
UPAYA PENURUNAN KROM HEKSAVALEN PADA AIR TAMBANG NIKEL DENGAN MENGGUNAKAN REDUKTOR FERRO SULFAT

Nasrullah, M Kamil Taklim, N Nurjannah, Lastri Wiyani *)

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia,
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Kota Makassar
Email: nasrullahbks@gmail.com*

INTISARI

Oksidasi krom menjadi krom enam dalam air tambang sebelum dibuang kedalam perairan sungai harus diolah terlebih dahulu hingga memenuhi kriteria air baku. Dalam limpasan air tambang nikel terkandung logam berat krom dalam jumlah di atas nilai standar mutu limbah cair. Penelitian Ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan, Potential of Hydrogen reaksi dan volume penambahan reduktor Ferro Sulfat dalam proses reduksi logam krom heksavalen menggunakan Ferro Sulfat. Dalam proses reduksi adalah menghitung waktu optimum kontak antara reduktor dan sample air dalam waktu 15 detik; 30 detik; 60 detik; 120 detik; 300 detik; 480 detik; dan 900 detik dalam kecepatan 300 revolution per minute. Setelah diperoleh waktu optimum variabel selanjutnya adalah optimasi Potential of Hydrogen, range Potential of Hydrogen yang digunakan adalah Potential of Hydrogen 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; dan 11. Pada variabel berikutnya adalah penambahan volume Ferro Sulfat 1.5 mg/L menggunakan waktu dan Potential of Hydrogen optimum dengan range volume adalah 1 ml; 3ml; 5 ml; 8 ml; 12 ml; 15 ml. Selanjutnya sample akan di analisa dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 357,9 nm.

Kata kunci : Reduksi krom, Ferro Sulfat, limpasan air tambang.

ABSTRACT

The oxidation of chrome into chromium six in mine water prior to discharge into river waters must be processed first to meet the criteria of raw water. In nickel mine water runoff contain chromed heavy metals in an amount above the standard grade of liquid waste. This study aims to determine the effect of stirring time, Potential of Hydrogen reaction and volume addition of Ferro Sulfate reductor in the process of reduction of hexavalent chromium metal using Ferro Sulfate. In the reduski process is to calculate the optimum contact time between the reducing agent and the water sample within 15 seconds; 30 seconds; 60 seconds; 120 seconds; 300 seconds; 480 seconds; and 900 seconds in a speed of 300 revolutions per minute. After the optimum time is obtained the next variable is the optimization of Potential of Hydrogen, Potential of Hydrogen range used is Potential of Hydrogen 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; and 11. In the next variable is the addition of Ferro Sulfate 1.5 mg / L volume using time and Potential of Hydrogen optimum with volume range is 1 ml; 3ml; 5 ml; 8 ml; 12 ml; 15 ml. The sample will then be analyzed by using spektrofotometer at wavelength 357,9 nm.

Keywords: Chromium reduction, Ferro Sulfate, mine water runoff.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara yang kaya dengan potensi alamnya. Selain itu Indonesia juga sedang melakukan pembangunan negeri. Dalam pembangunan ini,

maka banyak muncul industri sebagai penguat ekonomi. Salah satunya adalah industri pertambangan. Industri pertambangan ini

banyak memberikan manfaat, tetapi juga meninggalkan banyak pencemaran lingkungan.

Di dalam industri pertambangan, khususnya pertambangan nikel, formasi laterit nikel dan kobalt dapat mengalami proses pengayaan (enrichment) di dalam tanah melalui kondisi lingkungan dan curah hujan. Element selain nikel dan kobalt akan mengalami pengayaan seperti Cr, Mn, Mg dan Fe. Proses penambangan dengan metoda terbuka (open pit) mengakibatkan logam Cr terpapar dipermukaan sehingga besar kemungkinan untuk terjadi proses oksidasi menjadi Cr (VI). Cr (VI) bersama dengan logam berat lain yang terasosiasi dalam bijih laterit mengalami pelindian (leaching) oleh air hujan. Pelindian dengan air hujan mengakibatkan terjadinya transportasi logam berat kedalam media air hujan dan mobilisasi akan semakin cepat ketika sudah terjadi *open pit*.

Oksidasi krom menjadi krom enam dalam air tambang sebelum dibuang kedalam perairan sungai harus diolah terlebih dahulu hingga memenuhi kriteria air baku mutu lingkungan sesuai dengan PP No 82 tahun 2001. Krom enam merupakan logam berat dan termasuk logam termasuk dalam kriteria limbah B3 dan memiliki nilai toksisitas LD50 atau LC50.

Pengolahan krom enam dapat dilakukan dengan melalui reduksi krom enam menjadi krom

tiga yang mempunyai nilai toksisitas yang jauh lebih rendah dari krom tiga dengan menggunakan FeSO_4 sebagai reduktor (prayitno et al,1998).

Air tambang di kolam Marsawa mempunyai karakter seperti memiliki pH normal hingga sedikit pH basa. Kondisi pH normal ke basa yaitu pada rentang pH 7-8 spesiasi krom dapat dalam bentuk Cr (III) dan Cr (VI). Spesi Cr (III) dengan kondisi.

pH di atas sebagai $\text{Cr}(\text{OH})_3$ sementara Cr (VI) dalam bentuk spesi CrO_4^{2-} .

Karakter dan bentuk spesi krom dalam air tambang seperti dijelaskan di atas menjadi dasar pemikiran untuk pengolahan krom enam. Perlakuan air tambang didalam pengolah krom enam dapat dideskripsikan melalui dua alur perlakuan sebagai berikut: krom enam direduksi menjadi krom tiga menggunakan Fe (II) dalam kondisi asam. Air tambang dikondisikan pada pH 2-4 kemudian ditambahkan Fe (II) yang bersumber dari $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Reduksi krom enam menjadi krom tiga terjadi dengan kurun waktu dan pengadukan tertentu, selanjutnya air tambang yang sudah mengalami perlakuan di atas diatur pH menjadi pH normal menggunakan alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan atau NaOH untuk membentuk endapan.

METODE PENELITIAN

Alat, Bahan dan Metode

a. Alat



Gambar 1. Spektrofotometer HACH DR-2800.

1. gelas beker
2. labu ukur 100 ml
3. pipet ukur
4. pipet tetes
5. corong
6. kertas saring
7. magnetic stirrer
8. neraca analitik
9. Spektrofotometer HACH DR-2800.

b. Bahan

1. Sample air padatan
2. Padatan kalium dikromat
3. Padatan ferro sulfat
4. Padatan natrium hidroksida
5. Cairan asam sulfat
6. aquades

c. Metode

Dalam penelitian di gunakan beberapa variabel dalam mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} , pertama yaitu variabel pH, setelah mendapatkan pH optimum dilanjutkan dengan variabel penambahan larutan FeSO_4 dalam kondisi pH optimum, selanjutnya variabel waktu dimana kita memakai kondisi pH dan penambahan FeSO_4 optimum yang telah kita dapatkan sebelumnya. Berikut penjelasan lebih lanjut:

a. Pengambilan Sampel

Sampel di ambil pada pukul 07.00 LT, untuk menjaga agar

sample tetap terjaga kondisinya sampai ke laboratorium di simpan dalam wadah tertutup dan tidak tembus cahaya matahari (wadah gelap) dan pada suhu 18 °C.

b. Penyaringan Sample

Sebelum di analisa sample terlebih dahulu disaring dengan menggunakan kertas saring berukuran 100 µm untuk memisahkan TSS (Total Suspended Solid) yang akan mengganggu dalam pengamatan.

c. Pembuatan sampel sintesis Kromium (IV) 1.5 ppm.

Sampel sintesis di buat dengan menambahkan 0.5 ml $K_2Cr_2O_7$ 1000 ppm kemudian di masukkan kedalam sample air limbah sebanyak 1 L yang telah diketahui kadarnya.

d. Pembuatan Larutan $FeSO_4$ 1000 ppm.

Di timbang 1 gr $FeSO_4$ kemudian di larutkan dengan menggunakan Aquadest ke dalam labu ukur 100 ml hingga tanda garis.

e. Pembuatan Larutan NaOH 0.4N

Di timbang NaOH sebanyak 0.4 gr kemudian di larutkan kedalam labuukur 50 ml sampai tanda garis.

f. Penentuan waktu kontak Optimum.

Di pipet sampel sintetis limbah cair sebanyak 50 ml kedalam beaker glass. Diatur pH dengan menggunakan H_2SO_4 dan NaOH hingga mencapai pH 4 di tambahkan $FeSO_4$ 1000ppm sebanyak 0.15 ml diatur waktu kontak dengan variasi waktu pengadukan 15 dtk; 30

dtk; 60 dtk; 120 dtk; 300 dtk; 480 dtk; dan 900 dtk. Selanjutnya campuran di aduk dengan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan putar 300 rpm. Apabila waktu sudah tercapai tambahkan NaOH 0.4N sampai dengan terbentuknya endapan hijau. Dibiarkan larutan sampai terjadi pemisahan kemudian disaring. Hasil saringan kemudian di analisa krom enam menggunakan spectrophotometer.

g. Penentuan pH optimum

Di pipet sampel sintetis limbah cair sebanyak 50 ml kedalam beaker glass. Diatur pH dengan menggunakan H_2SO_4 dan NaOH dengan variasi pH 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; dan 11. Selanjutnya di tambahkan $FeSO_4$ 1000 ppm sebanyak 0.15 ml. Selanjutnya campuran di aduk dengan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan putar 300 rpm waktu yang digunakan adalah waktu optimum pada penentuan waktu optimum pada percobaan sebelumnya. Dibiarkan larutan sampai terjadi pemisahan kemudian disaring. Filtrat kemudian di analisa Kromium (IV) menggunakan spectrophotometer.

h. Penentuan Konsentrasi optimum.

Percobaan dilakukan persis dengan penentuan pH dan waktu optimum tetapi dengan variasi volume $FeSO_4$ 1.5 ppm 1 ml; 3ml; 5 ml; 8 ml; 12 ml; 15 ml. Dilakukan pada pH dan waktu optimum.

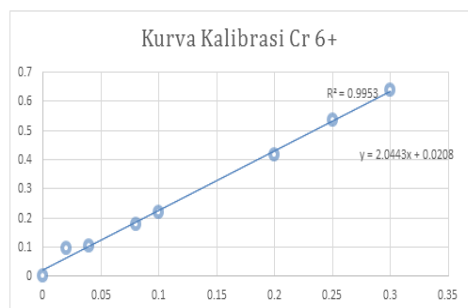
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan penurunan kadar kromium dari limpasan air tambang nikel yang dibuat dari padatan $K_2Cr_2O_7$ dengan koagulan $FeSO_4$. Konsentrasi krom heksavalen limbah sintetis yang digunakan adalah 1.5 mg/L konsentrasi ini dibuat dikarenakan kadar tertinggi dalam kurun waktu 1 tahun adalah 1.02 mg/L dan untuk menjaga hal tersebut kami menaikkannya menjadi 1.5 mg/L. Untuk memperoleh kondisi optimum, pada penelitian ini digunakan variasi pH, konsentrasi koagulan dan waktu kontak untuk mengetahui pengaruhnya dalam penurunan kadar kromium

pada limbah sintetis. Kadar kromium yang tidak terkoagulasi pada filtrat diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada λ 357,9 nm. Hasil optimasi dari percobaan ini nantinya akan diaplikasikan pada penurunan kadar kromium limbah cair penyamakan kulit.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, dibuat kurva kalibrasi dengan mengalurkan konsentrasi larutan standar kromium (IV) pada sumbu x dan absorbansi pada sumbu y sehingga dapat

ditentukan persamaan garis regresi linearnya. Dan kurva kalibrasi larutan standar kromium (IV) ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



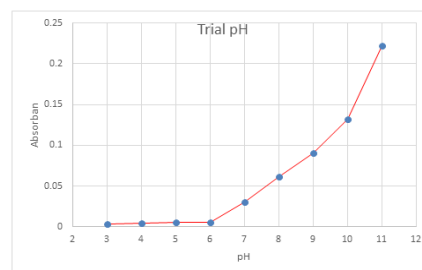
Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu kontak optimum untuk menurunkan kadar kromium dari proses koagulasi adalah 2 menit dengan nilai pembacaan absorban kromium adalah 0.006. Pengadukan lambat diperlukan untuk proses memperpendek jarak antar partikel sehingga gaya tarik-menarik antar partikel menjadi lebih besar dan dominan dibandingkan gaya tolaknya, sehingga menghasilkan kontak dan tumbukan antar partikel yang lebih banyak dan lebih sering. Kontak inilah yang menggumpalkan partikel-partikel padat terlarut terkoagulasi berukuran mikro menjadi partikel-partikel flok yang lebih besar. Flok-flok ini kemudian akan beragregasi. Ketika pertumbuhan flok sudah cukup maksimal (massa, ukuran), flok-flok ini akan mengendap ke dasar wadah, sehingga terbentuk dua lapisan

KESIMPULAN

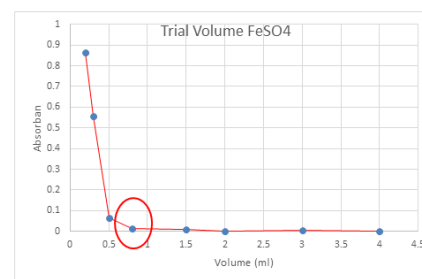
Waktu reaksi kontak optimum antara reduktor FeSO_4 dan sample adalah 2 menit ini digunakan untuk mempercepat waktu reaksi optimum

2. pH kondisi reaksi optimum larutan antara reduktor FeSO_4 dan sample berada pada pH 6, ini digunakan untuk mengurangi biaya produksi pada penambahan asam Sulfat (H_2SO_4) dan agar pH air sungai tidak berubah menjadi asam.
3. Penambahan Volume optimum reduktor FeSO_4 adalah 0.8 ml, ini digunakan untuk mengurangi biaya produksi pada penambahan reduktor FeSO_4 dan tidak terjadi kejenuhan pada FeSO_4 .

yaitu lapisan jernih yang berada pada bagian atas dan endapan pada bagian bawah.



Pada gambar 4.4. dapat kita lihat tidak terjadi perubahan yang signifikan pada penambahan 0.8 ml sampai dengan 4 ml sehingga untuk mengurangi biaya produksi digunakan volume optimum 0.8 ml untuk dapat mereduksi krom heksavalen.



UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penelitian ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari Fakultas Teknologi Industri, keluarga dan sesama rekan mahasiswa. Ucapan terimakasih yang teristimewah kepada kedua orangtua kami tercinta yang senantiasa memberi dukungan dan bantuan moral serta material. Pada kesempatan ini juga penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Zakir Sabara HW, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia.
2. Ibu Dr. Ir. Nurjannah, ST., MT., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia dan pembimbing I penelitian.

3. Ibu Ir.Lastri Wiyani,MP selaku dosen wali dan pembimbing II penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguda, R.M., 2007, "Modeling The Solubility of Sclareol In Organic Solvent Using Solubility Parameter", *Nort Carolina American Journal of Applied Scienc* 6, pp, 1390-1395.
- Aminah, S., 2010, "Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe Pada Pengulangan Penggorengan, Vol. 01, No. 01, Universitas Muhammadiyah, Semarang.
- Andarwulan, N ., 2006. "Antioksidan Untuk Minyak Goreng Food Review Indonesia", Vol. 1, No. 2, Bogor.
- Andarwulan, N., Wijaya, H. dan Cahyono, D.T., 1996, "Aktivitas Antioksidan Dari Daun Sirih (*Piper betle* L)". *Teknologi dan Industri Pangan*.
- Austutik. dan Ika, A. P., 2010, "Pengaruh Suhu Interaksi Minyak Goreng Bekas Dengan Menggunakan Karbon Aktif Biji Kelor (*Moringaoleifera lamk*) Terhadap Angka Iodine dan Angka Peroksida", Universitas Islam Negeri, Malang.
- Ayu, R., Manullang, M., Cornelia, M., 20
- Borowska, E.J., 2005, "Antioxidant Properties of Fruits, Vegetables and Their Products". *Fruit Process*.
- Cahyadi, W., 2008, "Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan", Bumi Aksara, Jakarta.
- Carolina, D., 2008, "Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Iodine Dari Minyak Hasil Ekstrak Kacang Tanah Dengan Pelarut n-heksana. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Chen, S. S., Cheng, C. C. and Chouu, S. S., 2003, "Determination of Arsenic in Edible Oils by Direct Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry", *Journal of Food and Drugs*, Vol.11, No. 3 pp.214-219.
- Departemen Perindustrian RI, (SNI 0137411905).
- Edwar, Z., Suyuthie, H., Yerizel, E. dan Sulastri, D., 2001, "Pengaruh Pemanasan Terhadap Kejenuhan Asam Lemak Minyak Goreng Sawit dan Minyak Goreng Jagung", Vol 61, No 6, Universitas Andalas, Padang.
- Febrinda, E, A., Astawan, M., Wresdiyati, T. dan Yuliana, D,N., 2013, "Kapasitas Antioksidan dan Inhibitor Alfa Glukosidase Ekstrak Umbi Bawang Dayak", Vol. 24, No 2, IPB, Bogor.
- Guenther., 1990, "Minyak Atsiri. Jilid IV A (Terjemahan Keteren), UI Press, Jakarta.
- Hamid, et all., 2010, "Antioxidants: Its Medicinal And Pharmacological Applications", Vol. 4, No. 8. *African Journal. Afrika*
- Hariana., 2006, "Tumbuhan Obat Dan Khasiat", Penebat Swadaya , Jakarta. Hlm 73-74.
- Harborne,J.A., 1993, "*Phytochemical Methods A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*", *Leatherhead Intrenational, Leatherhead*, Surrey UK.
- Haryoto et al., 2010, "Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel", *Proseding Seminar Nasional TEKKIM*, Yogyakarta.
- Harun, N., 2010, "Karakteristik Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Berdasarkan Letak Kulit Pada Batang Dan Ukuran Bahan Pada Proses Penyulingan", Vol.9, No. 2. Hal.28-32, Universitas Riau, Riau.
- Horubala, A., 1999, "Antioxidant Capacity and their changes In Fruit and Vegetables Processin". *Food Technology Symposium*.
- Hurrel, L., 1999, "Iron. In : *The Mineral Fortification of Food*" (Hurrel, R, ed), pp 54-93, *Leatherhead Intrenational, Leatherhead*, Surrey UK.
- Husnah, M., 2009, "Identifikasi Dan Uji Aktivitas Golongan Senyawa Antioksidan Ekstraksi Kasar Buah Pepino (*Solanum muricatum aiton*) Berdasarkan Variasi Pelarut", UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Jacobson, G.,A., 1967, "*Quality Control of Commercial Deep Fat Frying, Chemistry & Technology of Deep Fat Frying*", *Food Technology Symposium*.
- Ketaren, S., 1986, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ketaren, S., 2008, "Minyak dan Lemak Pangan", UI Pres, Jakarta.
- Khotimah, K., Darius. dan Sasmito,B. B., 2013, "Uji Aktivitas Senyawa Aktif Alga Coklat (*Sargassum fillipendulla*) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*)", Vol. 1, No.1. Universitas Brawijaya, Malang.
- Koshman, A., 2003, "Pangan dan Gizi Untuk Kesehatan", PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.

- Kumala, M., 2003, "Peran Asam Lemak Tak Jenuh Jamak Dalam Respon Imun", Majalah GizMindo.
- Laitupa, F. dan Susane, I., 2006, "Pemanfaatan Eugenol Pada Dari Minyak Cengkeh Untuk Mengatasi Ranciditas Pada Minyak Kelapa", Universitas Diponegoro, Semarang.
- Latief, M., Tafzi, F. dan Saputra, A., 2013, "Aktivitas Antioksidan Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Asal Kabupaten Kerinci Profinsi Jambi, Universitas Lampung, Lampung.
- Leong, L. P . and Shui, G., 2002, "An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruits in Singapore Markets", *Food Chemistry* 76 : 69-75.
- Maharani, M.D., Bintoro, N. dan Raharjo,B., 2013, "Kinetika Perubahan Ketengikan (*Rancidity*) Kacang Goreng Selama Proses Penyimpanan, Vol. 32, No. 1, UGM, Yogyakarta.
- Markham, K.R., 1998, "Mengidentifikasi Flavanoid",. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata 15, ITB, Bandung.
- Miller, J.D., Lynam,D. and Leukefeld,C., 2003, "Examining Antisocial Behavior Thought the Five-Factor Model of Personality", *Aggressive Behaviour*, 29 pp 497-514.
- Molyneux,P., 2004, "The Use of The Stable Free Radikal Diphenylpicryl- hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity", *Sangklamakarin J.Sci, Technol*.
- Mualifa, S., 2009, "Penentuan Angka Asam Thiobarbiturat dan Angka Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Dengan Karbon Aktif Dari Biji Kelor (*Moringa oleifera, lamk*)", Universitas Islam Negeri, Malang.
- Mutiara, R., Priani, E.S. dan Mulyanti,D., 2015, "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmanni*) dan Formulasinya Dalam Bentuk Sediaan Masker Gell *Pell Off*", Unisba, Bandung.
- Noriko, N., Elfidasari, D., Perdana,T.A., Wulandari. dan Wijayanti, W., 2012, "Analisa Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng Pada Penjajan Makanan di *Food Court* UAI", Vol. 1, No. 3, Universitas Al-Azhar Indonesia, Jakarta.
- Panagan, T.A., 2010, "Pengaruh Penambahan Bubuk Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) Terhadap Bilangan Peroksida dan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Curah", Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Pietta, P. G., 1999, "Flavonoids as Antioxidants, Reviews", *J. Nat. Prod*, 63, 1035-1042.
- Pramono, S., 1989, "Diktat Petunjuk Praktikum Pemisahan Flavonoid", Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pratt, D.E., 1992, "Natural Antioxidant From Plant". Didalam Huang,M.T., Ho, C.T and Lee,C.Y (eds). *Effect on Health II: Antioxidant and Cancer Preventon*. American Chem. Soc., Washington, DC.
- Pratt, D.E and Hudson,B.J.F., 1990, "Natural Antioxidant Not Exploited Commercially". Didalam *Food Antioxidant*. Hudson, B.J.F (ed) *Elsevier Applied Science*, London.
- Priani, S.E., 2014. Formulasi Sediaan Emulgen Antioksidan Mengandung Ekstrak Etanol Kulit Batang Kayu Manis", Univesritas Islam Bandung, Bandung.
- Retno, G., 1995, "Radikal Bebas-Sifat dan Peran Dalam Menimbulkan Kerusakan-Kematian Sel", *Cermin Dunia Kedokteran*.
- Sartika, D. A. R., 2009, "Pengaruh Suhu dan Lama Proses Menggoreng (*Deep Frying*) Terhadap Pembentukan Asam Lemak Trans", Vol. 13, No. 1. Universitas Indonesia, Depok.
- Setia, F.B., 2009, "Koefisien Transfer Massa Pada Proses Ekstraksi Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*), Vol.12, No.4, hal. 232-238, Universitas Diponegoro.
- Shivaprasad, S.M., Kumar, M., Amish, G., and Paliwal,V.K., 2005, "Formation of Antimony 1D-Nano Structure on SI Surface", *Material Research Society Symposium Proceedings*, USA.
- Simamora, A., 2003, "Efek Tokofenol Pada Peroksida Lipid", *Meditek*.
- Siswati, D. N., Su, J. dan Junaini, 2010," Pemanfaatan Antioksidan Alami Flavonol Untuk Mencegah Proses Ketengikan Minyak Kelapa", UPN "Veteran" Surabaya.
- Sitapoe, M., 2008, "Corat-Coret Anak Desa Berprofesi Ganda", Edisi I, Gramedia. Jakarta.
- Sitompul, B., 2003, "Antioksidan dan Penyakit Aterosklerosis", *Medika*.
- Sudarmidji, S., Haryoto, B. dan Suhardi., 2003, "Analisa Bahan Makanan dan Pertanian", Pusat Antar Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

-
- Sulandi, A., 2013, "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kloroform Dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil)". Skripsi.
- Tim Penyusun Kamus Besar Bahasa Indonesia., 1991, "Kamus Besar Bahasa Indonesia", Balai Pustaka, Jakarta.
- Tim Penyusun Pedoman Penulisan Proposal Dan Laporan Penelitian (Skripsi)., 2010, "Pedoman Penulisan Proposal Dan Laporan Penelitian (Skripsi), Universitas Muslim Indonesia, Makassar.
- Wijana, F.G., 2004," Kimia Pangan dan Gizi", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wijaya, A., 1996, "Radikal Bebas dan Parameter Status Antioksidan", Forum Diagnosticum, *Prodia Diagnostic Educational Services*, No. 1 : 1-12.
- Wijayanti, A. W., 2009. "Minyak Atsiri Dari Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Dari *Family Lauranceae* Sebagai Insektisida Alami, Anti Bakteri dan Antioksidan", Institusi Teknologi Sepuluh September.
- Winarno, F.G., 1997, "Kimia Pangan dan Gizi", Gramedia, Jakarta.
- Windono,T., Soediman, S., Yudawati,U., Ermawati, E., Srielita. dan Erowati, T.I, 2001, "Uji Peredam Radikal Bebas Terhadap 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH) Dari Ekstrak Kulit Buah dan Biji Anggur (*Vitis vinifera L.*)", Probolinggo Biru, Bali.
- Yulia, E., Mulyati, H.A., Nuraeni, F., 2010, "Kualitas Minyak Goreng yang Berada di Pasar Tradisional di Daerah Jabodetabek pada Berbagai Penyimpanan", Universitas Pakuan, Bogor.