

# RANCANG BANGUN MESIN PENGOLAH AIR MAMPU-PINDAH DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM MODULAR

Heri Setiawan, Adhitya Sumardi S, dan Isa Setiasyah Toha

Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung,  
Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung 40135  
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649  
Email : adhitya@e-intranet.polman-bandung.ac.id

## Abstrak

Mesin pengolah air (*water treatment*) yang dikembangkan pada penelitian ini adalah mesin dengan perangkat yang modular. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan mesin pengolah air yang mudah dipindahkan, mudah dioperasikan, mudah dalam pemeliharaannya, serta mudah dalam peningkatan/perubahan kapasitasnya tanpa harus menghentikan seluruh pasokan air yang dihasilkannya.

Sistem penyaringan yang digunakan merupakan pengembangan dari sistem penyaringan air dengan sistem *up flow* yang sudah dikembangkan oleh Badan Penelitian dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang menggunakan konstruksi bangunan sipil (beton). Pada penelitian ini, sistem penyaringan dalam bangunan sipil, diubah ke dalam sub-sub fungsi pengolah yang bersifat modular menggunakan konstruksi logam. Beberapa teknik dan parameter yang diterapkan pada sistem sebelumnya yang secara fungsi sudah teruji, masih tetap digunakan; dengan artian spesifikasi desain yang digunakan sebagian tetap mengacu pada sistem pengolahan tersebut.

Hasil dari penelitian ini adalah rancang bangun yang berupa prototipe mesin *modular water treatment* berkapasitas pengolahan 1 M<sup>3</sup> per jam. Mesin terdiri dari: modul Penyaring awal (*prefilter*), modul Pengatur dosis bahan kimia, modul Ventury, modul Pencampur statis (*static mixer*), modul Tangki reaktor, modul *Blower* untuk proses aerasi, modul Tangki Pembentuk tekanan alamiah dan modul Tangki saringan. Sub-sub fungsi modul tersebut diikatkan pada rangka sehingga instalasi tersebut menjadi kompak dan dimungkinkan untuk dijadikan sebagai mesin pengolah air yang dapat dipindahkan (*moveable*). Selain itu mesin mampu dipadukan pemasangannya pada instalasi pengolahan tetap. Hasil pengujian mesin menggunakan air baku sungai menghasilkan laju aliran sebesar 1,2 M<sup>3</sup> per jam, dengan kualitas air yang dihasilkan memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002.

**Kata kunci :** *water treatment, modular, up flow, moveable*

## 1. Pendahuluan

Sebagian besar kondisi masyarakat Indonesia masih bermasalah dengan air bersih. Masyarakat pada umumnya memanfaatkan air sumur untuk kebutuhan makan minum dan kegiatan MCK. Namun kualitas sumber air dari sumur belum sesuai dengan standar yang ada. Hal ini akan sangat mengganggu kepada kesehatan masyarakat kalau dikonsumsi secara jangka panjang dan akan mengakibatkan dampak yang buruk terhadap aspek kehidupan yang lain (ekonomi, sosial dan juga budaya) (Effendi, 2003:11).

Dalam rangka meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat mengenai kebutuhan akan air bersih, maka perlu diusahakan proses pengolahan dan pengelolaan air yang sesuai dengan karakteristik keadaan sekitar.

Karakteristik utama yang perlu diperhatikan adalah sumber air baku yang tersedia serta pemilihan teknologi yang sesuai. Begitu banyak teknologi pengolah air minum (*water treatment*) yang telah dilakukan, namun masih ditemukan bermacam kendala yang berakibat pada tuntutan perbaikan, seperti: biaya yang relatif mahal, mekanisme yang statis (diam di tempat), energi pengolahan yang besar dan lain-lain (Herlambang, 2010). Beberapa tipe pengolahan air yang teknologinya menyesuaikan dengan input air baku yang akan diolah antara lain: pengolah air laut, payau, danau, sungai dan sumur, dengan hasil keluaran yang diinginkan air bersih dan atau bahkan air minum (Said, dkk, 2005).

Salah satu teknologi pengolah air di pedesaan yang banyak diterapkan di Indonesia adalah teknologi saringan pasir lambat

(sarpalam) konvensional (aliran dari atas ke bawah, *down flow*). Teknologi sarpalam yang lebih baik adalah sarpalam *up flow* (Herlambang & Said, 2005).

Teknologi sarpalam *up flow* telah diterapkan oleh Herlambang dan Said (2005) dengan menggunakan konstruksi sipil dengan kapasitas pengolahan 100 m<sup>3</sup>/hari. Sedangkan teknologi sarpalam yang pernah diterapkan dengan konstruksi mekanik adalah teknologi sarpalam *down flow* untuk sistem penjernihan air sampai dengan siap minum yang mobil, yang dikembangkan oleh Indriatmoko & Widayat (2007). Teknologi ini menggunakan teknologi aerasi, koagulasi dan filtrasi.

Kualitas air ditentukan oleh banyak faktor, yaitu zat yang terlarut, zat yang tersuspensi, dan makhluk hidup, khususnya jasad renik, didalam air. Air murni, yang tidak mengandung zat yang terlarut, tidak baik bagi kehidupan. Sebaliknya zat yang terlarut ada yang bersifat racun. Apabila zat yang terlarut, zat yang tersuspensi dan makhluk hidup dalam air melebihi ketentuan yang berlaku, maka air tersebut disebut tercemar (Effendi, 2003).

Saat ini telah dibuat standar untuk menentukan kualitas air baik itu secara fisik, kimiawi dan biologi yang diterapkan oleh Kementerian Kesehatan R.I. dan badan kesehatan dunia (*World Health Organisation*, WHO). Berdasarkan standar tersebut, air yang layak untuk digunakan haruslah bebas dari kuman penyakit, bakteri-bakteri patogen, jernih, tidak berasa, berbau dan tidak korosif serta juga tidak meninggalkan endapan pada jaringan distribusi yang dilaluinya.

Dalam usaha mendapatkan kuantitas dan kualitas air bersih yang memenuhi standar, diperlukan mesin pengolah, baik itu berupa proses kimia atau dengan metoda penyaringan dengan media pasir silika, pasir zeolit atau karbon aktif. Melihat pada beragamnya kondisi dan kapasitas air baku yang tersedia, serta beragam topografi dan kemudahan akses, maka diperlukan pengembangan dari instalasi/mesin yang sudah ada menjadi sebuah mesin pengolah air yang dapat menghasilkan air bersih dengan desain yang modular, mudah pengoprasiannya dan relatif murah, serta fleksibel dalam artian mudah dipindahkan, mudah dipasang, mudah ditingkatkan

kapasitasnya dan mudah dalam pemeliharaannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun mesin pengolah air yang mudah dipindahkan, mudah dioperasikan, mudah dalam pemeliharaannya, serta mudah dalam peningkatan/perubahan kapasitasnya tanpa harus menghentikan seluruh pasokan air yang dihasilkannya. Hasil dari penelitian adalah mesin pengolah air bersih mampu-pindah dengan menggunakan sistem modular.

## 2. Sistem Pengolah Air Bersih "*Up Flow*"

Pada dasarnya, sistem pengolah air terdiri dari (*Ministry Of Environment And Forests Of India*, 2011): penyaring awal, aerasi, *mixing*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi. Teknologi yang digunakan pada proses filtrasi salah satunya adalah teknologi saringan pasir lambat.

Teknologi saringan pasir lambat yang banyak diterapkan di Indonesia biasanya adalah saringan pasir lambat konvensional dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*) (Said, dkk, 2005), sehingga jika kekeruhan air baku naik, terutama pada waktu hujan, maka sering terjadi penyumbatan pada saringan pasir. Hal ini berakibat pada adanya keperluan pencucian secara manual dengan cara mengeruk media pasirnya dan dicuci, setelah bersih dipasang lagi seperti semula, sehingga memerlukan tenaga yang cukup banyak. Ditambah lagi dengan faktor iklim di Indonesia yakni adanya musim hujan yang menyebabkan tingkat kekeruhan air baku yang ada menjadi sangat tinggi. Hal inilah yang sering menyebabkan saringan pasir lambat yang telah dibangun kurang berfungsi dengan baik, terutama pada musim hujan.

Jika tingkat kekeruhan air bakunya cukup tinggi, maka agar beban saringan pasir lambat tidak terlalu besar, maka perlu dilengkapi dengan peralatan pengolahan pendahuluan misalnya bak pengendapan awal atau saringan *up flow* dengan media kerikil atau batu pecah (*split*), dan pasir kwarsa / silika. Selanjutnya dari bak saringan awal, air dialirkan ke bak saringan utama dengan arah

aliran dari bawah ke atas (*up flow*). Air yang keluar dari bak saringan pasir *Up Flow* tersebut merupakan air olahan dan di alirkan ke bak penampung air bersih, selanjutnya didistribusikan ke konsumen dengan cara gravitasi atau dengan memakai pompa.

Pemeriksaan kualitas air dilakukan terhadap parameter-parameter penting yang dapat menggambarkan karakteristik dari kualitas air. Parameter-parameter yang biasanya diukur adalah (Indriatmoko dkk, 2007): kekeruhan, warna, pH, zat besi, detergen dan zat organik.

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*Nephelo metrix Turbidity Unit*). Kekeruhan ini disebabkan oleh zat-zat tersuspensi (tidak larut) dengan ukuran partikel antara ukuran koloid sampai ukuran partikel lumpur kasar (Skima, 2008).

Warna air dapat ditimbulkan oleh kehadiran bahan-bahan tersuspensi yang berwarna dan oleh ekstrak senyawa organik serta tumbuh-tumbuhan. Warna dalam air dibedakan atas: warna sejati (*true color*), yaitu warna yang berasal dari penguraian zat organik alami yaitu zat humus (asam humus dan asam flufik), lignin; dan warna semu (*apparent color*), yaitu warna yang disebabkan oleh partikel-partikel penyebab kekeruhan (tanah, pasir, dll) (Skima, 2008).

Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efisiensi klorinasi. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi efisiensi proses pengolahan air (Skima, 2008).

Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi, serta mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang relatif rendah. Hal ini menyebabkan konsentrasi besi dan mangan yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Skima, 2008).

Detergen mengandung surfaktan yang bersifat toksik jika tertelan. Limbah detergen banyak berasal dari buangan domestik, misal: air bekas mandi, cuci pakaian, perabot rumah tangga, buangan industri tekstil (Skima, 2008).

Zat organik adalah senyawa yang terdiri dari atom C,H,O,N,S,P dan X, dengan atom karbon sebagai tulang punggungnya, dan atom lain akan berikatan dengan atom karbon. Keberadaan zat organik di dalam air menyebabkan kekeruhan dan warna. Selain itu dapat mengakibatkan kondisi septik di dalam air (Skima, 2008).

### 3. Metodologi

Penelitian ini melakukan proses perancangan dan pembuatan prototipe mesin pengolah air bersih sistem modular. Penelitian difokuskan pada penyempurnaan dari hasil penelitian sebelumnya, yaitu pada konsep rancangan dan jenis teknologi yang digunakan. Penyempurnaan rancangan dilakukan terutama pada hal mengatasi masalah-masalah kualitas air yang sangat berhubungan dengan teknologi proses, laju aliran air yang menentukan kapasitas produksi pengolahan air berupa debit dan juga dari segi rancang bangun untuk mencapai tujuan yang diinginkan yaitu berbentuk modular. Modularitas yang dimaksud tidak hanya pada unit keseluruhannya, tetapi juga pada setiap fungsi bagiannya agar mudah untuk dilepas pasang dari instalasi keseluruhan.

Untuk mengurangi aktifitas manufaktur dan meminimalkan biaya yang digunakan, instalasi mesin pengolah ini banyak menggunakan *part* standar termasuk didalamnya adalah tangki untuk tempat terjadinya flokulasi dan sedimentasi, *ventury*, alat pengatur dosis dari perpaduan pipa PVC, *static mixer*, *prefilter* dan juga *blower* untuk proses aerasi.

### 4. Rancang bangun Mesin Pengolah Air yang dikembangkan

Mesin pengolah air yang dikembangkan terbagi menjadi beberapa fungsi / bagian, dimana masing-masing fungsi / bagian mempunyai kekhususan fungsi dan merupakan kesatuan tersendiri yang mampu dibongkar pasang dengan tidak mengganggu fungsi / bagian yang lain. Hubungan satu dengan yang lainnya membentuk satu kesatuan sistem pengolah air bersih, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Fungsi bagian tersebut terdiri dari:

**(1) Penyaring awal (*prefilter*)**

Dibuat sebagai penyaring awal dimana biasanya kualitas masukan air baku sangat keruh. Penyaring awal ini didesain mempunyai fasilitas *backwash* secara mandiri disaat media penyaring berupa lapisan pasir kasar sudah mengalami kejenuhan. Tujuan dari penyaringan awal ini adalah untuk menghilangkan partikel kasar yang akan berguna meringankan proses berikutnya.

**(2) Pengatur dosis bahan kimia (*chemical dosing*)**

Zat kimia yang digunakan adalah PAC (*Poly Aluminium Carbonat*), Kaporit dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dimasukan ke dalam instalasi untuk dicampur dengan air baku dengan dosis tertentu. Ukuran dosis masing-masing zat kimia mengikuti hasil uji jar tes yang biasa dilakukan sebelum air baku dimasukan dan diolah di dalam instalasi pengolah air.

**(3) Venturi**

Berfungsi untuk menghisap ketiga jenis cairan kimia di dalam jerigen ke dalam air baku yang dipompakan kedalam instalasi pengolah air yang selanjutnya akan masuk ke dalam *static mixer* untuk dilakukan proses pengadukan.

**(4) Pencampur statis (*static mixer*)**

Pencampuran antara air baku dan cairan kimia dilakukan oleh alat ini. Alat ini bisa mencampur air baku dan cairan kimia secara merata dengan *gradient* kecepatan tertentu.

**(5) Tangki reaktor**

Dibuat sebagai tempat terjadinya flokulasi dan sekaligus sedimentasi. Proses ini berguna untuk menunjang proses berikutnya yaitu filtrasi.

**(6) Tangki pembentuk tekanan alamiah**

Dibuat untuk membentuk ketinggian air yang berguna untuk penghasil tekanan pada tangki berikutnya.

**(7) Blower untuk proses airasi**

Air yang terpancar oleh *shower* di dalam tangki ditiup oleh sebuah *blower* untuk memasukan udara kedalam air, proses ini berguna untuk mengurangi partikel besi (Fe), mangan (Mn) dan untuk pengkayaan oksigen pada air olahan.

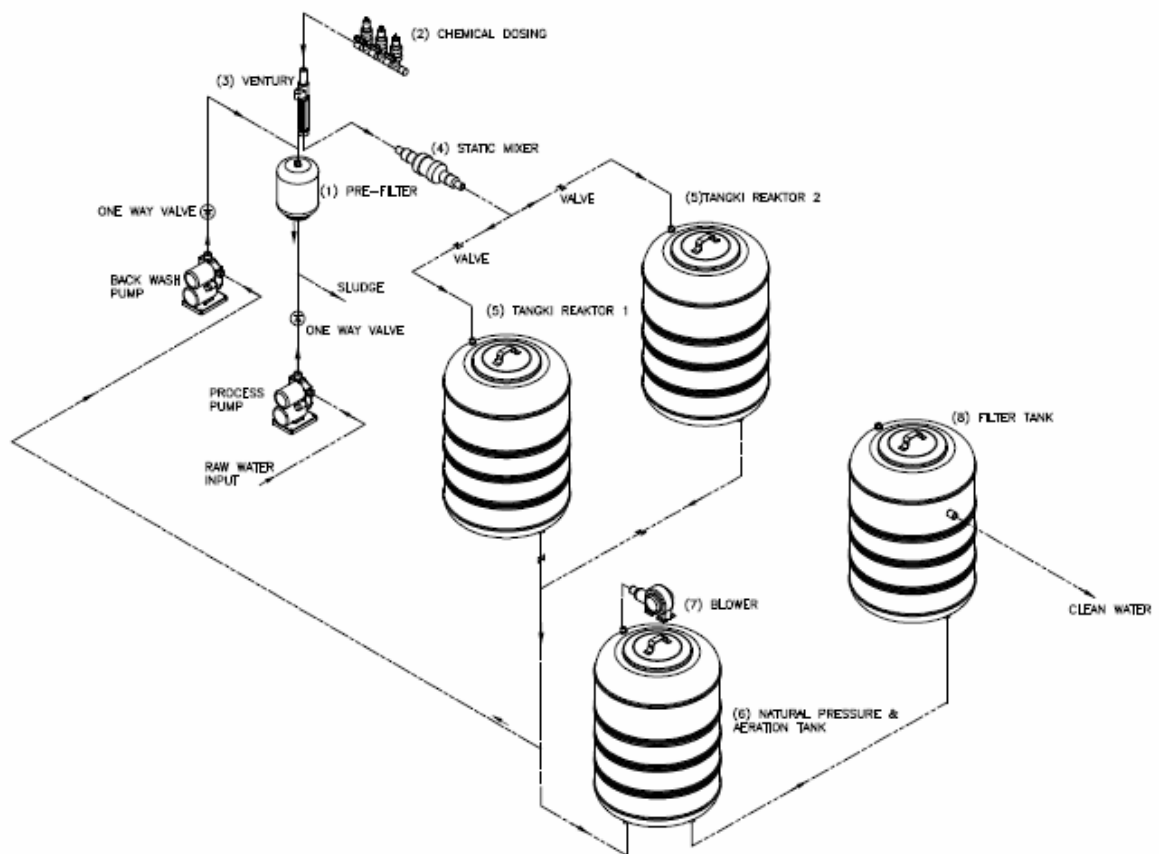
**(8) Tangki saringan**

Tangki saringan berisi pasir silika dan zylolit berguna untuk mengurangi tingkat kekeruhan, kadar Fe, Mn, Zn, sedangkan karbon aktif berfungsi untuk penghilang bau, warna, dan rasa. Aliran proses pengolahan dari bawah ke atas (*up flow*) terjadi pada tangki ini, dimana tekanan secara alamiah didapat dari tangki sebelumnya.

**Prinsip Kerja**

Untuk mengolah air baku sungai menjadi air bersih, proses pengolahannya adalah sebagai berikut:

Air dari sungai dipompa melalui sebuah penyaring awal (1) ke dalam instalasi mesin, dan diinjeksi dengan larutan PAC (*Poly Aluminium Carbonat*), kaporit dan soda abu yang diaduk menggunakan *gradien* kecepatan tinggi oleh *static mixer* (4), kemudian dialirkan ke tangki reaktor (5). Proses penarikan bahan-bahan kimia tersebut menggunakan sebuah venturi (3) yang digabungkan fungsinya dengan sebuah *chemical dosing* (2). Dari tangki reaktor, air dialirkan ke tangki pembentuk tekanan alamiah (6) yang sekaligus di lakukan proses airasi oleh sebuah *blower* (7). Berikutnya adalah proses penyaringan oleh *filter tank* (8) secara *up flow* untuk menyaring oksida besi atau oksida mangan yang terbentuk di dalam tangki reaktor. Media penyaringan berupa batuan kasar (*split*) pasir, dan karbon aktif yang berfungsi untuk menghilangkan bau, warna dan rasa. Karbon aktif ini juga berfungsi menyerap zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi oleh *chlorine* atau kaporit.



Gambar 1: Prinsip kerja mesin pengolah air sistim modular

### Spesifikasi mesin dan hasil pengujian

Mesin pengolah air sitem modular yang dihasilkan bentuknya seperti yang terlihat pada Gambar 2. Modul *frame* di sebelah kiri (depan) terdiri dari: penyaring awal (1), pengatur dosis bahan kimia (2), venturi (3), pencampur statis (4), dan tangki reaktor (5). Sedangkan modul *frame* di sebelah kanan (belakang) terdiri dari: tangki pembentuk tekanan alamiah (6), *blower* untuk proses airasi (7), dan tangki saringan (8).



Gambar 2: Mesin Pengolah Air Sistim Modular  
Spesifikasi mesin yang dihasilkan adalah:

Dimensi mesin	Keseluruhan:
	1840 mm x 1500 mm x 2244 mm
	Modul frame 1:
	920 mm x 1500 mm x 1780 mm
	Modul frame 2:
	920 mm x 1500 mm x 2244 mm



Kapasitas mesin	1 m <sup>3</sup> / jam
Daya yang dibutuhkan	350W / 220 V
Input air baku :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air permukaan (sungai, danau atau kolam)</li> <li>• Air tanah (air sumur/mata air)</li> </ul>
Output air olahan:	Air bersih sesuai standar Permenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2002

Pengujian menggunakan air baku sungai Cikapundung, Bandung (17 Oktober 2011) dengan dosis PAC sebesar 10 mg/l, kaporit sebesar 3 mg/l dan soda ash sebesar 0.5 mg/l, kualitas hasil air olahan memenuhi semua nilai parameter baku mutu air bersih. Efisiensi penyisihan untuk parameter kekeruhan: 15 % , warna: 75 % , besi: 99 % dan zat organik: 77,7 %.

## 5. Kesimpulan

Kegiatan rancang bangun mesin pengolahan air mampu pindah dengan menggunakan sistim modular yang sudah dilakukan telah berhasil dengan baik. Ini terbukti dengan hasil lab, bahwa luaran parameter fisika maupun kimia hasil air olahan memenuhi kriteria baku mutu yang ada.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu dan memperlancar penelitian, diantaranya:

1. Dr. Ing, Yuliadi Erdani MSc, KaUP<sub>3</sub>M yang telah memberikan ijin dan support untuk melakukan penelitian ini.
2. Sdr. Megantara Marom, yang sudah membantu dalam melakukan pendokumentasian dan pelaksanaan pengujian.

3. Bapak Heri dan teman-teman di bagian Fabrikasi, atas dukungan dan bantuan dalam pembuatan prototype Modular Water Treatment.
4. Seluruh teman-teman dosen yang telah memberikan dan membagi ilmunya juga masukan yang berguna.

## Daftar Pustaka

- [1] Effendi, Hefni. *Telaah kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [2] Departemen Kesehatan RI. *Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI, 2002.
- [3] Herlambang, Arie. Teknologi Penyediaan Air Minum Untuk Keadaan Tanggap Darurat. *Jurnal Air Indonesia, Vol.6, No.1*, 2010.
- [4] Indriatmoko, Robertus Haryoto dan Widayat, Wahyu. Penyediaan Air Minum Pada Situasi Tanggap Darurat Bencana Alam. *Jurnal Air Indonesia, Vol.3, No.1*, 2007.
- [5] Ministry Of Environment And Forests India, *Water Chemistry & Treatment*. <http://www.water-chemistry.in>. Diakses (19 Juli 2011).
- [6] Said, Nusa Idaman, Indriatmoko, Robertus Haryoto, Raharjo, P. Nugro, dan Herlambang, Arie. Aplikasi teknologi pengolahan air sederhana untuk masyarakat pedesaan. *Jurnal Air Indonesia, Vol.1, No.2*, 2005.
- [7] Skima (SMK3 Madiun blog), 2008. Bahan kimia penjernih air koagulan. <http://smk3ae.wordpress.com/2008/08/05/bahan-kimia-penjernih-air-koagulan/>. Diakses 24 Mei 2012