

**PENGARUH PENAMBAHAN *KARBON AKTIF*
DAN
MANGANESE GREENSAND TERHADAP KUALITAS AIR
PADA TABUNG *WATER STERILIZER***

Rendy Ronaldo P

Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Alamat Korespondensi :Perumnas Kaliputih, Genteng Wetan, Banyuwangi.
Telepon/Hp :085 746 853 767

ABSTRAK

Rendy. 2013. *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Dan Manganese Greensand Terhadap Kualitas Air Pada Tabung Water Sterilizer.* Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember. Pembimbing :

I. Ir. Kuswardani,MT, II. Rivone Septa S, S. SI, M.Si

Kata Kunci: water sterlizer, PERMENKES, air jernih, Suhu, Kekeruhan, warna, zat organik, pH, dan Mikrobiologisnya.

Tabung water sterilizer merupakan alat dari pipa yang dirancang sedemikian rupa yang berguna membuat air siap minum, media yang pertama yaitu karbon aktif yang berguna untuk mengadsorpsi air sehingga partikel-partikel air dapat tersaring dan air menjadi jernih secara fisik. Sedangkan manganese greensand yaitu untuk menghilangkan kadar besi, Ecoli, total coliform dan mangan dalam air, hal ini disebabkan karena kecepatan oksidasi dari manganese greensand.

Dalam penelitian ini dilakukan empat tahap pengujian yang bertujuan mendapatkan pengujian dengan hasil yang terbaik. Analisa data yaitu menggunakan program SPSS 15 untuk mengetahui hasil signifikansi 5%.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber bagi kehidupan. Sering kita mendengar bumi disebut sebagai planet biru, karena air menutupi 3/4 permukaan bumi. Tetapi tidak jarang pula kita mengalami kesulitan mendapatkan air bersih, terutama saat musim kemarau disaat air sumur mulai berubah warna atau berbau. Oleh karena itu untuk menghindari dampak negatif yang tidak diinginkan tersebut perlu dicari suatu teknik pengolahan air untuk menurunkan kadar Besi, Mangan dan logam berat lainnya dalam air sampai kadarnya di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Kecamatan Summersari merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Jember yang terhitung sangat pesat perkembangannya. Perkembangan ini menjadi, Kecamatan Summersari terlihat seperti Kota Kecil. Perkembangan di bidang pendidikan terlihat dengan adanya perguruan tinggi swasta, Akademi, Sekolah Tinggi dan Lembaga Pendidikan Informal. Bidang sosial ekonomi dengan bermunculannya pertokoan,

perseroan, usaha dagang bahkan sektor ekonomi informal lainnya. Dari hal inilah maka perkembangan penduduk tidak dapat terelakan. Dengan peningkatan penduduk yang tinggi akibat banyak urbanisasi di Kecamatan Summersari tersebut mengakibatkan perumahan menjadi berdekatan sehingga dimungkinkan jarak sumber air bersih tak lagi memenuhi syarat dan akhirnya memungkinkan adanya perubahan kualitas air.

Hal ini dimungkinkankarena terkontaminasinya air sumur dengan mikroba yang berasal dari *septitank* tetangga bahkan mungkin berasal dari rumahnya sendiri. Dengan demikian air sumur gali di Kecamatan Summersari terutama dikampus Muhammadiyah Jember yang akan dilakukan penelitian untuk kejernihan air dalam kawasan kampus.

METODOLOGI PENELITIAN

Proses yang akan berjalan dalam pengolahan air sumur ini adalah sebagai berikut: air sumur yang masuk dalam reaktor berasal dari keran gedung teknik. Fungsi utama unit filter

ini adalah untuk pemisahan kekeruhan tetapi juga dimungkinkan adanya pengurangan mikrobiologis. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus 2012 sampai bulan Januari 2013 di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember dan sampel air yang digunakan berasal dari air sumur di lab Teknik Sipil Jl Karimata No 49 Jember. Di laksanakan dengan melakukan percobaan dengan empat macam pengetesan ukuran ataupun takaran dari Karbon aktif dan Manganese greensand, untuk mengetahui hasil air yang paling baik dalam percobaan ini

Rancangan Penelitian

- Pengujian I :Karbon aktif dengan ukuran 0 kg, dan Manganese 3 kg
- pengujian II :Karbon aktif dengan ukuran 1 kg, dan Manganese 2 kg
- Pengujian III : Karbon aktif dengan ukuran 2 kg, dan Manganese 1 kg

- Pengujian IV :Karbon aktif dengan ukuran 3 kg, dan Manganese 0 kg

Analisis Data

Data karakterisasi karbon aktif dan manganese greensand dianalisis ragam melalui uji di lab untuk menguji adanya pengaruh atau perbedaan antar perlakuan variasi dengan menggunakan Analisis multi varian (MANOVA) dengan program SPSS.15 digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata lebih dari dua sampel. Apabila terdapat adanya pengaruh atau perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil dengan tingkat signifikansi 5% untuk mengetahui takaran yang berpengaruh atau berbeda nyata diantara takaran yang.

PEMBAHASAN DAN HASIL

Data mengenai kondisi air sumur tidak hanya diambil dari data PDAM, tetapi juga dilakukan penelitian mandiri dari kondisi air

sumur, karena dimungkinkan terjadi perubahan kualitas air. Dari titik lokasi pengambilan sampel diambil air sampel dan di teliti kondisi air dengan 15 jenis parameter yang digunakan. Hasil analisa awal dari air sumur di Teknik UMJ ditampilkan pada tabel.

NO	Parameter	Satuan	Persyaratan Air minum	Air Sebelum Perlakuan
1	Suhu	⁰ C	±3 ⁰ suhu udara	26 ⁰ (suhu udara 28 ⁰)
2	Kekeruhan	NTU	5	2,55
3	Warna	TCU	15	8
4	pH	-	6,5-8,5	6,2
5	Zat organik (KMnO ₄)	mg/l	10	9.1
6	Total <i>Coliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0	26
7	<i>E.coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0	12
8	Zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500	4.4
9	Besi	mg/l	0.3	0
10	Mangan	mg/l	0.4	0
11	Detergen	mg/l	0.05	0.132
12	Sulfat	mg/l	250	72,25
13	Nitrit (NO ₂ -)	mg/l	3	0.14
14	Nitrat (NO ₃ -)	mg/l	50	0.09
15	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau

Dari hasil analisa pendahuluan diatas parameter dari air sumur yang melewati batas baku mutu persyaratan air minum hanya dari parameter total coliform dan deterjen. Sehingga sesuai dengan perencanaan awal dalam ruang lingkup, ditetapkan analisa suhu, kekeruhan, warna, pH, zat organik parameter yang hampir melewati batas, detergen dan E.Coli yang diambil untuk mengetahui kinerja dari rangkaian unit-unit pengolahan air ini.

Analisa Suhu

Parameter suhu merupakan salah satu parameter yang paling mudah untuk diukur dan diamati. Pengukuran suhu menggunakan termometer alkohol yang dimasukkan dalam wadah yang berisi air sampel dan dibiarkan selama beberapa menit, lalu diamati suhu yang ditunjukkan

termometer. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel. 4.6

Suhu (°C)				
Variabel	Influen	Outlet 1	Outlet 2	Suhu Udara
F1	27	28	28	28
F2	27	28	28	28
F3	27	28	28,5	29
F4	27	28	28	28

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa suhu air rata-rata berada dalam rentang $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara sehingga telah memenuhi standart dari PERMENKES RI No. 429 MENKES/PER/IV/1990. Sedangkan grafik dari suhu air dapat dilihat pada gambar 4.1.

Analisa Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter yang penting dalam pengolahan air. Air yang layak minum

harus memenuhi standar dari 5 dalam satuan NTU. Kekeruhan merupakan standar fisik yang penting untuk diperhatikan, karena kekeruhan juga mempengaruhi estetika dari air minum. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalam air seperti lumpur dan bahan-bahan yang berasal dari buangan. Dari segi estetika, kekeruhan di dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan. Analisa kekeruhan menggunakan alat turbidimeter digital.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kekeruhan cenderung turun pada awal pengoperasian filter. Dari semua variabel mengalami penurunan adapun kekeruhan berbeda dikarenakan perbandingan berat media

Tubidity (NTU)				
Variabel	Influen	Outlet 1	Outlet 2	% Remofal
F1	2,55	2,3	1,8	29,41176
F2	2,55	2	1,3	49.01916
F3	2,55	1,75	0,75	70,58824
F4	2,55	2,5	1,83	28.23529

yang sangat berpengaruh.

Kecenderungan kenaikan kekeruhan dikarenakan pertumbuhan mikroorganismenya pada media, karena media selalu terendam air dan tidak ada backwash, sehingga kehadiran bakteri tersebut dapat meningkatkan efisiensi penghilangan kekeruhan dari tabung filter. Efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi pada variabel F3 dengan % removal kekeruhan hingga 70%

Analisa Warna

Warna adalah salah satu parameter fisik wajib yang ditetapkan oleh Menurut peraturan tersebut, warna pada air minum memiliki batasan maksimal 15 dalam satuan TCU. Berikut merupakan hasil pembacaan analisa warna dengan menggunakan spektrofotometer. Pada tabel 4.8 satuan warna masih dalam satuan CU (*color unit*) sehingga bacaan warna masih terpengaruh oleh kekeruhan yang ada dalam air. Tetapi dari pola yang ada warna pada air cenderung turun ketika melewati filter.

Dari semua variabel warna mengalami penurunan terutama pada pengujian F3 mungkin dikarenakan hampir seimbangya berat takaran. Sedangkan pada pengujian F1 warna mengalami penurunan tetapi tidak sebaik pada pengujian F3

kemungkinan dikarenakan tidak

Warna (CU)				
Variabe l	influe n	Outle t 1	Outle t 2	% Remofa l
F1	8	6	5,5	31,25
F2	8	4	3,9	45,05
F3	8	2,5	1,8	77,5
F4	8	7,5	5,8	27,5

adanya karbon aktif. Efisiensi penghilangan warna tertinggi pada variabel F3 dengan % removal warna hingga 77,5%.

Analisa pH

Parameter pH dari air minum yang masih diijinkan oleh PERMENKES RI No. 492/MEN.KES/PER/IV/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum adalah pH dalam range 6,5-8,5. Berikut merupakan data yang diambil dari variabel-variabel yang ada,

dengan menggunakan analisa pHmeter digital, data pH ditampilkan pada tabel

pH			
Variabel	influen	Outlet 1	Outlet 2
F1	6,2	6,56	6,82
F2	6,2	6,37	7,55
F3	6,2	6,5	7,5
F4	6,2	6,5	7,2

dapat dilihat bahwa pH cenderung naik (basa) dari pengujian F1 hingga pengujian F4, kenaikan pH ini disebabkan dari media yang menyebabkan pH menjadi basa. pH mengalami kenaikan sedikit pada pengujian F1 dan F4 karena tidak seimbang berat media. Semua variabel sudah menunjukkan hasil yang signifikan tidak ada yang sampai melewati ambang batasan dari Peraturan Menteri kesehatan. Dapat

disimpulkan pH terbesar pada pengujian kedua.

Analisa Zat Organik (KMnO₄)

Zat organik merupakan salah satu parameter yang cukup mudah untuk diamati dan untuk mengetahui tingkat pencemaran dari air. Pada air yang tercemar dapat kita temui berbagai material organik beracun. Salah satu cara untuk mengetahui adanya zat organik tersebut yang paling mudah adalah dengan menggunakan parameter zat organik total.

Zat Organik (mg/l)				
Variabel	influen	Outlet 1	Outlet 2	% Remofal
F1	9,1	7,5	6,4	29,67033
F2	9,1	6,3	5,5	39,56044
F3	9,1	5,2	4,3	52,74725
F4	9,1	6,9	5,7	37,36264

dapat dilihat bahwa keberadaan dari zat organik menurun dari pengujian F1 hingga pengujian F4. Jadi dengan adanya alat ini dapat mengurangi zat organik secara mudah tapi bila perlu adanya penambahan sinar UV untuk lebih memaksimalkan penurunan zat organik. Dari hasil dari semua pengujian tersebut yang paling maksimal adalah variabel F3 dengan Prosentase removal zat organik tertinggi yaitu sebanyak 52%.

Analisa Mikrobiologis

Salah satu parameter syarat untuk air minum berdasarkan PERMENKES RI No. 492/MEN.KES/PER/IV/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum adalah total bakteri coliform dan E.coli dengan kadar 0/100 ml sampel. Melihat kondisi sumur di Lab Teknik kemungkinan masuknya bakteri ke dalam air distribusi menjadi besar. Karena hal tersebut maka perlu dianalisa kandungan bakteri coliform dan E.coli karena sangat berpengaruh pada kesehatan. Hasil analisa total bakteri coliform dan E.coli

Total coliform			
variabel	influen	Outlet 1	Outlet 2
F1	26	12,5	0
F2	26	8	0
F3	26	8	0
F4	26	15	0

Pada tabel total bakteri

coliform dapat dilihat bahwa semua bakteri hilang dalam pengolahan dengan media. Removal bakteri total coliform adalah 100% Eschericia coli adalah salah satu bakteri patogen yang tergolong Coliform dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan sehingga E. coli dapat digunakan sebagai bakteri indikator pencemaran air yang berasal dari kotoran hewan berdarah panas.

E Coli			
Variabel	Influen	Outlet 1	Outlet 2
F1	12	7	0
F2	12	6	0
F3	12	3,5	0
F4	12	7,5	0

Dari tabel dan grafik sebelum

ini dapat dilihat bahwa baik bakteri Coliform dan E.Coli dapat dihilangkan hingga 100% dengan menggunakan karbon dan manganese greensand. Parameter mikrobiologis ini dapat kita lihat juga berkurang ketika melewati filter. Penyisihan total bakteri Coliform dan E.coli pada proses filtrasi disebabkan oleh proses adsorpsi oleh media, lisis dan proses biologi yang terjadi di media filter. Penyisihan tersebut paling banyak dikarenakan oleh adsorpsi oleh permukaan media

karbon. Semakin besar pori pori dari setiap butir media (mikropori) maka reduksi E.coli semakin besar akibat bakteri terperangkap oleh pori di dalam butir media tersebut.

Evaluasi Kinerja Unit Pengolahan

Dari variabel yang ada variabel yang dianggap mampu mengolah dengan kemampuan paling baik adalah variabel F3, yaitu dengan ukuran karbon aktif 2 kg dan manganeese greensand 1 kg. Dengan removal kekeruhan tertinggi (70%), removal warna tertinggi (77%),. Sedangkan untuk pH masih dalam batas normal yaitu berkisar 6,5-8,5 untuk removal zat organik tertinggi tercatat pada variabel F3 juga (52%). Untuk parameter mikrobiologis, total bakteri coliform dan Ecoli dapat dihilangkan 100%. Dan untuk parameter suhu dan

pH masih masuk dalam range air minum. Unit pengolahan dengan filter Water sterilizer memiliki kemampuan yang cukup tinggi dalam pengolahan dan removal kekeruhan, warna, zat organik, total coliform, dan E.coli.

Tetapi fungsi utama dari tabung ini adalah dalam penghilangan kekeruhan dari air yang diolah. Dari semua pengujian menunjukkan adanya penurunan keseluruhan dari yang diteliti tetapi pada penelitian ini kekeruhan dan warna bisa meningkat oleh karena partikel-partikel karbon yang terbawa air hasil olahan. Seharusnya perhitungan masa breaktrough karbon aktif harus dilakukan dengan penelitian masa breaktrough di laboratorium. Tetapi pada tugas akhir ini perhitungan masa breaktrough tidak dihitung hanya

takaran saja. Untuk semua variabel bekerja dengan baik dari segi penghilangan mikroorganisme dari air olahan. Kemampuan filter ini hingga 100% untuk penghilangan bakteri, tetapi perlu diperbaiki dari segi konstruksi filter terutama pada variabel F1, karena tidak adanya karbon aktif jadi lem yang digunakan dalam filter terlarut ke dalam air dan tidak ada penyerapan dari karbon aktif, sehingga hanya sedikit penurunan pada parameter kekeruhan, warna, zat organik, dan pH. Sedangkan kenaikan suhu masih bisa dimaklumi karena hanya meningkatkan $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Kesimpulan

1. Berdasarkan parameter suhu, kekeruhan, warna, pH, zat organik, dan mikrobiologi saat ini telah memenuhi standar parameter dari

PERMENKES. Kemampuan filter dengan variabel ini mampu mengolah air sumur dengan hasil parameter sebagai berikut:

- a. Suhu air hasil olahan $\pm 3^{\circ}\text{C}$, dari suhu udara, dengan rata-rata suhu hasil akhir 1° dibawah suhu udara.
- b. Kekeruhan dari air sumur dapat direduksi removal hingga 70%.
- c. Warna: parameter warna dapat tereduksi removal hingga 77%.
- d. pH air cukup bagus, selama penelitian pH air selalu masuk dalam range pH 6,5-8,5.
- e. Zat Organik dapat tereduksi removal hingga 52%.
- f. Total coliform dapat dihilangkan hingga 100%

ketika air melewati semua variabel.

g. E.coli juga dapat dihilangkan hingga 100% ketika air melewati semua variabel.

2. Pengaruh karbon aktif dan manganese greensand sangat berpengaruh terhadap air, misalnya air sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan mengalami penurunan pada setiap parameter kekeruhan, warna, zat organik, total colform dan Ecoli mulai dari outlet 1 sampai outlet 2. Peran karbon aktif yaitu mampu mengadsorpsi air partikel-partikel dari air bisa tersaring baik sehingga air menjadi lebih jernih. Sedangkan pada manganese greensand memiliki oksidasi yang cepat sehingga dapat membuat PH cenderung naik pada

semua variabel sebenarnya manganese greensand dapat menghilangkan kadar besi pada air tetapi pada penelitian ini tidak dibahas.

3. Pada rangkaian alat ini dengan kemampuan tertinggi pada variabel F3 yaitu dengan ukuran Karbon aktif 2 kg dan Manganese greensand 1 kg, kemampuan filter dengan variabel ini mampu mengolah air sumur dengan penghilangan kekeruhan, warna, zat organik, total coliform, dan E.Coli dengan prosentase tertinggi. Pada variabel F1, F2, F4 juga mengalami penurunan tetapi tidak terlalu signifikan. Variabel F2 juga memiliki kemampuan yang sama untuk penghilangan total coliform, E.Coli dan zat organik serta pH yang meningkat mungkin dikarenakan

kondisi air sumur mengalami perubahan jadi air lebih basa, tetapi kurang baik dalam penurunan kekeruhan dan warna karena partikel karbon yang ada. Pada variabel F1 ini bekerja dengan baik untuk penghilangan total coliform, dan E.Coli serta dapat menghilangkan sedikit kekeruhan dan warna, tetapi variabel ini masih perlu takaran dari karbon aktif. Sedangkan pada variabel F4 juga mengalami penurunan pada semua parameter tetapi warna mengalami penurunan sedikit mungkin dikarenakan kurang bersihnya pencucian media.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka disarankan bagi para calon peneliti, diharapkan mencoba penggunaan takaran yang sama antara

karbon aktif dan manganeese greensand dalam penurunan parameter yang lain dengan sumber air yang berbeda dan dengan perlakuan kontak yang lebih lama. Juga dengan mengupayakan kualitas air secara fisik dan menggunakan macam media yang lain. Bagi masyarakat umum dan khususnya masyarakat Sumbersari dapat mengupayakan kualitas air secara fisik dan dengan menggunakan filter yang berasal dari kaca serta penambahan sinar UV untuk hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1989. *Standar Industri Indonesia Mutu dan Uji Arang Aktif*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Eaton, Andrew. Et.al. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. Marryland – USA : American Public Health Association.
- Hassler, W. J. 1963. *Activated Carbon*. New York. Chemical Publishing Company. Inc.
- Hugh, O. P. 1993. *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes*. Amerika: Noyes Publication.
- Jankowska, H. Swiatkowski, A. dan Choma, J. 1991. *Active Carbon*. London: Horwood.
- Janelle Crossgrove dan Wei Zheng. 2004. Review Article : Manganese Toxicity Upon Overexposure. Indiana – USA : John Wiley & Sons, Ltd.
- Kirk, R. E. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology vol.4*. New York: John Willey & sons.
- Kusuma, S. P. dan Utomo. 1970. *Pembuatan Karbon Aktif*. Laporan Penelitian Tidak Diterbitkan. Bandung: Lembaga Kimia Nasional LIPI.
- Oktiawan, W dan Krisbiantoro. 2007. **Efektifitas Penurunan Fe²⁺ Dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif**. Semarang : FT-TL Universitas Diponegoro.
- Pari, G. 2002. *Teknologi Alternatif Pengolahan Limbah Kayu*. Makalah falsafah science IPB Tidak diterbitkan. Bogor: IPB.
- Parker, S. P. 1993. *Encyclopedia of Chemistry Second Edition*. Washington: McGraw-Hill, Inc.
- Rahayu, Tuti. 2004. **Karakteristik Air Sumur Dangkal Di Wilayah Kartasura Dan Upaya Penjernihannya**. Surakarta : FKIP – Universitas Muhammadiyah.
- Said, Nusa Idaman. 2003. **Metoda Praktis penghilangan Zat besi dan Mangan Di Dalam Air Minum**. Jakarta : Kelair – BPPT
- Said, N.S dan Wahjono, H.D. 1999. **Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan Di Dalam Air**. Jakarta : BPPT
- Saifudin, M.R. dkk. 2004. **Efektivitas Kombinasi Filter Pasir-**

- Zeolit, Pasir-Karbon Aktif dan Zeolit-Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Mangan (Mn) Di Desa Danyung Kecamatan Grogol Kabupaten Sukoharjo Tahun 2004.** Di Dalam Jurnal Infokes Vol 8 No.1 Maret – September 2004.
- Sawyer, C. N. dan Mc Carty, P.L. 1997. *Chemistry for Engineering*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Sen, D. 2005. *Reference Book on Chemical Engineering vol.1*. New Delhi: New Age International Publisher.
- Sembiring, M. T dan Sinaga. T. S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan)*. Sumatra Utara: Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Sudirjo, E. 2005. *Penentuan Distribusi Benzen Toluene pada Kolom Adsorpsi Fixed Bed Carbon Active*. Jakarta: Jurusan Teknik. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Sugiharto.1987. **Dasar – dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta: UI.
- Sujana Alamsyah, 2006. Merakit Sendiri Alat Penjernih Air, Cet,1. Jakarta; Kawan Pustaka, 2006.
- Wardhana, P. A. 2005. *Studi Perbandingan Tawas Dan Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Air Keruh*. Tugas Akhir Tidak Diterbitkan. Malang: Teknik Perairan Universitas Brawijaya.
- <http://ipi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/manganese/>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Manganese>

