENYISIHAN BAHAN ORGANIK
DAN AMONIUM DALAM AIR BAKU

Suprihatin^{1*}, Muhammad Syifa¹, dan Mohamad Yani¹

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor (IPB)
Kampus IPB Darmaga, PO. Box 220, Bogor

*Penulis Korespondensi, Email: suprihatin@indo.net.id

ABSTRAK

Limbah dari kegiatan pertanian, bersama dengan limbah dari kegiatan industri dan domestik, menimbulkan pencemaran air sungai, mengganggu kesetimbangan ekosistem perairan, serta mengganggu estetika dan kesehatan manusia. Usaha untuk mengendalikan pencemaran tersebut hingga kini belum berhasil, bahkan air sungai tercemar tersebut di beberapa daerah digunakan sebagai air baku dalam penyediaan air bersih. Kondisi ini menyebabkan biaya pengolahan air bersih menjadi mahal dan resiko kesehatan masyarakat meningkat. Salah satu alternatif untuk mengeliminasi polutan tersebut dari air baku adalah proses biofiltrasi, yaitu proses yang memanfaatkan mikroorganisme yang ditumbuhkan melekat pada suatu matriks padat sehingga membentuk lapisan biologis (*biofilm*). Paper ini menyajikan sebagian hasil penelitian awal tentang kemampuan sistem biofiltrasi dalam penyisihan bahan organik dan amonium dari air. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sistem biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dan limbah botol bekas AMDK (air minum dalam kemasan). Tingkat eliminasi bahan organik hingga 90% dan amonium hingga 70% dapat dicapai dengan penerapan sistem biofiltrasi, tergantung pada konsentrasi polutan dalam influen, lama waktu kontak polutan dan mikroorganisme, atau jenis media yang digunakan. Sistem biofiltrasi juga mampu menyisihkan polutan air lain, seperti padatan tersuspensi total (*total suspended solids/TSS*), kekeruhan dan warna. Penurunan kadar amonium dan kekeruhan dapat menurunkan kebutuhan bahan kimia (disinfektan dan koagulan) pada proses pengolahan air bersih selanjutnya. Selain itu, penggunaan biofiltrasi sebagai pra-pengolahan air baku juga mampu meredam fluktuasi kualitas air baku.

Kata kunci: air baku, air sungai tercemar, biofilm, penyisihan amonium, penyisihan bahan organik, sistem biofiltrasi

PENDAHULUAN

Kegiatan pertanian (*on-farm*) yang intensif berpotensi mencemari lingkungan karena penggunaan pupuk yang berlebihan atau dengan dosis yang tidak tepat. Demikian juga, kegiatan pascapanen (*off-farm*) berupa penanganan dan pengolahan hasil pertanian, peternakan, dan perikanan menghasilkan limbah

yang mengandung bahan organik dan unsur hara (nitrogen dan fosfor) dalam konsentrasi tinggi. Limbah dari kegiatan tersebut, bersama dengan limbah dari kegiatan industri dan domestik, menimbulkan pencemaran badan air, mengganggu kesetimbangan ekosistem perairan, serta mengganggu estetika dan kesehatan manusia. Di sisi lain, beberapa daerah di Indonesia mengalami permasalahan dengan semakin langkanya sumber air baku yang memenuhi persyaratan minimum air baku untuk keperluan air bersih. Sebagian daerah menggunakan air sungai tercemar sebagai air baku untuk pasokan air bersih atau air minum.

Perhatian pada kualitas air baku semakin meningkat bukan saja di Indonesia, tetapi juga di berbagai belahan dunia. Perhatian tidak hanya diberikan pada polutan-polutan yang selama ini telah dikenal bahan toksik (pestisida, logam berat), tetapi juga kandungan bahan organik dalam air baku. Bahan organik ini selain meningkatkan biaya pengolahan air bersih, juga dapat mendorong terbentuknya produk samping (*by-product*) dalam proses pengolahan air bersih yang bersifat berbahaya, seperti senyawa trihalometan (CHCl_3), yaitu senyawa karsinogenik atau senyawa yang memicu kanker (Suprihatin *et al.* 2007; Matilainen dan Sillanpää 2010; Hsu *et al.* 2011; Paune *et al.* 1998).

Teknologi biofiltrasi untuk pengolahan air sungai tercemar sebagai air baku bagi penyediaan air bersih dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi masalah tersebut. Teknologi biofiltrasi merupakan teknologi yang memanfaatkan aktivitas mikrobiologis, dimana di dalam sistem tersebut ditambahkan material padat matriks) untuk tempat mikroorganisme menempel, membentuk biofilm (*fixed growth*), dan melangsungkan proses perombakan polutan. Sistem ini memungkinkan lama waktu tinggal mikroorganisme jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lama waktu tinggal hidrolis, sehingga mikroorganisme beradaptasi dengan jenis polutan dan kondisi lingkungan dalam sistem. Kondisi tersebut meningkatkan efektivitas sistem dalam mengeliminasi berbagai jenis bahan pencemar dalam fluida baik gas maupun cair (Bever *et al.* 1995; Cohen 2001; Haseborg *et al.* 2010; Li *et al.* 2010; Huck *et al.* 2011). Perancangan sistem biofiltrasi diperlukan untuk menciptakan kondisi spesifik yang diperlukan untuk perkembangan mikroorganisme secara optimum pada permukaan material padat (media), sehingga mikroorganisme mampu merombak atau mengeliminasi bahan organik, bahan tersuspensi, dan jenis polutan terlarut lainnya. Proses tersebut termasuk dalam kategori proses biofilm, dimana pertumbuhan biomassa aktif ditentukan terutama oleh dua parameter, yaitu: i) karakter permukaan material pendukung (matriks) dan karakter mikroorganisme yang tumbuh, dan ii) ketebalan biofilm yang disuplai dengan substrat dan oksigen dari fase cair (Bever *et al.* 1995; Banjenbruch 1998; Malone dan Pfeiffer 2006). Banjenbruch (1998) melaporkan bahwa sistem biofiltrasi (salah satu sistem yang menggunakan prinsip biofilm) dapat difungsikan sebagai unit operasi untuk nitrifikasi, denitrifikasi, dan eliminasi fosfor. Sistem ini dapat dioperasikan dengan laju pembebanan volumetrik tinggi, sehingga sesuai untuk industri yang memiliki keterbatasan ketersediaan lahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dan limbah botol bekas AMDK (air minum dalam kemasan). Kemampuan sistem biofiltrasi dievaluasi dari tingkat mengeliminasi parameter fisik, amonium, dan bahan organik. Lebih lanjut, dilakukan analisis terhadap potensi manfaat teknis dan ekonomis, serta kebutuhan penelitian dan

pengembangan lebih lanjut guna penerapan sistem biofiltrasi tersebut sebagai pra-perlakuan air baku secara optimum.

BAHAN DAN METHODE

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah air baku berupa air sungai, media biofiltrasi berupa botol bekas air minum dalam kemasan (AMDK) dan pasir kuarsa, bahan kimia untuk uji pembebanan berupa amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄), dan bahan-bahan kimia untuk analisis.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini pada reaktor biofilter, pompa air, perpipaan, dan aerator. Alat-alat untuk melakukan analisis laboratorium antara lain spektrofotometer HACH, pH-meter, DO-meter, botol sampel, berbagai alat gelas seperti erlenmeyer, tabung reaksi, gelas ukur, pipet mohr, bulb, corong pemisah, pipet tetes, buret, dan sudip.

Air baku. Air baku yang digunakan untuk penelitian ini berasal air Sungai Cihideung, Kampus IPB Darmaga, Bogor. Karakteristik air baku dapat dilihat pada Tabel 1. Pada kondisi cerah kekeruhan air sungai 3 FTU, TSS 7 mg/L, warna 20 PtCo dan pH sebesar 6.26, sedangkan pada kondisi hujan nilai kekeruhan mencapai 88 FTU, TSS 77 mg/L warna sebesar 429 PtCo dan pH 6.11.

Tabel 1. Data karakterisasi fisik air baku

Kondisi	Warna (PtCo)	Kekeruhan(FT U)	TSS (mg/L)	pH
Cerah	20	3	7	6.26
Hujan	429	88	77	6.11

Operasi Sistem Biofiltrasi. Proses biofiltrasi dilakukan dengan menumbuhkan mikroorganisme secara alami pada permukaan media. Air baku dialirkan secara kontinu ke dalam sistem biofiltrasi yang berisi media pasir atau botol bekas AMDK. Waktu tinggal hidraulik diatur pada 2 (dua) jam. Proses dijalankan selama 5 (lima) minggu. Selama proses, suplai udara diberikan hingga kadar oksigen terlarut dalam isi bioreaktor sekitar 6 mg/L.

Pengambilan sampel dilakukan secara reguler pada inlet dan outlet sistem bioreaktor. Analisis laboratorium dilakukan terhadap sampel inlet dan outlet dengan metode standard APHA (2005). Parameter yang dianalisis meliputi kekeruhan, TSS, warna, senyawa organik, dan amonium. Proses degradasi polutan dikarakterisasi berdasarkan pada tingkat degradasi, dan kualitas hasil penanganan.

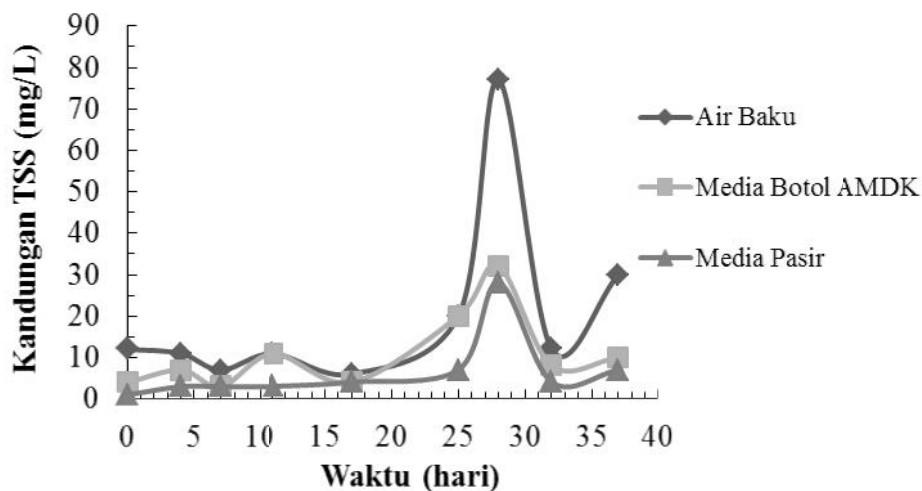
Uji pembebanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan reaksi biofilter terhadap tambahan beban. Uji pembebanan yang dilakukan adalah dengan menambahkan beban berupa amonium dengan konsentrasi tertentu. Uji pembebanan dilakukan setelah proses biofiltrasi sudah pada tahap tunak. Bahan yang mengandung amonium yang digunakan adalah amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) yang mengandung amonium yang cukup tinggi. Selama uji pembebanan, kualitas air yang masuk dan keluar sistem biofiltrasi dianalisis di laboratorium, dengan fokus pada parameter amonium dan bahan organik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyisihan Polutan Fisik

TSS dikategorikan dalam padatan sulit mengendap, dan oleh karena itu tidak dapat dihilangkan dengan pengendapan gravitasi konvensional. Parameter TSS adalah padatan tersuspensi yang dapat berasal dari tanah liat, padatan bahan organik tertentu, dan sel-sel mikroorganisme. TSS umum ditemukan di dalam air permukaan, dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar. Gambar 1 menunjukkan kadar TSS inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK dan media pasir kuarsa. Pada awal proses operasi merupakan proses pembentukan biofilm (aklimatisasi). Setelah sekitar dua sampai tiga minggu, biofilm umumnya telah terbetuk dan kondisi tunak telah tercapai. Penurunan kadar TSS terjadi karena terjadi proses eliminasi TSS menjadi bahan organik terlarut akibat proses metabolisme mikroorganisme alami (indigenous), atau akibat proses fisik yang terjadi pada media (efek filtrasi). Secara umum, sistem biofiltrasi dapat menurunkan kadar TSS, dan mempertahankannya pada tingkat kurang dari 10 mg/L. Kemampuan biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dalam mengeliminasi TSS relatif lebih besar dan stabil, karena media pasir kuarsa memiliki efek fisik (filtrasi) lebih besar dibandingkan dengan media botol AMDK bekas.

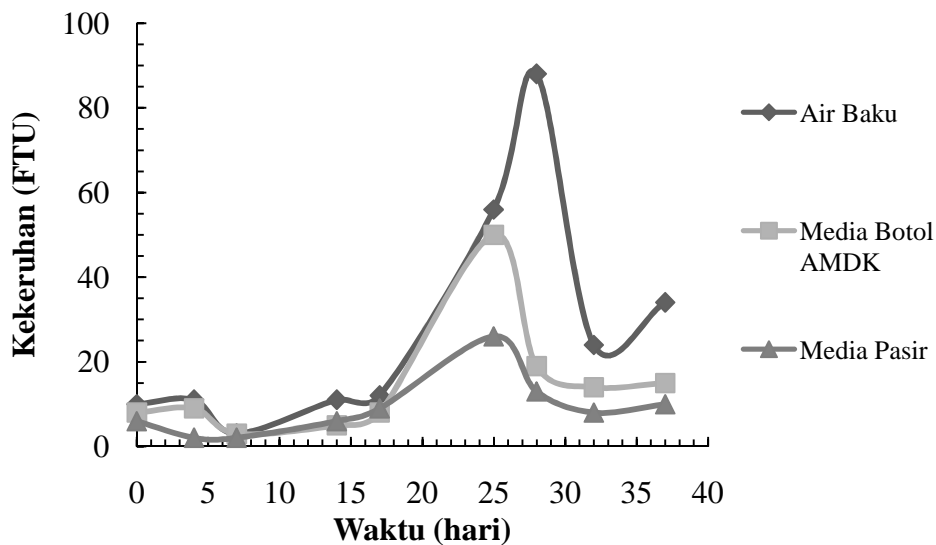
Meskipun terjadi lonjakan kadar TSS pada hari ke-27 dalam influen hingga sekitar 80 mg/L (Gambar 1).



Gambar 1. Kadar TSS inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa

Akibat masuknya air hujan ke sungai, kadar TSS dalam efluen dapat dipertahankan pada tingkat relatif rendah. Sistem biofiltrasi mampu meredam fluktuasi kadar TSS influen sistem pengolahan air bersih, sehingga fluktuasi beban instalasi pengolahan air bersih dapat direduksi dan stabilitas kualitas hasil olahan dapat dipertahankan kestabilannya, tanpa harus mengatur dosis bahan kimia (koagulan, dan disinfektan) pada proses pengolahan air bersih. Dengan kemampuan ini, sistem biofiltrasi berpotensi dapat diterapkan sebagai prapenanganan air baku pada instalasi pengolahan air bersih yang menggunakan air baku dari air sungai, terutama air sungai yang dipengaruhi oleh limpasan air hujan.

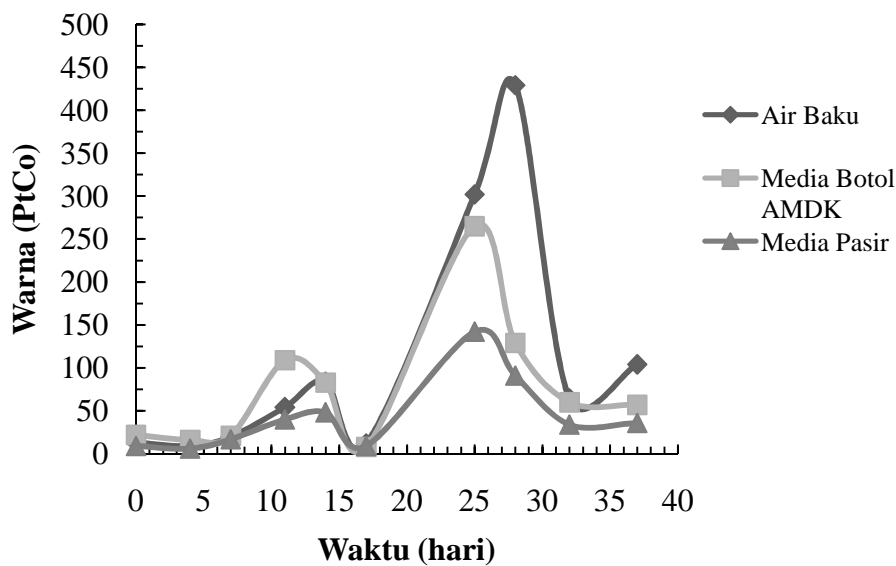
Kekeruhan merupakan karakteristik air yang terlihat pertama kali tentang kondisi air. Kekeruhan merupakan indikasi adanya TSS dalam air seperti partikel-partikel tersuspensi atau koloid seperti tanah, bahan organik terdispersi, plankton, dan bahan anorganik lainnya. Partikel tanah atau partikel anorganik lembam lainnya yang berkontribusi pada kekeruhan tidak secara langsung mengganggu kesehatan, tetapi air baku yang keruh dapat mempengaruhi operasional instalasi pengolahan air bersih dan secara tidak langsung dapat meningkatkan resiko kesehatan, jika air bersih yang dihasilkan digunakan sebagai air minum, karena kekeruhan (yang umumnya disebabkan oleh TSS) mempengaruhi efektivitas proses disinfeksi. Gambar 2 menunjukkan kekeruhan air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa.



Gambar 2. Kekeruhan air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa

Sistem biofiltrasi mampu mereduksi kekeruhan secara signifikan. Pada kondisi normal, kekeruhan air baku dapat diturunkan pada media pasir menjadi sekitar 10 FTU untuk biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dan sekitar 15 FTU untuk biofiltrasi media botol AMDK bekas. Sistem biofiltrasi juga mampu meredam fluktuasi kekeruhan influen sistem pengolahan air bersih, sehingga fluktuasi beban instalasi pengolahan air bersih dapat direduksi dan stabilitas kualitas hasil olahannya dapat dipertahankan.

Warna dalam air disebabkan oleh bahan organik terlarut. Bahan terlarut tersebut sering berasal dari hasil proses pembusukan vegetasi. Contoh bahan terlarut hasil pembusukan vegetasi yang dapat menyebabkan air warna adalah tanin dan fenol. Ada kalanya, warna air disebabkan oleh pertumbuhan alga atau tanaman akuatik berukuran kecil lainnya, atau bahan pewarna dari limbah industri. Warna air, misalnya yang disebabkan oleh hasil pembusukan vegetasi itu sendiri, sebenarnya tidak merugikan ditinjau dari sudut pandang kesehatan, tetapi warna dalam air menyebabkan penolakan secara estetika dan mengindikasikan bahwa air tersebut mengandung bahan-bahan terlarut dan memerlukan pengolahan dengan cara yang sesuai. Gambar 3 menunjukkan warna air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa.



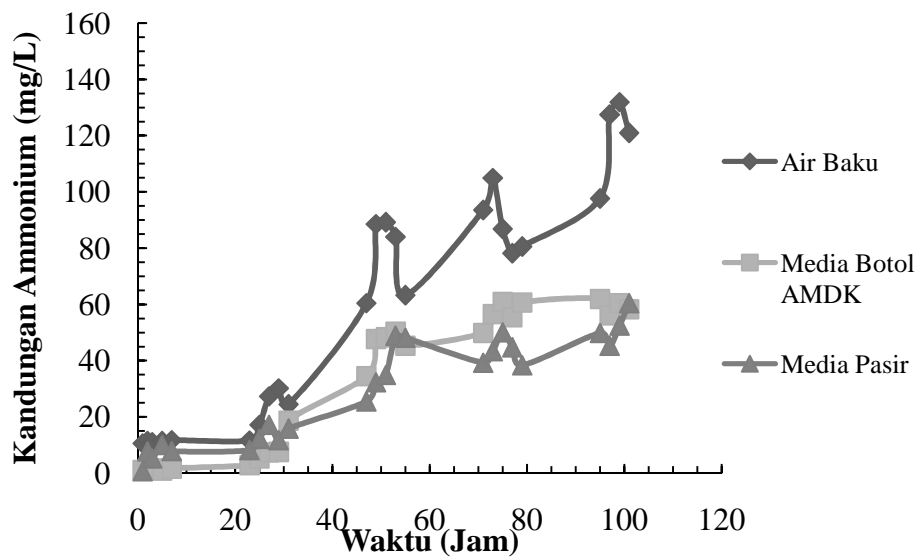
Gambar 3. Warna air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa

Seperti pada parameter TSS dan kekeruhan, sistem biofiltrasi mampu mereduksi kandungan warna dan meredam fluktuasi lonjakan warna dalam air baku.

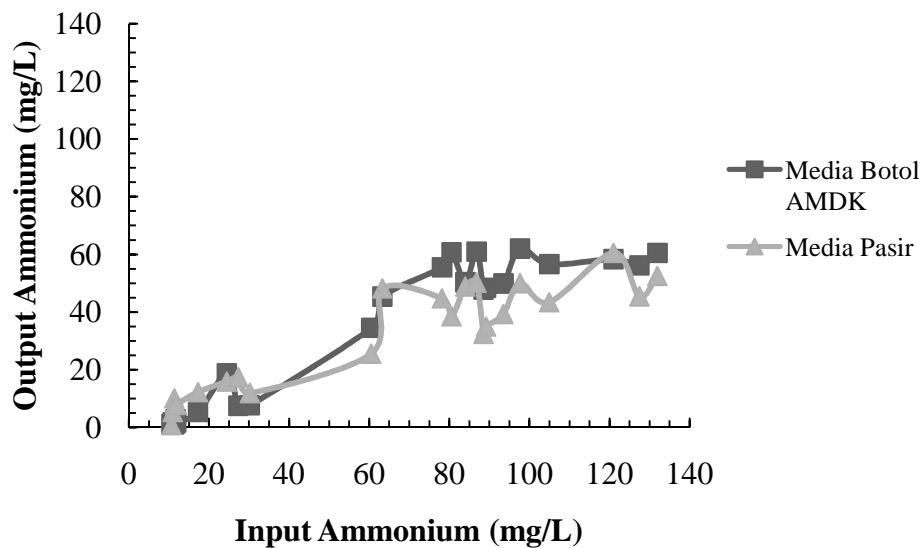
Uji Pembebanan Amonium

Salah satu keunggulan sistem biofiltrasi adalah kemampuannya dalam mengeliminasi amonium (Hsieh *et al.* 2003; Widayat *et al.* 2010). Amonium membentuk kesetimbangan dengan ammonia (NH_3). Perbandingan $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ tergantung pada pH dan temperatur. Peningkatan pH hingga di atas 7 (misalnya akibat aktivitas alga), porsi NH_3 meningkat dan dapat menyebabkan kematian hewan air (ikan) secara tiba-tiba. Oksidasi amonium (NH_4^+) menjadi nitrat (NO_3^-), sehingga amonium juga digolongkan sebagai polutan pengonsumsi oksigen. Dalam konteks pengolahan air bersih, kadar amonium (NH_4^+) dalam air baku secara prinsip tidak dapat dieliminasi dalam sistem pengolahan air bersih konvensional, sehingga amonium akan tetap tertinggal di dalam air bersih hasil pengolahan.

Uji pembebanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengeliminasi polutan yang sengaja ditambahkan ke dalam air baku yang diolah di dalam sistem biofiltrasi. Uji pembebanan dilakukan dengan menambahkan sejumlah tertentu amonium dan mengamati konsentrasi bahan tersebut di efluen sistem biofiltrasi dan menentukan tingkat eliminasi amonium pada berbagai konsentrasi amonium di influen. Gambar 4 menunjukkan konsentrasi amonium dalam inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa.



Gambar 4. Konsentrasi amonium air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa
Semakin meningkat konsentrasi amonium dalam influen, semakin meningkat pula konsentrasi amonium dalam outlet (Gambar 5).

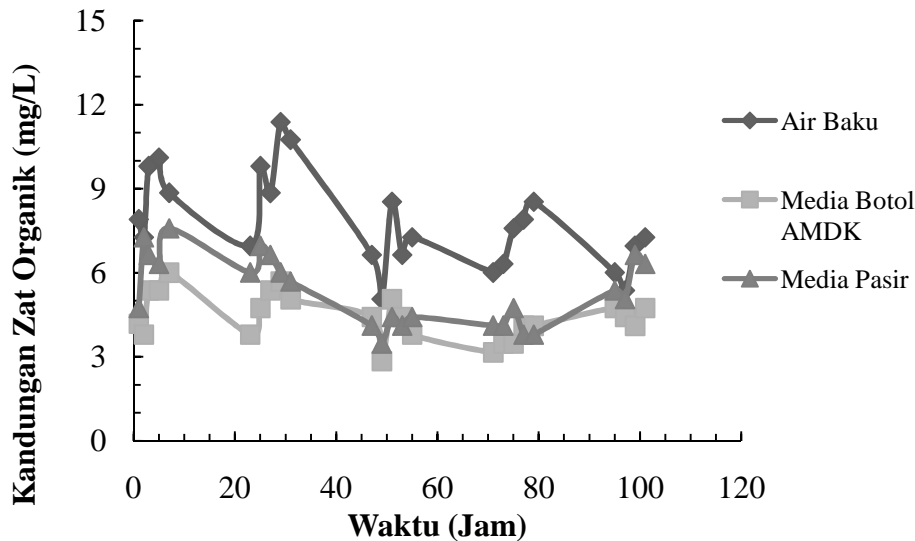


Gambar 5. Hubungan antar konsentrasi amonium air inlet dan outlet sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas dan pasir kuarsa
Secara umum, tingkat eliminasi amonium oleh sistem biofiltrasi dengan media pasir kuarsa lebih tinggi dibandingkan sistem biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas, yang ditandai dengan konsentrasi amonium dalam efluen kedua sistem biofiltrasi tersebut.

Eliminasi senyawa organik

Bahan organik dalam air baku selain meningkatkan biaya pengolahan air bersih, juga dapat mendorong terbentuknya produk samping (*by-product*) dalam proses pengolahan air bersih yang bersifat berbahaya. Selain parameter konsentrasi amonium, pada penelitian ini juga diamati kemampuan sistem biofiltrasi dalam mengeliminasi bahan organik. Senyawa organik terdiri dari

karbon, hidrogen dan oksigen. Zat organik di alam dapat dijumpai pada air permukaan dan air tanah. Senyawa organik dalam air berasal dari alam seperti minyak/lemak hewan, tumbuh-tumbuhan, dan gula; sintesa kimia seperti berbagai persenyawaan yang dihasilkan oleh industri; dan fermentasi seperti alkohol, aseton, gliserol, asam-asam organik yang berasal dari kegiatan mikroorganismenya (Metcalf dan Eddy 2003). Kandungan bahan organik dalam air baku relatif kecil, yaitu 6-12 mg/L KMnO_4 . Pengujian kandungan senyawa organik dilakukan untuk mengetahui kemampuan reaktor biofiltrasi dalam menyisihkan senyawa organik pada air baku. Data hasil pengujian senyawa organik disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kandungan senyawa organik inlet dan outlet sistem biofiltrasi. Sistem biofiltrasi mampu mengeliminasi senyawa organik. Kandungan bahan organik dalam air baku 11.4 mg/L KMnO_4 dapat direduksi menjadi 6.0 mg/L oleh biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dan menjadi 5.7 mg/L KMnO_4 oleh biofiltrasi dengan media botol AMDK bekas.

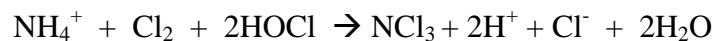
Analisis Potensi Manfaat

Sebagaimana ditunjukkan di atas, sistem biofiltrasi dapat mengeliminasi berbagai jenis bahan pencemar dalam air baku, sehingga dapat mengurangi beban unit operasi dalam sistem pengolahan air. Hal ini menurunkan biaya pengolahan air bersih, perbaikan kualitas air hasil olahan, dan penurunan resiko kesehatan masyarakat (konsumen). Sebagai ilustrasi, eliminasi bahan organik akibat pra-pengolahan dengan biofiltrasi dapat memberikan berbagai keuntungan, karena keberadaan bahan organik menyebabkan berbagai masalah dalam proses pengolahan air bersih (Matilainen dan Sillanpää 2010), yaitu: i) berpengaruh negatif pada kualitas air karena masalah warna, rasa, dan bau, ii) meningkatkan kebutuhan dosis koagulan dan desinfektan (yang di sisi lain meningkatkan produksi lumpur dan potensi pembentukan produk samping yang mengganggu, iii) mendorong pertumbuhan mikroorganismenya dalam sistem distribusi, iv) meningkatkan kompleks logam berat dan polutan organik teradsorpsi.

Selain bahan organik, berbagai jenis bahan pencemar juga dapat dieliminasi dalam sistem biofiltrasi melalui berbagai mekanisme yang terjadi,

antara lain oksidasi secara biologis oleh aktivitas mikroorganisme, absorpsi mikrobiologis, adsorpsi dan filtrasi fisik. Berbagai bahan beracun termasuk bahan yang sulit terdegradasi dapat teradsorpsi oleh lapisan biofilm dan sebagian terdegradasi atau teradsorpsi dalam biofilm yang terdiri atas berbagai macam bakteri yang telah teraklimatisasi atau beradaptasi. Bahan-bahan yang sulit atau tidak dapat tereliminasi dalam sistem pengolahan air bersih konvensional, seperti bahan organik sintetik, pestisida, logam-logam berat, logam Fe dan Mn, dapat teradsorpsi oleh lapisan biofilm. Dari uraian tersebut di atas, tergambar bahwa pra-pengolahan air baku bagi penyediaan air bersih dengan biofiltrasi akan memperbaiki kualitas air baku dan meningkatkan kualitas hasil olahan, atau dengan kata lain untuk kualitas hasil yang sama kapasitas instalasi pengolahan air bersih dapat ditingkatkan.

Sistem biofiltrasi juga menawarkan manfaat finansial. Dalam pengolahan air bersih, kadar TSS dan kekeruhan menentukan jumlah kebutuhan dosis koagulan. Semakin tinggi tingkat TSS dan kekeruhan air baku, semakin tinggi pula jumlah bahan kimia yang diperlukan untuk pengolahannya. Dengan kata lain, penurunan kadar TSS dan kekeruhan akibat perlakuan dengan sistem reaktor biofiltrasi, kebutuhan koagulan (misalnya *Poly Aluminium Chloride/PAC*) dapat dikurangi atau dihemat. Selain berdampak pada kesehatan, keberadaan amonium dalam air baku juga menyebabkan biaya pengolahan meningkat. Amonium bereaksi dengan klorin (Cl_2) pada proses desinfeksi sesuai dengan persamaan reaksi berikut:



Amonium dalam air baku dapat dioksidasi menjadi nitrat (nitrifikasi) dalam sistem biofiltrasi. Penurunan kadar amonium berarti juga menurunkan kebutuhan klorin dalam proses desinfeksi. Sesuai persamaan reaksi tersebut di atas, satu mol (18 g) amonium membutuhkan satu mol (71 g) klorin. Penurunan penggunaan klorin akan menurunkan biaya bahan kimia (disinfektan).

Dari uraian di atas, terlihat jelas bahwa baik TSS maupun amonium dalam air baku berpengaruh pada kebutuhan biaya bahan kimia. Dengan kata lain, penurunan TSS dan amonium dapat menurunkan kebutuhan bahan kimia, baik koagulan (PAC) maupun disinfektan (klorin). Namun, penelitian lebih lanjut secara komprehensif masih perlu dilakukan. Mengingat tingginya potensi manfaat pra-pengolahan air baku dengan sistem biofiltrasi, maka saat ini sedang dilakukan penelitian secara komprehensif guna mengembangkan sistem biofiltrasi untuk pra-pengolahan air baku. Pengembangan terletak di berbagai aspek, mencakup pengujian karakteristik degradasi berbagai jenis polutan (termasuk polutan non konvensional misalnya pestisida) dalam sistem biofiltrasi dengan berbagai bahan pengisi (matriks), uji stabilitas sistem terhadap peningkatan beban secara mendadak (*shock loads*), mode operasi (*upflow*, *downflow*), optimasi faktor volume relatif filter, dan penetapan nilai parameter desain dan operasi sistem biofiltrasi dengan berbagai jenis bahan pengisi yang berbeda (pasir kuarsa, plastik sarang tawon, batu vulkanik, dan plastik limbah kemasan air minum), serta analisis komprehensif aspek tekno-ekonomi.

SIMPULAN

Sistem biofiltrasi dengan media pasir kuarsa dan limbah botol bekas AMDK dapat diterapkan untuk pra-pengolahan air baku. Tingkat eliminasi bahan organik hingga 90% dan amonium hingga 70% dapat dicapai dengan penerapan sistem biofiltrasi, tergantung pada konsentrasi amonium dalam influen, lama waktu kontak antara polutan dan mikroorganisma, atau tingkat pembebanan sistem. Penggunaan sistem biofiltrasi sebagai pra-pengolahan air baku juga mampu meredam fluktuasi kualitas air baku. Kemampuan eliminasi bahan pencemar fisik (TSS, kekeruhan, warna), bahan organik, dan amonium berpotensi dapat menurunkan biaya pengolahan air bersih secara signifikan, serta mengurangi resiko kesehatan.

Pengembangan lebih lanjut proses biofiltrasi untuk pengolahan air sungai tercemar sebagai air baku dalam penyediaan air bersih masih diperlukan guna memanfaatkan keunggulan tersebut secara optimum, mencakup aspek karakteristik degradasi berbagai jenis polutan (termasuk polutan non konvensional atau polutan baru/*emerging pollutants*), uji stabilitas sistem terhadap *shock loads*, mode operasi (*upflow*, *downflow*), optimasi proses, dan penetapan nilai parameter desain dan operasi sistem biofiltrasi dengan berbagai jenis bahan pengisi yang berbeda, serta analisis komprehensif aspek tekno-ekonomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat untuk dukungan finansialnya melalui skema Hibah Kopetensi (Hikom) Tahun Anggaran 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. American Public Health Association (APHA), Washington DC
- Banjenbruch M. 1998. Stand der Biofiltration in Deutschland. *Abwassertechnik*. Helf 4/1998: 13-18.
- Bever J, Stein A., Teichmann H. 1995. *Weitgehende Abwasserreinigung*. 3.Auflage, Muencen.
- Cohen Y. 2001. Biofiltration – the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review. *Bioresour. Technol.* 77: 257-274
- Haseborg E, Zamora TM, Fröhlich J, Frimmel FH. 2010. Nitrifying microorganisms in fixed-bed biofilm reactors fed with different nitrite and ammonia concentrations. *Bioresour. Technol.* 101: 1701–1706
- Hsieh YL, Tseng SK, Chang YJ. 2003. Nitrogen removal from wastewater using a double-biofilm reactor with a continuous-flow method. *Bioresour. Technol.* 88: 107–113
- Hsu CH, Jeng WL, Chang RM, Chien LC, Han BC. 2011. Estimation of Potential Lifetime Cancer Risks for Trihalomethanes from Consuming Chlorinated Drinking Water in Taiwan. *Environ. Research, Section A* 85: 77-82
- Huck PP, Peldszus S, Halle C, Ruiz H, Jin X, Dyke V, Amy G., Uhl W, Theodoulu M and Mosqueda-Jeminez DB. 2011. Pilot scale evaluation of

- biofiltration as an innovative pre-treatment for ultrafiltration membranes for drinking water treatment. *Water Science & Technol.: Water Supply* 11(1): 23-29
- Li H, Han H, Du M, Wang W. 2011. Removal of phenols, thiocyanate and ammonium from coal gasification wastewater using moving bed biofilm reactor. Article in Press. *Bioresour. Technol.* (2011), doi:10.1016/j.biortech.2011.01.029 *Bioresour. Technol.* xxx (2011) xxx–xxx.
- Malone RF, Pfiffer TM. 2006. Rating fixed film nitrifying biofilters used in recycling aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 36: 389-409
- Matilainen A, Sillanpää M. 2010. Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes (Review paper). *Chemosphere* 80: 351–365
- Metcalf, Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th Ed. Mc.Graw Hill. Singapore.
- Paune F, Caixach J, Espadaler I, Om J, Rivera J. 1998. Assessment on the removal of organic chemicals from raw and drinking water at a Llobregat River water works plant using GAC. *Wat. Res.* Vol. 32 (11): 3313-3324
- Pleha SV. 1987. Biofiltration as 2. biologische Stufe. *Korrespondenz Abwasser* 3 (87): 230- 234
- Suprihatin, Romli M, Indrasti NS. 2007. Desinfeksi Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. *Prosiding Seminar Tjipto Utomo, Volume 5 Th 2007, Sumberdaya Alam Indonesia: Peranan Teknologi Kimia dalam Pemanfaatannya secara Berkelanjutan*. Bandung, 30 Agustus 2007
- Widayat W, Suprihatin, Herlambang A. 2010. Penyisihan amoniak dalam upaya meningkatkan kualitas air baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan proses biofiltrasi menggunakan media plastic tipe sarang tawon. *J. Air Indonesia (JAI)*, Vol. 6 (1): 65-76