

PENENTUAN KONSENTRASI UNSUR PEMBANGUN SENSOR PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODA X-RAY FLUORESCENCE (XRF) DAN ENERGY DISPERSIVE X-RAY MICROANALYSIS (EDAX)

Rindang Kembar Sari

Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, IAIN Bukittinggi, Kampus IAIN Kubang Putih
Bukittinggi

Email : rindangkembarsari@gmail.com

ABSTRACT

Piezoelectric sensor is a device which is widely used for various purposes of design and development of electronic instruments. Piezoelectric sensor generates a voltage when mechanical stress was given. The purpose of this research is to determine the concentration of elements that build the piezoelectric sensor. There are two methods in this research respectively X-Ray Fluorescence and Energy Dispersive X-Ray Microanalysis. Data from both methods were compared with the result of measurement using X-Ray Diffraction. Based on data analysis obtained that piezoelectric sensors composed by three elements with the highest concentration of 93.11% Rh, 3.788% Pd and 1.009% Ba by using X-Ray Fluorescence, and 19.56% Zr, 72.22% Pb, 8.22% from measurement using Energy Dispersive X-Ray Microanalysis. Meanwhile, the results of XRD measurements obtained that a piezoelectric sensor consists of a phase PZT phase Ag and Pb ($TixZr1-x$) O₃ with $x \approx 0.3$. Data of measurement using X-Ray Diffraction supports finding of Energy Dispersive X-Ray Microanalysis method.

Keywords: *Concentration of element, Energy Dispersive X-Ray Microanalysis, Piezoelectric sensor, X-Ray Fluorescence, X-Ray Diffraction*

PENDAHULUAN

Bahan piezoelektrik ditemukan pertama kali oleh Pierre dan Jaques Curie bersaudara pada tahun 1880. Mereka mendapatkan gejala terjadinya perpindahan muatan listrik pada sebuah bahan ketika dikenai tegangan mekanik (*tegangan*). Selain itu, Curie bersaudara ini menemukan fenomena unik lain dari bahan piezoelektrik ini tujuh tahun kemudian atau tepatnya tahun 1887 yaitu terjadi regangan ketika bahan tersebut ditempatkan pada medan listrik. Bahan yang diteliti oleh Curie bersaudara ini adalah sejumlah kristal tunggal seperti kuarsa, tourmalin dan garam Rochelle. Dua temuan dari Curie bersaudara ini menunjukkan bahwa bahan piezoelektrik memiliki dua efek yaitu efek langsung dan efek balik. Efek

langsung ditandai dengan perpindahan muatan listrik akibat dikenai tegangan, sementara efek balik ditandai oleh terjadinya regangan karena pemberian medan listrik.

Ada dua jenis bahan piezoelektrik yaitu bahan alami dan buatan. Bahan piezoelektrik alami seperti kuarsa (SiO₂), Berlinite, Turmalin dan garam Rochelle. Sedangkan bahan piezoelektrik buatan antara lain Barium titanate (BaTiO₃), Lead zirconium titanate (PbZrTiO₃), Lead Titanate (PbTiO₃) dan sebagainya. Piezoelektrik buatan banyak dikembangkan dari bahan keramik yang terpolarisasi (B.Jaffe, WR., Cook & H. Jaffe., 1971; A.J.Moulson & J.M.Herbert., 1990).

Sifat yang unik dari bahan piezoelektrik ini dimanfaatkan untuk membuat

devais elektronik yaitu sensor dan aktuator. Piezoelektrik dari bahan keramik merupakan bahan yang kompak dan sangat baik untuk merespon frekuensi serta lebih mudah digabungkan dengan system Kristal lain. Beberapa tahun terakhir piezoelektrik berbahan keramik yakni Barium titanate ($BaTiO_3$) dan Lead zirconium titanate ($PbZrTiO_3$) banyak dikembangkan dan di

teliti karena memiliki sifat piezoelektrik yang kuat dan bentuk bahan keramik yang relative getas. Lead zirconium titanate secara komersial dikenal dengan nama PZT dengan berbagai variasi (Mardiyanto, 2010). Tabel 1 memperlihatkan sifat-sifat beberapa jenis material piezoelektrik (Subbarao, E.C., 1972; Ariwahjoedi, Bambang, 2005).

Tabel 1. Sifat-Sifat Beberapa Material Piezoelektrik.

Material	d_{33} (C/N)	Tetapan dielektrik	P_s ($\mu C.cm^{-2}$)
Kristal kwarsa	$2,3 \times 10^{-12}$	4,5	7,5
Kristal $BaTiO_3$	$85,6 \times 10^{-12}$		26
Keramik $BaTiO_3$	191×10^{-12}	1700	7,5
$PbTi_{0,45}Zr_{0,55}O_3$	130×10^{-12}	500	30
Keramik timbal zirkonat titanat modifikasi 1	270×10^{-12}	1200	35
Keramik timbal zirkonat titanat modifikasi 2	320×10^{-12}	1200	45

Pada Tabel 1 terlihat bahwa salah satu unsur yang terkandung dalam bahan piezoelektrik yang banyak dikembangkan saat ini adalah timbal (Pb) yang tergolong kedalam logam berat. Sifat racun dari logam berat tentu memiliki resiko terhadap kesehatan makhluk hidup, termasuk manusia sendiri.

Kebergantungan manusia saat ini terhadap berbagai produk hasil proses industri yang sangat tinggi tindak dapat dielakkan lagi. Disisi lain, proses industri lisasi memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Adanya bahan sisa industri atau buangan produk industri baik yang berbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan. Bila sisa tersebut dilepaskan ke perairan bebas akan terjadi perubahan nilai dari perairan tersebut baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar (Rochyatun, Endang & Rozak, Abdul, 2007).

Pencemaran oleh bahan-bahan poduk dari industri yang mengandung unsur kimia

yang berbahaya, misalnya logam berat seperti mercury (Hg), Cadmium (Cd), Timbal (Pb) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan kesehatan masyarakat (Harjana dalam Sugijanto dkk., 1991). Makin tinggi komposisi dari kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan (Rai *et al*, 1981). Karena itu, pemantauan dan penanganan terhadap unsur-unsur logam berat yang terkandung dalam berbagai bahan dan produk industry penting dilakukan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan konsentrasi dari unsur pembangun sensor piezoelektrik yang banyak dijual di pasaran. Ada dua metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu X-Ray Fluorescence (XRF) dan Energy Dispersive X-Ray Microanalysis (EDAX). Kedua metode ini memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mengetahui unsur penyusun suatu bahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Material Kimia Fisika ITB dan Laboratorium instrumen Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang. Ada dua tahap yang proses penelitian yang dilaksanakan. Pada tahap pertama yang dilakukan adalah penyiapan sampel penelitian yaitu sensor piezoelektrik yang dijual di pasaran. Sampel sensor piezoelektrik ini memiliki tiga bagian yaitu bagian lapisan konduktif, keramik dan substrat logam kuningan (Rindang, K.S, 2010). Tahap kedua dilakukan analisis unsur penyusun sensor piezoelektrik dengan metoda EDAX dan XRF.

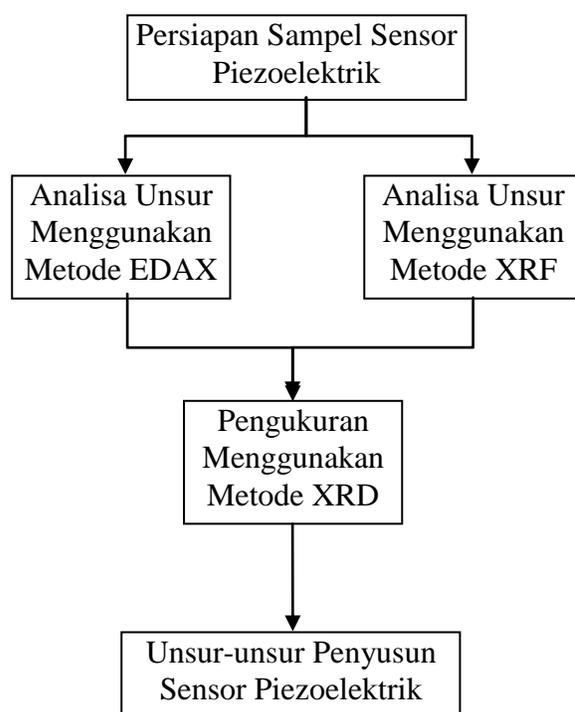
Metode EDAX digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif unsur kimia non destruktif dengan resolusi spasial dalam orde mikrometer. Metode ini didasarkan pada analisis spektral karakteristik radiasi sinar-X yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas elektron difokuskan dari SEM. Sampel yang dianalisis disiapkan dengan ukuran tertentu, kemudian diletakkan pada holder dan dimasukkan kedalam ruang sampel, lalu dianalisa dengan menggunakan komputer. Sampel tidak perlu dilapisi lagi dengan emas, karena sampel sensor piezoelektrik menghantarkan listrik.

Sementara itu, metode XRF juga digunakan untuk analisa unsur penyusun suatu bahan menggunakan radiasi sinar-X yang diserap dan dipantulkan oleh target atau sampel. Namun, XRF tidak bekerja dalam orde yang kecil atau mikro dan biasanya digunakan untuk analisa bahan dengan fraksi yang lebih besar seperti bahan-bahan geologi. Metode ini paling banyak digunakan untuk analisis unsur dari bahan batuan, mineral dan sedimen (Fitton, G. 1997). Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek foto listrik terjadi karena

elektron dalam atom target pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X)

Hasil pengukuran terhadap unsur penyusun sensor piezoelektrik dari masing-masing metode ini dibandingkan. Analisa terhadap unsur penyusun dari sensor piezoelektrik ini diperkuat dengan hasil pengukuran menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk pada sampel. Sampel yang dianalisis disiapkan dengan ukuran tertentu agar dapat ditempel pada plat sampel dengan lem. Plat sampel diletakkan pada tempat sampel dalam alat XRD. Pengamatan intensitas yang dihamburkan dimulai dari sudut difraksi $\theta = 0^{\circ}$ sampai 60° .

Langkah-langkah dari penelitian yang dilakukan diperlihatkan oleh diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan unsur penyusun dari sampel sensor piezoelektrik yang tersedia di pasaran dilakukan menggunakan instrument XRF. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Hasil pengukuran XRF dari sensor piezoelektrik diperlihatkan oleh Tabel 2.

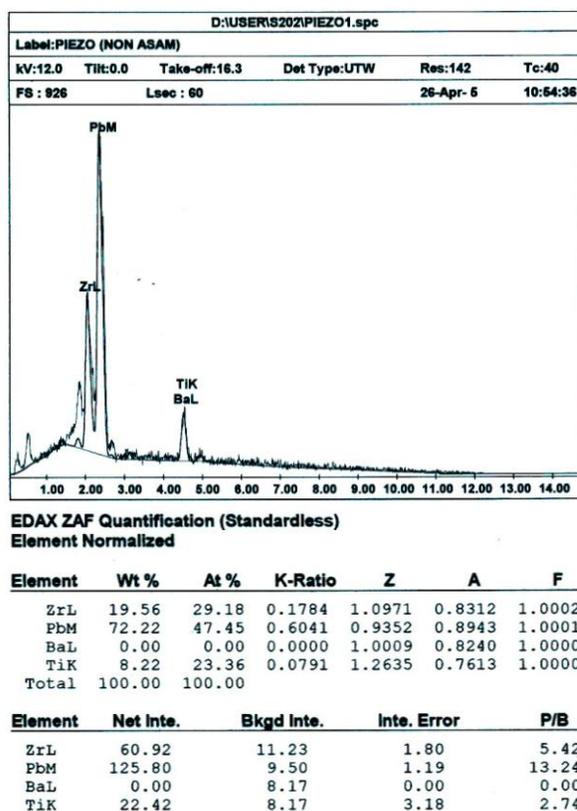
Tabel 2. Unsur Penyusun Sensor Piezoelektrik

unsur	Geologi	Oksida
Ca 0.053%	CaO 0.074%	CaO 0.073%
Ti 0.125%	Ti 0.125%	TiO ₂ 0.206%
Cr 0.016%	Cr 0.016%	Cr ₂ O ₃ 0.024%
Fe 0.024%	Fe ₂ O ₃ 0.035%	Fe ₂ O ₃ 0.034%
Co 0.004%	Co 0.004%	Co ₃ O ₄ 0.006%
Rh 93.139%	Ag 0.124%	PdO 4.31%
Pd 3.79%	Cd 0.822%	Ag ₂ O 0.128%
Ag 0.124%	Sn 0.062%	CdO 0.928%
Cd 0.822%	I 0.829%	SnO ₂ 0.079
Sn 0.063%	Ba 1.009%	BaO 1.114%
Ba 1.01%	Rh 93.11%	Rh 92.278%

Hasil pengukuran menggunakan XRF ini memperlihatkan tiga unsur penyusun sensor piezoelektrik terbanyak yakni secara berturut-turut Rodium (Rh) sebesar 93,139 %, Paladium (Pd) sebanyak 3,79 % dan Barium (Ba) sebesar 1,01 %.

Unsur pembangun dari sensor piezo elektrik juga ditentukan menggunakan metode EDAX. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Institut

Teknologi Bandung. Hasil pengukuran EDAX terhadap sensor piezoelektrik diperlihatkan oleh Gambar 2.



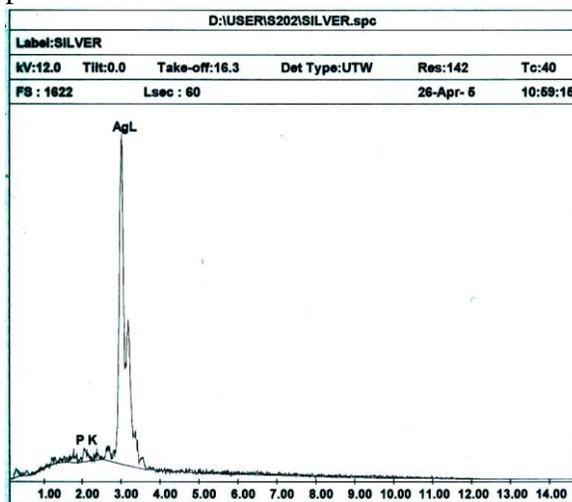
Gambar 2. Hasil Pengukuran EDAX dari Sensor Piezoelektrik

Grafik hasil kuantifikasi unsur kimia menggunakan EDAX terlihat tiga puncak grafik dengan intensitas yang tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor piezoelektrik dibangun dari tiga unsur utama yaitu Zirkonium (Zr), Timbal (Pb), dan Titanium (Ti) dengan persentase berat masing-masing secara berturut-turut 19,56 %, 72,22 %, dan 8,22 %. Dari ketiga unsur yang terkandung dalam sensor piezoelektrik diperoleh unsur Pb memiliki persentase yang paling besar, kemudian diikuti oleh Zr dan Ti.

Besarnya persentasi Pb sebagai unsur pembangun sensor piezoelektrik perlu menjadi perhatian dalam penanganan limbah produk elektronik berbasis bahan piezo elektrik. Manajemen limbah produk yang

mengandung unsur beracun seperti PB perlu dilakukan dengan baik. Pembuangan limbah beracun ini ke lingkungan yang tidak terkontrol akan menimbulkan pencemaran dan dalam waktu yang tertentu akan menimbulkan gangguan kesehatan pada makhluk hidup terutama manusia.

Pengukuran menggunakan EDAX juga dilakukan terhadap lapisan penutup sensor piezoelektrik. Hasil pengukuran EDAX memperlihatkan komposisi unsur penyusun lapisan penutup sensor piezoelektrik seperti pada Gambar 3.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
 Element Normalized

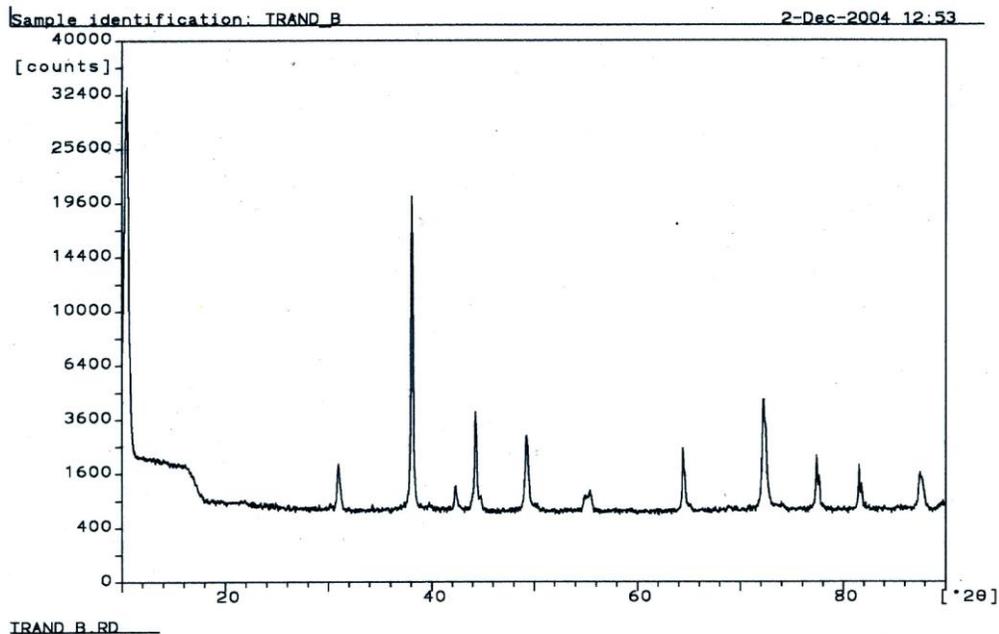
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
P K	0.93	3.15	0.0078	1.2511	0.6664	1.0133
AgL	99.07	96.85	0.9858	0.9972	0.9978	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
P K	6.05	13.63	9.47	0.44
AgL	226.37	13.13	0.88	17.24

Gambar 3. Hasil Pengukuran EDAX Dari Lapisan Penutup Sensor Piezoelektrik

Grafik kuantifikasi unsur dari EDAX untuk sampel memiliki satu puncak, artinya lapisan yang menutupi sensor piezoelektrik yang diperlihatkan oleh Gambar 3 dominan mengandung unsur perak (Ag) dengan persentase berat 99,07 % dan

Untuk memperkuat hasil temuan unsur penyusun sensor piezoelektrik oleh metode XRF dan EDAX, maka dilakukan uji menggunakan XRD. Difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui jenis fasa yang terbentuk pada sensor piezoelektrik. Berdasarkan data hasil difraksi sinar-X untuk sensor piezoelektrik diperlihatkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran XRD Sensor Piezoelektrik

Unsur penyusun sensor piezoelektrik menggunakan XRD dapat ditemukan melalui fasa yang terbentuk pada grafik yaitu fasa perak (Ag) dan fasa PZT $[\text{Pb}(\text{Ti}_x\text{Zr}_{1-x})\text{O}_3]$. Kedua fasa ini digambarkan oleh puncak-puncak yang dihasilkan oleh sampel pada setiap sudut 2θ . Untuk fasa Ag memberikan puncak yang tinggi dan tajam, sedangkan fasa PZT memberikan puncak yang lebih lebar dan pendek. Karena itu, sensor piezoelektrik memiliki unsur timbal (Pb), titanium (Ti) dan zirkonium (Zr).

Hasil XRD ini sesuai dengan temuan unsur penyusun sensor piezoelektrik menggunakan metode EDAX. Temuan dari metode XRF terhadap unsur pembangun sensor piezoelektrik sangat jauh berbeda dengan EDAX dan XRD. Karena itu, unsur penyusun dari sensor piezoelektrik yang dijual di pasaran adalah timbal (Pb), titanium (Ti) dan zirkonium (Zr).

Berdasarkan beberapa referensi dijelaskan bahwa metode XRF dianjurkan untuk penentuan unsur-unsur penyusun bahan geologi atau material piezoelektrik alamiah dengan fraksi yang lebih besar. Oleh sebab itu, penentuan unsur-unsur penyusun dari bahan piezoelektrik buatan dengan orde mikro tidak direkomendasikan menggunakan metode XRF atau sebaiknya menggunakan metode EDAX.

Aplikasi dari material piezoelektrik buatan ini cukup banyak seperti untuk devais elektronik diantaranya sensor dan aktuator. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa unsur pembangun dari sensor piezoelektrik memiliki persentase terbesar timbal sebagai salah satu logam berat yang beracun. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya penanganan limbah yang berasal dari produk teknologi menggunakan material piezoelektrik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa data yang telah dilakukan dapat dikemukakan beberapa kesimpulan yaitu :

- a. Sensor piezoelektrik terbuat dari bahan keramik buatan memiliki unsur penyusun terbanyak yaitu timbal atau Pb yang memiliki sifat racun.
- b. Penentuan unsur penyusun dari sensor piezoelektrik lebih tepat menggunakan metode EDAX.
- c. Untuk bahan alamiah lebih tepat menggunakan metode XRF.

Karena itu, ada beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini.

- a. Perlu manajemen limbah yang berasal dari produk teknologi yang menggunakan material piezoelektrik buatan.
- b. Analisa unsur penyusun dari suatu bahan sebaiknya menggunakan lebih dari satu metode untuk menyakinkan akan hasil temuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana dengan baik karena bantuan berbagai pihak dan berbagai instansi. Ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Bambang Ariwahyudi, Kepala Laboratorium Kimia Fisika ITB Bandung, Balai Pengujian Material pada Laboratorium Teknik Mesin ITB Bandung, dan Kepala Laboratorium Instrument Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariwahjoedi, Bambang., (2005), **Prototip Kontra-bas Elektrik Ukuran 4/4 dengan Teknologi Transjuser Berbasis Kristal Material Keramik Piezoelektrik**, Sinopsis Lomba Karya Cipta, Kompetisi Sains, Seni dan Teknologi, ITB Science, Art and Technology Fair 2005, Juni 2005.

- B.Jaffe, W.R., Cook & H. Jaffe., (1971), **Piezoelectric Ceramics**, Academic Press, inc, New York.
- Fitton, G., (1997), X-Ray **Flourescence Spectrometry**, In Gill, R. (ed), **Modern Analytical Geochemistry : An Introduction to Quantitative Chemical Analysis for Earth, Environmental and Material Scientist**, Addison Wesley Longman, UK.
- Mardiyanto., (2010), **Sintesa dan Karakterisasi Bahan Dasar Aktuator Piezoelektrik PZT Lapisan Tipis dengan Metode Sol Gel dan Proses Poling**, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, Batan, Jakarta.
- Rai, L.L., J. Gaur and H.D. Kumar., (1981), **Phycology and Heavy Metal Pollution. In Biological Review of The Phycology Societ**, Cambridge University Press London.
- Rindang, K.S., (2010), **Analisis Struktur Morfologi dan Kristal Material Keramik Piezoelektrik Komersial Untuk Aplikasi Tranduser Akustik**, Jurnal Eksakta, Volume 2, Universitas Negeri Padang.
- Rochyatun, Endang & Rozak, Abdul., (2007), **Pemantau Kadar Logam Berat Dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta**, Makara, Sains, Volume 11, Nomor 1, hal 28-26.
- Sugijanto, Koeswadji. H., Mukono. J. dan Hadiadi. H., (1991), **Analisis Kadar Merkuri dan Kadmium Dalam Beberapa Hewan Laut di Muara Sungai Kalimas**. Artikel Lingkungan dan Pembangunan.