



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

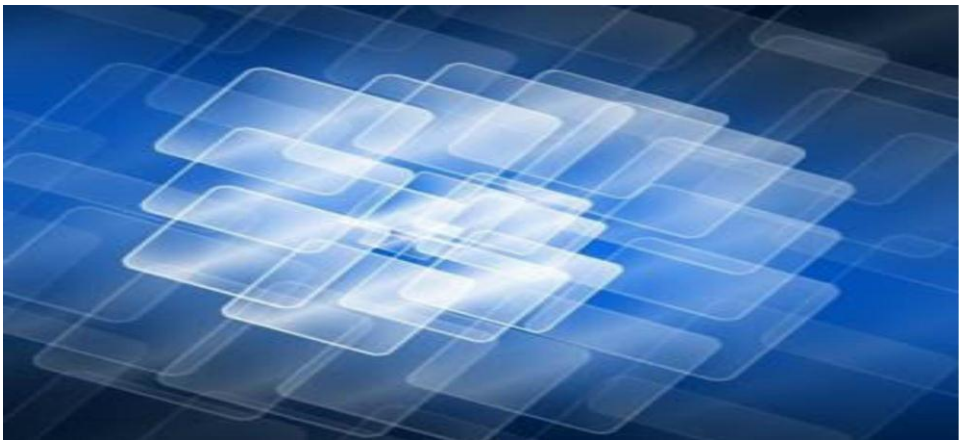
MEMBANGUN INDONESIA YANG BERKELANJUTAN Sehat Adalah Dasar Kualitas Sumber Daya Manusia

**Kampus PPs Diponegoro, Universitas Kristen Indonesia
Jakarta, 12 Agustus 2015**

Editor:

Dr. dr. Carmen Siagian, MS, Sp.GK

Dr. dr. Gilbert Simanjuntak, Sp.M



**UKI Press
2015**

MEMBANGUN INDONESIA YANG BERKELANJUTAN
Sehat Adalah Dasar Kualitas Sumber Daya Manusia
Jakarta, 2015

Editor

Dr. dr. Carmen Siagian, MS, Sp.GK

Dr. dr. Gilbert Simanjuntak, Sp.M

Desain Sampul: Faorik Pakpahan
15 cm x 23 cm, v, 80 Halaman

Penerbit:

UKI Press

Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo No, 2 Cawang

Jakarta Timur 13630

Indonesia

ISBN 978-979-8148-38-5

Hak Cipta © 2015 pada Universitas Kristen Indonesia
Dicetak di Jakarta

KATA SAMBUTAN

Program Pascasarjana (PPs) Universitas Kristen Indonesia (UKI) menyelenggarakan program studi tingkat pascasarjana khususnya strata dua atau magister. Saat ini ada lima program studi Magister yang diselenggarakan, yaitu Magister Administrasi/Managemen Pendidikan (M.Pd), Magister Pendidikan Agama Kristen (M.PAK), Magister Ilmu Hukum (MIH), Magister Managemen (MM) dan Magister Tehnik Elektro (M.TE). Ada satu program yaitu Magister Kesehatan Masyarakat (MKM) yang masih berada di bawah Fakultas Kedokteran.

Pada Rabu, 12 Agustus 2015, PPs UKI menyelenggarakan Seminar Nasional dengan tema “MEMBANGUN INDONESIA YANG BERKELANJUTAN” bertempat di Kampus Pascasarjana UKI Jl. Diponegoro 84-86 Jakarta Pusat. Seminar ini bertujuan, pertama, sebagai sarana bagi para ilmuan di perguruan tinggi dan lembaga-lembaga penelitian di Indonesia untuk merumuskan solusi yang tepat bagi pembangunan bangsa dan negara Indonesia menuju pencapaian masyarakat yang adil dan sejahtera. Kedua, sebagai bentuk partisipasi UKI dan para pihak yang terlibat di dalam pembangunan yang berkelanjutan bagi bangsa Indonesia sebagai bentuk pengamalan Pancasila. Ketiga, untuk mendorong budaya ilmiah di perguruan tinggi dan masyarakat bagi kemajuan bangsa Indonesia di segala bidang.

Sebagai perguruan tinggi, UKI melalui PPs-nya berkehandak ikut berperan aktif dalam proses perubahan dan pembangunan berbagai aspek kehidupan dalam masyarakat Indonesia dan dunia. Sebagai lembaga dengan tanggung jawab melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi, yaitu pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat, PPs UKI menyadari bahwa kondisi masyarakat Indonesia dengan program-program pembangunan tersebut perlu disikapi dengan kegiatan akademis yang bermanfaat bagi kehidupan masyarakat dan kemanusiaan. Seminar Nasional yang kami selenggarakan menitik-beratkan sumbangsih ilmu pengetahuan dalam duania akademis bagi pembangunan Indonesia yang berkelanjutan.

Untuk maksud tersebut maka kajian-kajian ilmiah dalam seminar tersebut adalah sebagai berikut: 1) Sistem pendidikan nasional, yang adaptif terhadap perkembangan global namun tetap dijiwai oleh semangat kebangsaan dan nilai-nilai yang berlaku di Indonesia. 2) Sistem hukum dan perundang-undangan dalam konteks global dan nasional seperti hukum perdagangan internasional, pelanggaran hak cipta, cyber crime dan

online business. 3) Pendidikan Agama Kristen yang kontekstual dengan menonjolkan kondisi masyarakat Indonesia dengan nilai-nilai kulturalnya. 4) Kebijakan ekonomi yang berkelanjutan dalam rangka menghadapi Asean Free Trade Area (AFTA). 5) Ketahanan energi nasional melalui pengembangan sistem listrik yang efisien berbasis energi terbarukan termasuk pengembangan bahan bakar nabati. 6) Manajemen risiko baik pada level perusahaan maupun makro. 6) Kesehatan masyarakat dan lingkungan melalui penerapan pola hidup sehat, yaitu Prilaku Hidup Bersih Sehat (PHBS), gizi seimbang serta aktifitas fisik dan lingkungan sehat.

Kajian-kajian menyangkut bidang-bidang di atas telah dipresentasikan oleh para peserta, baik dari pembicara kunci atau keynote speaker dan para nara sumber utama, maupun dari para peserta dari pihak dosen dan mahasiswa pascasarjana. Makalah-makalah yang dipresentasikan tersebut adalah hasil penelitian ilmiah yang dilakukan dalam bidangnya masing-masing. Kajian-kajian itulah yang saat ini dibukukan dalam buku prosiding ini.

Semoga kajian-kajian keilmuan dalam prosiding ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca, bagi civitas akademica UKI dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan bagi pembangunan masyarakat Indonesia yang berkelanjutan.

Direktur Program Pascasarjana UKI
Ir. Tarsicius Sunaryo, M.A, Ph.D.

KATA PENGANTAR

Dalam rangka meningkatkan kualitas dosen dan partisipasi UKI dalam pembangunan nasional, maka Program Pascasarjana UKI melaksanakan seminar Nasional yang bertema **“Membangun Indonesia yang Berkelanjutan.”** Dengan sub tema **“Sehat Adalah Dasar Kualitas Sumber Daya Manusia”**.

Hasil dari seminar tersebut kami rangkum dalam buku prosiding. Kami menyadari bahwa dalam penyusunan buku prosiding ini masih terdapat beberapa kelemahan dan kekurangan sehingga masih berharap akan kesempurnaan. Buku prosiding ini dibuat sebagai acuan dalam proses pembelajaran yang berhubungan dengan perkembangan ilmu kedokteran dan program Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan gizi di Indonesia. Materinya disusun dan dibahas dengan sederhana agar mudah dan dapat dipahami dan dijadikan rujukan pengetahuan yang selanjutnya dapat diimplementasikan mulai dari kalangan praktisi, akademisi, dan mahasiswa.

Diharapkan dengan adanya buku prosiding ini, dapat menjadi bahan acuan bagi proses belajar mengajar, penyuluhan dan diseminasi pengetahuan dan keterampilan.

Akhir kata disampaikan bahwa saran dan kritik dalam rangka perbaikan dan penyempurnaan buku ini sangat diharapkan.

Jakarta 17 Agustus 2015

Tim penyusun

DAFTAR ISI

Judul	i
Kata Sambutan	ii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi dalam Rangka 1000 Hari Pertama Kehidupan Carmen M. Siagian	1
Model Rumah Tumbuh Sederhana Sehat di Kampung Padat, Jakarta (Studi Kasus: Wilayah Paseban, Jakarta) Siti Sujatini	20
Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Kesehatan Masyarakat: Isu Kebijakan Terpadu dan Pendekatan Lintas Disiplin Rusli Lutan; Sarmauli dan Dinar Dinangsit	55
Multi Zat Gizi Mikro (Multi Micro Nutrition, MMN) pada Periode Perikonsepsional Lucy Widasari dan Carmen M. Siagian	95
Penanganan Penyakit Akibat Kerja di Tempat Kerja Patar Hanif Hutagalung	118
Toksisitas Merkuri dan Pengaruh Terhadap Otak (<i>Mercury Toxicity And Effects On The Brain</i>) Nur Nunu Prihantini Sinaga	135

Abstrak

TOKSISITAS MERKURI DAN PENGARUH TERHADAP OTAK (MERCURY TOXICITY AND EFFECTS ON THE BRAIN) Nur Nunu Prihantini Sinaga

Departemen Biokimia FK UKI

Merkuri adalah salah satu bagian terpenting dalam setiap industri. Tetapi merkuri adalah bagian yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Merkuri dapat melalui sawar otak tanpa dibantu oleh material lain. Terdapat beberapa gejala yang akan terjadi pada manusia yang terinfeksi oleh merkuri. Toksisitas merkuri akan mempengaruhi otak terutama adalah gerak koordinasi(ataksia), penglihatan sampai kematian.

Kata kunci: Toksisitas merkuri, fungsi otak

Abstract

Mercury is one of the most important thing to use in every industry. But mercury is the dangerous material for human health. Mercury can pass through the brain without any other material thing. There are several symptoms that can occur when the person affected by mercury. Mercury toxicity will affect the brain especially for coordination of movement (ataxia), visibility, until the death.

Keyword: Toxicity mercury, affects the brain

Pendahuluan

Logam merkuri atau air raksa, mempunyai nama *hydragyrum* berarti perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg.¹ Merkuri (Hg) atau air raksa dewasa ini banyak dikenal dalam bentuk yang bebas sebagai polutan karena pemakaian yang baik yang berasal dari industri, kedokteran gigi, pertanian, laboratorium penelitian, rumah sakit. Merkuri memiliki peranan penting dalam proses industri terutama industri kecantikan.

Merkuri terdapat bebas di alam dalam bentuk senyawa merkuri sulfida tersebar berupa batu – batuan, biji tambang, tanah, air dan udara sebagai senyawa organik dan anorganik dengan sifat yang tidak larut dalam air, berwarna merah. Umumnya kadar di dalam tanah, air dan udara relatif rendah. Unsur merkuri dalam bentuk cair adalah logam berbentuk cair yang banyak digunakan pada termometer.

Sifat Fisika Kimia

Merkuri golongan logam berat yang dapat membeku dengan temperatur $-38,9^{\circ}\text{C}$ dan mendidih pada temperatur $35,7^{\circ}\text{C}$. Merkuri terdapat dalam 3 bentuk, unsur logam mulia, garam merkuri, merkuri organik. Toksisitas merkuri berbeda sesuai dengan bentuk kimianya. Merkuri Elemental : terdapat dalam gelas termometer, tensimeter air raksa, amalgam, alat – alat elektrik, batu baterai dan cat. Juga digunakan

sebagai katalisator dalam produksi soda kaustik dan desinfektan serta untuk produksi klorin dari sodium klorida.

Merkuri anorganik : Biasanya bentuk toksiknya hanya dalam jumlah kecil didistribusikan ke otak dan gejala yang menonjol pada keracunannya adalah rasa sakit pada saluran pencernaan dan ginjal dan intoksikasinya melalui makanan.^{1,2,3}

Merkuri organik : Paling toksik dalam bentuk alkil merkuri yaitu metil-etil-merkuri. Alkil merkuri diserap melalui dinding saluran pencernaan dan terikat dalam sel darah merah. Dan didistribusikan kedalam sistem syaraf pusat dan menyebabkan kerusakan permanen. Metil merkuri merupakan yang terbanyak konsentrasi dalam rantai makanan, seperti pada ikan yang mengkonsumsi tumbuhan yang telah terkontaminasi sehingga terakumulasi oleh tubuh.^{5,6,7}

Toksisitas merkuri

Pengaruh toksisitas merkuri pada manusia bergantung pada komposisi merkuri, rute masuknya ke dalam tubuh dan lamanya ekspose.³

Merkuri umumnya memasuki tubuh dapat melalui udara, air atau makanan yang terserap dalam jumlah yang bervariasi. Sementara itu tubuh manusia tidak dapat mengolah bentuk-bentuk dari metil merkuri sehingga merkuri tetap berada dalam tubuh dalam waktu yang relatif lama dan dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Pemaparan merkuri dalam waktu singkat pada kadar merkuri yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan paru – paru, muntah – muntah, peningkatan tekanan darah, denyut jantung.

Keracunan akut yang disebabkan oleh logam merkuri umumnya terjadi pada pekerja – pekerja industri, pertambangan dan pertanian, yang menggunakan merkuri sebagai bahan baku, katalis dan atau pembentuk amalgam atau pestisida.¹

Toksisitas senyawa merkuri tergantung dari bentuknya. Senyawa merkuri organik lebih toksik dibanding senyawa anorganiknya, karena mudahnya menembus sawar darah otak dan diabsorpsi sempurna pada saluran cerna.

Mekanisme daya racun merkuri dalam tubuh meliputi: kerusakan tubuh yang permanen. Tiap – tiap komponen merkuri mempunyai perbedaan karakteristik untuk daya racunnya, distribusi, akumulasi dan pengumpulan dan waktu resistensinya didalam tubuh. Semua komponen merkuri dalam jumlah cukup, maka akan beracun terhadap tubuh. Merkuri dapat menghambat kerja enzim yang menyebabkan kerusakan sel. Sifat –sifat membran dari dinding sel akan rusak karena pengikatan dengan merkuri, sehingga aktivitas sel dapat terganggu. Transformasi biologi dapat terjadi pada lingkungan atau didalam tubuh dimana komponen merkuri diubah menjadi bentuk lain.⁴

Pembahasan

Logam merkuri bersifat sangat toksis karena merkuri tidak dapat dihancurkan oleh organism yang terdapat dalam lingkungan hidup. Merkuri merupakan satu – satunya logam yang mengalami biomagnifikasi sehingga mudah mengalami transformasi organik melalui rantai makanan dalam bentuk organik yang lebih toksik yaitu metil merkuri, dimetil merkuri, etil merkuri.⁸

Keracunan metil merkuri dapat menimbulkan gangguan terhadap *Central Nervous System* seperti ataxia, penyempitan lapangan pandang, penurunan kemampuan pendengaran, gangguan koordinasi motorik, dan neuropathi.⁹ Ion merkuri dapat menyebabkan presipitasi protein yang menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif. Merkuri juga mudah terikat oleh gugus sulfhidril dimana dalam gugus tersebut, merkuri dapat menghambat fungsi enzim dalam metabolisme tubuh¹⁰.

Menurut Jack de Groot (1997) merkuri dari segi toksisitas, kadarnya di dalam darah adalah suatu indikator yang sesuai dengan dosis yang diserap dalam tubuh secara sistemik. Konsentrasi Hg dalam darah berkisar 50 – 100 µg% akan mulai menunjukkan gejala keracunan. Pada makanan yang terkontaminasi oleh merkuri dalam bentuk metilmerkuri terikat oleh hemoglobin, dan daya ikatnya yang tinggi pada hemoglobin janin berakibat pada tingginya kadar merkuri pada darah uri

dibandingkan dengan darah ibunya. Metilmerkuri sangat mudah untuk melintasi sawar darah otak.

Sawar darah otak dibentuk oleh sawar darah-cairan serebrospinal, sawar endotelial vaskular, dan sawar arakhnoid secara bersama – sama. Pada daerah ini didapatkan kapiler yang sangat permeabel.

Sawar darah-cairan-Serebrospinal : Kurang lebih 60% dari cairan serebrospinal dibentuk melalui transport aktif (melalui selaput – selaput) dari pembuluh darah dalam pleksus koroideus. Sel – sel epitel pleksus yang dihubungkan dengan sambungan membentuk lapisan yang efektif membiarkan beberapa zat melewati.

Sawar Endothelial-Vaskuler : Pembuluh darah dalam otak mempunyai daerah yang sangat luas untuk mendorong terjadinya pertukaran CO₂, asam amino, dan gula antara darah dan otak. Oleh karena zat – zat lain tidak dapat melewati, maka komposisi kimia dari cairan ekstraseluler susunan saraf sangat berbeda dari pada yang ada pada plasma sel.

Sawar Arakhnoid: Pembuluh darah dura jauh lebih permeabel dibanding dengan pembuluh darah otak, namun oleh karena lapisan sel paling luar dan arakhnoid membentuk suatu sawar, maka zat – zat yang berdifusi keluar dari pembuluh dura tidak akan memasuki cairan serebrospinal dari rongga arakhnoid.

Sistem saraf pusat merupakan target organ dari toksisitas metilmerkuri sehingga gejala yang terlihat erat hubungan dengan

kerusakan saraf pusat. Akumulasi merkuri dalam tubuh akan menyebabkan degenerasi sel – sel saraf otak, dan pada akhirnya menyebabkan kelumpuhan dan kematian. Gejala keracunan merkuri ditandai dengan gangguan saraf, seperti tremor, insomnia, kepikunan, gangguan penglihatan, gerakan tangan abnormal (ataxia), gangguan emosi ⁴. Tremor pada otot merupakan suatu gejala awal dari toksisitas merkuri. Namun untuk derajat berat atau ringannya toksisitas ini tergantung pada diet perhari, lama mengkonsumsi. Waktu paruh dari metil merkuri pada tubuh manusia 70 s.d 90 hari, tetapi eliminasi dari jaringan sangat lambat dan tidak teratur, sedangkan akumulasinya dapat dengan mudah menimbulkan gejala toksisitas.

Elemen merkuri yang masuk ke dalam otak akan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur protein dan enzim sehingga sinaptik dan transmisi neuromuskuler diblok. Sistem enzim Na^+ , K^+ -Adenosin TriPosfat-ase (ATP-ase) biasanya juga terlibat sehingga menyebabkan terjadinya gangguan pertukaran ion intraseluler dan ekstraseluler.¹⁰

Alamudi (2013) mengatakan akumulasi merkuri di otak terjadi di korteks cerebrum dan cerebellum dimana merkuri akan berikatan dengan sulfhidril dari protein enzim dan protein seluler sehingga mengganggu fungsi enzim dan transport sel. Merkuri di otak akan menyebabkan sel piknotik yang menunjukkan adanya kerusakan DNA. Gangguan

pemaparan ini pada akhirnya akan mengakibatkan nekrosis sel (kematian sel).

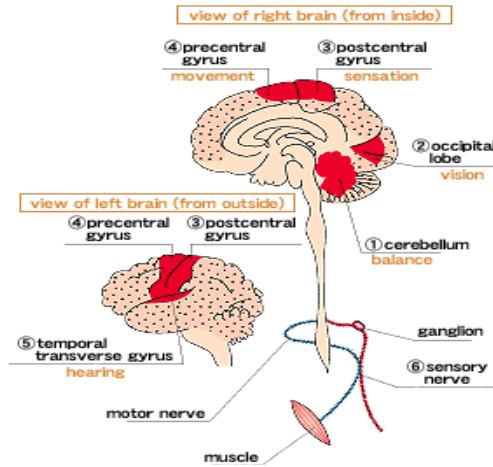
Hubungannya dengan darah, metilmerkuri sangat mudah melintas batas sawar darah-otak maupun plasenta. Hal ini lebih disebabkan oleh sifat lipofilisitas yang tinggi dari metilmerkuri. Karena metilmerkuri sangat mudah melewati sawar darah otak disebabkan oleh karena sifat lipofilisitas yang tinggi dari metilmerkuri. Metil merkuri mudah berdifusi melalui membran sel, karena reaktifitasnya yang tinggi terhadap gugus sulfhidril yang terdapat pada berbagai protein, maka jumlah metilmerkuri bebas dalam cairan biologis menjadi sangat kecil. Suatu transpor aktif pada sawar darah otak diperkirakan membawa metilmerkuri masuk ke dalam otak. Dalam darah, logam yang sangat neurotoksik ini terikat secara eksklusif pada protein dan sulfhidril berbobot molekul rendah seperti sistein. Kompleks *MeHg-sistein* yang terbentuk beraksi sebagai analog asam amino, mempunyai struktur mirip metionin, sehingga dapat diangkut oleh pembawa Sistem-L untuk asam amino bebas untuk melintas melalui sawar darah otak.

Merkuri merupakan logam yang dapat terakumulasi di otak, baik otak besar maupun otak kecil karena dapat menembus *cerebral* maupun *cerebellar cortex* sehingga dapat mengganggu kerja otak dalam mengolah impuls saraf yang diterima dari reseptor. Merkuri juga merupakan logam yang dapat menyebabkan kerusakan selubung mielin

pada akson sehingga menyebabkan disfungsi penghantaran impuls oleh akson yang pada akhirnya akan menyebabkan gangguan respon dari otot-otot postural yang tidak dapat bekerja secara sinergis untuk mempertahankan keseimbangan tubuh (terjadi ayunan tubuh yang berlebihan). Selubung mielin akson tersusun atas lemak (*lipid*) sehingga memudahkan merkuri untuk merusaknya karena merkuri merupakan logam yang sangat larut dalam lemak.¹²

Tanda – tanda seorang penderita keracunan kronis merkuri dapat dilihat pada organ mata. Biasanya lensa mata penderita terdapat warna abu – abu sampai gelap, atau abu – abu kemerahan, yang semua itu dapat dilihat dengan mikroskop mata. Disamping itu, gejala keracunan kronis merkuri yang lainnya adalah terjadinya anemia ringan pada darah⁴.

Batas maksimum metil merkuri dalam makanan ikan yang ditetapkan oleh badan kesehatan dunia (WHO) sebesar 0,5 ppm, sama halnya dengan diterapkan oleh DepKes RI mengenai batas maksimum pada makanan sebesar 0,5 ppm.⁷



Gambar. Cedera pada sistem saraf akibat metilmerkuri. Daerah terjadinya perubahan patologis akibat metilmerkuri ditandai dengan warna merah yang ditunjukkan dengan keterangan pada gejala dan tanda pada penyakit Minamata.

(Sumber : National Institute of Minamata Disease, NIMD – Jepang)

Kesimpulan

1. Merkuri banyak terdapat bebas di alam dalam bentuk merkuri sulfida, dan banyak dipergunakan manusia untuk industri, laboratorium, rumah sakit, kedokteran gigi, pertanian.
2. Toksisitas merkuri sendiri berpengaruh pada metabolisme di otak karena merkuri khususnya metilmerkuri dapat melalui sawar otak dan menimbulkan gangguan pada kerja otak. Konsentrasi Hg

dalam darah yang dapat menimbulkan toksisitas adalah 50 µg–100 µg% .

3. Gejala keracunan merkuri ditandai dengan gangguan saraf, seperti tremor, insomnia, kepikunan, gangguan penglihatan, gerakan tangan abnormal (ataxia), gangguan emosi.
4. Kadar merkuri yang masih dalam ambang batas normal berkisar 0,5 ppm ditetapkan oleh DepKes RI.

Daftar Pustaka

1. Palar,Heryando,2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT.Rineka Cipta ,Jakarta
2. Jack de Groot, Neuroanatomi Korelatif , Penerbit Buku Kedokteran EGC : edisi 21
3. Darmono, 2001.Lingkungan Hidup dan Pencemarannya, Hubungan dengan toksikologi Senyawa Logam.UI Press, Jakarta,.
4. Sunu,P.2001. Melindungi Lingkungan dengan menerapkan ISO 14001.Gramedia Widha Sarana Indonesia, Jakarta
5. Arry Yanuar, 2008 Toksisitas Merkuri, Merkuri dan Kesehatan
- 6.. Damandiri, Merkuri pada ikan tuna
7. Haris, K., Mason, M., and Reash, S. 2003.Ecosystem Responses To Mercury Contamination. New York :CRC Press.
8. Inwiasri dan Kusnoputranto,2011. H. Pajanan Hg Pada Penambang Emas Tradisional Di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, , Vol. 10, No. 2 : 72-82.
9. Yu, Ming-Ho. 2005.Environmental Toxicology : Biological And Health Effect of Pollutants. Florida : CRC PRESS LLC.
10. Alamudi B, Sianita B, Taufikurohmah.T 2013. Pengaruh infiltrasi nanogold terhasap kualitas jaringan dan kuantitas merkuri pada otak mencit (*mus musculus*) setelah terpapar merkuri. *UNESA journal of chemistre*:2(3):25-31.

11. Novia Rina Dewi, Onny Setiani, Suhartono. April 2013 Hubungan Riwayat Paparan Merkuri dengan Gangguan Keseimbangan Tubuh pada Penambang Emas Tradisional di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia Vol. 12 No. 1 : 4 – 5.*

